

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

NGUYỄN HOÀNG ANH

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH TUỔI THỌ CÒN LẠI CỦA KẾT CẤU
CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG CỐT THÉP CÓ XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG
CỦA KHUYẾT TẬT, HƯ HỎNG

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2023

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

NGUYỄN HOÀNG ANH

**NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH TUỔI THỌ CÒN LẠI CỦA KẾT CẤU
CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG CỐT THÉP CÓ XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG
CỦA KHUYẾT TẬT, HƯ HỎNG**

Chuyên ngành: **Kỹ thuật xây dựng**

Mã số: 9580201

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS Nguyễn Xuân Chính

2. TS Cao Duy Khôi



HÀ NỘI - 2023

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của tôi. Các số liệu kết quả nghiên cứu trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Hà Nội, ngày tháng năm 2023

Tác giả luận án

Nguyễn Hoàng Anh

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu sinh xin được trân trọng cảm ơn các nhà khoa học trong và ngoài Viện đã động viên, khuyến khích, trao đổi kiến thức chuyên môn và cung cấp thông tin khoa học trong suốt thời gian nghiên cứu sinh thực hiện luận án.

Xin trân trọng cảm ơn ban lãnh đạo Viện khoa học công nghệ xây dựng, Viện chuyên ngành kết cấu công trình xây dựng đã tạo mọi điều kiện và giúp đỡ để nghiên cứu sinh có thể hoàn thành được nhiệm vụ học tập và nghiên cứu của mình.

Nghiên cứu sinh xin chân thành cảm ơn hai thầy hướng dẫn PGS.TS Nguyễn Xuân Chính, TS Cao Duy Khôi, đặc biệt, xin được bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc tới PGS.TS Nguyễn Xuân Chính thầy giáo hướng dẫn chính, người đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ và cho nhiều chỉ dẫn khoa học giúp nghiên cứu sinh hoàn thành luận án, cũng như nâng cao năng lực nghiên cứu khoa học.

Cuối cùng, tác giả xin bày tỏ lòng cảm ơn đối với những người thân trong gia đình, bạn bè, đồng nghiệp, những người đã động viên, chia sẻ những khó khăn trong suốt thời gian nghiên cứu sinh thực hiện luận án.

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	I
LỜI CẢM ƠN	II
MỤC LỤC.....	III
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	VIII
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ.....	IX
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....	XI
MỞ ĐẦU	1
1. Sự cần thiết của đề tài nghiên cứu.....	1
2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án.....	2
3. Mục đích nghiên cứu	2
4. Nhiệm vụ nghiên cứu.....	2
5. Phương pháp nghiên cứu	2
6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án.....	3
7. Các kết quả mới của luận án.....	3
8. Bố cục của luận án	3
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ CẦN NGHIÊN CỨU.....	5
1.1. Khuyết tật, hư hỏng kết cấu bê tông cốt thép.....	5
1.1.1. Khái niệm về khuyết tật và hư hỏng trong kết cấu xây dựng	5
1.1.2. Hư hỏng đặc trưng của kết cấu bê tông và bê tông cốt thép	5
1.1.3. Hư hỏng đặc trưng của nhà khung bê tông cốt thép	9
1.2. Trình tự khảo sát kỹ thuật.....	15
1.2.1. Khảo sát sơ bộ	15
1.2.2. Khảo sát chi tiết.....	17
1.3. Các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước về hư hỏng và tuổi thọ của kết cấu công trình xây dựng.....	18

1.3.1. Một số công trình nghiên cứu ở nước ngoài	19
1.3.2. Một số công trình nghiên cứu trong nước.....	26
1.4. Các kết quả đạt được từ các công trình nghiên cứu đã công bố.....	29
1.5. Các vấn đề cần nghiên cứu của luận án.....	30
1.6. Kết luận chương 1	31
CHƯƠNG 2. XÁC ĐỊNH ĐỘ TIN CẬY CỦA CẤU KIỆN, KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP SỬ DỤNG LÝ THUYẾT XÁC SUẤT THỐNG KÊ VÀ ĐỘ TIN CẬY.....	32
2.1. Mở đầu.....	32
2.2. Đặc trưng bằng số của đại lượng ngẫu nhiên.....	32
2.2.1. Kỳ vọng toán, phương sai, độ lệch chuẩn.....	32
2.2.2. Môđ, trung vị, phân vị.....	33
2.2.3. Khái niệm về mô men của đại lượng ngẫu nhiên.....	35
2.3. Xác định quy luật phân phối của đại lượng ngẫu nhiên theo số liệu khảo sát .	36
2.3.1. Hàm phân phối thống kê	36
2.3.2. Chuỗi thống kê - Biểu đồ tổ chức	37
2.4. Một số hàm phân phối xác suất thường gặp trong kỹ thuật	39
2.4.1. Phân phối chuẩn hay phân phối Gauss.....	39
2.4.2. Phân phối Loga chuẩn.....	41
2.5. Một số phương pháp tính độ tin cậy	42
2.5.1. Đặt vấn đề.....	42
2.5.2. Phương pháp momen cấp 2 bậc nhất (phương pháp độ tin cậy bậc nhất (FORM)) [67].....	43
2.5.2.1. Khái niệm	43
2.5.2.2. Nội dung phương pháp.....	43
2.5.2.3. Mở rộng phương pháp FORM vào tính toán độ tin cậy của công trình	45
2.5.3. Phương pháp Hasofer - Lind trong trường hợp $Z = R - S$ [33]	46

2.5.4. Phương pháp mô phỏng Monte Carlo [23]	47
2.5.5. Lựa chọn phương pháp tính toán độ tin cậy trong nghiên cứu	48
2.6. Lượng hóa độ tin cậy trong đánh giá độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu xây dựng	48
2.7. Kết luận chương 2	54
CHƯƠNG 3. CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN XÁC ĐỊNH TUỔI THỌ CÒN LẠI CỦA CÔNG TRÌNH CÓ XÉT ĐẾN KHUYẾT TẬT, HƯ HỎNG.....	55
3.1. Đặt vấn đề	55
3.1.1. Bài toán thiết kế.....	55
3.1.2. Bài toán chẩn đoán kỹ thuật (bài toán đánh giá các công trình hiện hữu)	55
3.2. Cơ sở khoa học của các phương pháp xác định tuổi thọ còn lại	56
3.3. Xác định tuổi thọ còn lại theo hàm đặc trưng là ĐTC	58
3.3.1. Độ tin cậy thiết kế	59
3.3.2. Độ tin cậy khai thác.....	61
3.4. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo các biến thể của phương pháp chọn ĐTC làm đại lượng đặc trưng.....	62
3.4.1. Cơ sở lý luận của các biến thể.....	62
3.4.1.1. Tính ĐTC dựa vào các quan niệm của lý thuyết xác suất.	62
3.4.1.2. Đại lượng chỉ mức độ hư hỏng	63
3.4.1.3. Đại lượng biểu thị độ tin cậy tương đối.	63
3.4.1.4. Quy luật suy giảm độ tin cậy theo thời gian	64
3.4.1.5. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình	64
3.4.2. Nhận xét	65
3.5. Phương pháp xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện, kết cấu	65
3.5.1. Phương pháp đánh giá mức độ hư hỏng của cấu kiện, kết cấu dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài	65

3.5.2. Nhận xét ưu nhược điểm của phương pháp xác định mức độ hư hỏng của cầu kiện, kết cấu dựa theo dấu hiệu bên ngoài [82]	69
3.5.3. Phương pháp đề xuất đánh giá mức độ hư hỏng của cầu kiện thông qua tính toán độ tin cậy của cầu kiện, kết cấu theo TCVN [20].	69
3.5.3.1. Cầu kiện bê tông cốt thép chịu uốn.....	71
3.5.3.2. Cầu kiện bê tông cốt thép chịu nén lệch tâm	74
3.5.3.3. Cầu kiện bê tông cốt thép chịu kéo đúng tâm.....	75
3.5.3.4. Cầu kiện bê tông cốt thép chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật	76
3.5.3.5. Cầu kiện bê tông cốt thép chịu tác dụng của lực cắt.....	77
3.5.3.6. Nhận xét về tính toán độ tin cậy của cầu kiện, kết cấu	80
3.5.4. Trình tự tính toán mức độ hư hỏng của cầu kiện theo phương pháp dựa theo dấu hiệu bên ngoài và phương pháp đề xuất tính toán theo ĐTC.....	80
3.6. Phương pháp xác định trọng số α_i	82
3.6.1. Chọn tham số cơ bản đại diện cho nhóm cầu kiện.....	82
3.6.2. Xác định độ nhảy của các tham số cơ bản và tham số đại diện nhóm.....	82
3.6.3. Cơ sở chọn trọng số.....	83
3.7. Các bước tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo phương pháp dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài và phương pháp đề xuất theo tính toán ĐTC	84
3.8. Kết luận chương 3	87
CHƯƠNG 4. KHẢO SÁT ĐÁNH GIÁ, XÁC ĐỊNH TUỔI THỌ CÒN LẠI CỦA CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG.....	88
4.1. Mở đầu.....	88
4.2. Thông tin chung hiện trạng công trình theo kết quả khảo sát	88
4.2.1. Thông tin chung hiện trạng công trình.....	88
4.2.2. Quy trình khảo sát hiện trạng	88
4.2.3. Kết quả khảo sát hiện trạng.....	89

4.3. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo phương pháp đánh giá mức độ hư hỏng qua dấu hiệu bên ngoài	93
4.4. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo phương pháp tính toán độ tin cậy của cấu kiện kết cấu.....	102
4.4.1. Kết quả khảo sát phục vụ công tác tính toán và xác định tuổi thọ còn lại của công trình.....	104
4.4.1.1. Thiết lập mặt bằng kiến trúc, kết cấu công trình.....	104
4.4.1.2. Tính chất cơ lý vật liệu và mức độ suy giảm	104
4.4.1.3. Xác định tải trọng tác dụng lên công trình.....	104
4.4.2. Lập mô hình phân tích kết cấu và xác định nội lực trong cấu kiện.	108
4.4.3. Tính toán độ tin cậy của các cấu kiện	110
4.4.4. Xác định tuổi thọ còn lại của kết cấu công trình.....	117
4.5. Đánh giá kết quả tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo hai phương pháp	118
4.6. Kết luận chương 4.....	119
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	121
1. Những kết quả đạt được.....	121
2. Kiến nghị.....	121
3. Hướng phát triển của đề tài luận án	122
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN	123
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	124
PHỤ LỤC TÍNH TOÁN	131
PHỤ LỤC A: XỬ LÝ SỐ LIỆU HIỆN TRƯỜNG.....	132
PHỤ LỤC B: TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY CỦA CẤU KIỆN, KẾT CẤU	139

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.1. Hư hỏng đặc trưng của kết cấu bê tông cốt thép, nguyên nhân và giải pháp khắc phục [48], [54], [57], [66]	6
Bảng 1.2. Hư hỏng đặc trưng của nhà khung bê tông cốt thép, nguyên nhân và giải pháp khắc phục [48], [54], [57], [66]	10
Bảng 3.1. Phân loại tình trạng kỹ thuật của kết cấu theo mức độ hư hỏng [82]	66
Bảng 3.2. Phân loại mức độ hư hỏng và độ tin cậy tương đối của kết cấu bê tông cốt thép [82]	67
Bảng 3.3. Quan hệ giữa độ nhảy và độ dự trữ.....	83
Bảng 4.1. Tổng hợp hiện trạng và mức độ hư hỏng của cầu kiện	94
Bảng 4.2. Tổng hợp mức độ hư hỏng của các cầu kiện.....	101
Bảng 4.3-Tải trọng gió tác dụng lên các mức sàn.....	107
Bảng 4.4-Các tổ hợp tính toán kết cấu.....	108
Bảng 4.5. Bảng minh họa module 2.....	112
Bảng 4.6.Bảng minh họa module3.....	112
Bảng 4.7. Bảng minh họa Module 4	113
Bảng 4.8. Tính toán độ tin cậy của cầu kiện.....	115
Bảng 4.9. Tổng hợp kết quả tính toán.....	117

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1-Quá trình suy giảm chất lượng của kết cấu theo thời gian [26]	20
Hình 1.2-Phương pháp luận hệ thống dự báo tuổi thọ sử dụng cho các bộ phận của nhà [35].....	23
Hình 2.1-Hàm mật độ xác suất.....	33
Hình 2.2-Hàm phân bố chuẩn	33
Hình 2.3-Trung vị của hàm phân bố	34
Hình 2.4-Hàm phân bố chuẩn hoá	34
Hình 2.5-Phân vị của phân bố chuẩn	35
Hình 2.6-Hàm phân phối đại lượng ngẫu nhiên liên tục	37
Hình 2.7-Biểu đồ tổ chức.....	38
Hình 2.8-Hàm phân phối	38
Hình 2.9 a) Hàm mật độ b) Hàm phân phối	40
Hình 2.10-Hàm mật độ và hàm phân phối chuẩn hoá.....	41
Hình 2.11-Hàm mật độ và hàm phân phối loga chuẩn.....	42
Hình 2.12-Đường cong phân bố chuẩn của ứng suất	51
Hình 3.1-Suy giảm ĐTC của công trình theo thời gian.....	61
Hình 3.2-ĐTC của công trình thay đổi sau sửa chữa lớn	61
Hình 3.3-Sơ đồ nội lực và biểu đồ ứng suất của tiết diện chữ nhật đặt cốt đơn [20]....	71
Hình 3.4-Sơ đồ nội lực và biểu đồ ứng suất của tiết diện chữ nhật đặt cốt kép [20]	72
Hình 3.5-Sơ đồ nội lực và biểu đồ ứng suất trong tiết diện chịu nén lệch tâm [20]	74
Hình 3.6-lực dọc đặt giữa các hợp lực của các nội lực trong các cốt thép S, S' [20]	76
Hình 3.7-lực dọc đặt ngoài khoảng cách giữa các hợp lực của các nội lực trong các cốt thép S, S' [20].....	77
Hình 3.8-Sơ đồ nội lực cấu kiện btct theo tiết diện nghiêng chịu cắt [20]	78
Hình 3.9-Sơ đồ tính toán xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện.....	81
Hình 3.10-Sơ đồ tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình	86

Hình 4.1-Mặt bằng kiến trúc tầng 1	89
Hình 4.2-Mặt bằng kiến trúc tầng 2	90
Hình 4.3-Mặt bằng kiến trúc tầng 3-4.....	90
Hình 4.4-Mặt bằng kiến trúc tầng mái.....	90
Hình 4.5-Mặt bằng định vị cột tầng 1	91
Hình 4.6-Mặt bằng định vị cột tầng 2	91
Hình 4.7- Mặt bằng định vị cột tầng 3,4.....	91
Hình 4.8-Mặt bằng kết cấu tầng 2.....	92
Hình 4.9-Mặt bằng kết cấu tầng 3-4	92
Hình 4.10-Mặt bằng kết cấu tầng mái.....	92
Hình 4.11-Sơ đồ tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài.....	93
Hình 4.12-Mặt bằng vị trí hiện trạng hư hỏng tầng 1	99
Hình 4.13-Mặt bằng vị trí hiện trạng hư hỏng tầng 2	100
Hình 4.14-Mặt bằng vị trí hiện trạng hư hỏng tầng 3	100
Hình 4.15-Mặt bằng vị trí hiện trạng hư hỏng tầng 4	100
Hình 4.16-Mặt bằng vị trí hiện trạng hư hỏng tầng mái	101
Hình 4.17-Sơ đồ tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo tính toán độ tin cậy	103
Hình 4.18-Mặt bằng mô hình kết cấu tầng 2.....	108
Hình 4.19-Mặt bằng mô hình kết cấu tầng 3.....	108
Hình 4.20-Mặt bằng mô hình kết cấu tầng 4.....	109
Hình 4.21-Mặt bằng mô hình kết cấu tầng mái.....	109
Hình 4.22-Mô hình kết cấu tổng thể công trình	109
Hình 4.23- Sơ đồ các bước xác định độ tin cậy của cấu kiện.....	110
Hình 4.24-Sơ đồ khối phần mềm tính toán độ tin cậy của kết cấu	111

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

1. Danh mục các ký hiệu

A : Diện tích toàn bộ tiết diện ngang của bê tông;

A_s : Diện tích tiết diện của cốt thép S ;

A'_s : Diện tích tiết diện của cốt thép S' ;

A_{sw} : Diện tích tiết diện cốt thép đai nằm trong một mặt phẳng vuông góc với trục dọc cầu kiện, cắt qua tiết diện nghiêng;

M : Mô men uốn;

N : Lực dọc;

Q : Lực cắt;

P : Xác suất;

P_s : Xác suất an toàn;

P_f : Xác suất xảy ra sự cố;

R_b, R_{bt} : Cường độ chịu nén, chịu kéo dọc trục tính toán của bê tông đối với các trạng thái giới hạn thứ nhất;

R_s, R_{sc} : Cường độ chịu kéo tính, chịu nén toán của cốt thép đối với các trạng thái giới hạn thứ nhất;

$S_{R_b}, S_{R_{bt}}$: Độ lệch chuẩn của cường độ chịu nén, chịu kéo dọc trục tính toán của bê tông;

$S_{R_s}, S_{R_{sc}}$: Độ lệch chuẩn của cường độ chịu kéo, chịu nén tính toán của cốt thép;

$S_a, S_{a'}$: Độ lệch chuẩn của bề rộng của khoảng cách từ hợp lực trong cốt thép S , S' đến biên gần nhất của tiết diện;

$S_{A_s}, S_{A'_s}, S_{A_{sw}}$: Độ lệch chuẩn của diện tích cốt thép dọc S , S' và diện tích cốt đai;

S_{h_0} : Độ lệch chuẩn của chiều cao làm việc của tiết diện;

S_b : Độ lệch chuẩn của bề rộng của tiết diện;

S'_{h_0} : Độ lệch chuẩn của nội lực do ảnh hưởng của chiều cao làm việc của tiết diện;

S'_b : Độ lệch chuẩn của nội lực do ảnh hưởng bề rộng của tiết diện;

$S'_{R_b}, S'_{R_{bt}}$: Độ lệch chuẩn của nội lực do ảnh hưởng của cường độ chịu nén, chịu kéo dọc trục tính toán của bê tông;

$S'_{R_s}, S'_{R_{sc}}$: Độ lệch chuẩn của nội lực do ảnh hưởng của cường độ chịu kéo, chịu nén tính toán của cốt thép;

$S'_a, S'_{a'}$: Độ lệch chuẩn của nội lực do ảnh hưởng của bề rộng của khoảng cách từ hợp lực trong cốt thép S, S' đến biên gần nhất của tiết diện;

$S'_{A_s}, S'_{A_s}, S'_{A_{sw}}$: Độ lệch chuẩn của nội lực do ảnh hưởng của diện tích cốt thép S, S' và diện tích cốt đai;

a : Khoảng cách từ hợp lực trong cốt thép S đến biên gần nhất của tiết diện;

a' : Khoảng cách từ hợp lực trong cốt thép 1 đến biên gần nhất của tiết diện;

b : Chiều rộng của tiết diện chữ nhật;

e : Khoảng cách từ điểm đặt lực dọc N đến hợp lực trong cốt thép S ;

e' : Khoảng cách từ điểm đặt lực dọc N đến hợp lực trong cốt thép S' ;

h : Chiều cao tiết diện chữ nhật;

h_0 : Chiều cao làm việc của tiết diện, bằng $h - a$;

h'_0 : Chiều cao làm việc của tiết diện, bằng $h - a'$;

l : Nhịp cầu kiện;

s_w : Khoảng cách cốt thép đai, đo theo chiều dài cầu kiện;

t : thời gian.

2. Danh mục các chữ viết tắt

ĐTC: Độ tin cậy;

EN: Tiêu chuẩn Châu Âu;

ISO: Tổ chức tiêu chuẩn quốc tế;

NCS: Nghiên cứu sinh;

TCVN: Tiêu chuẩn Việt Nam.

MỞ ĐẦU

1. Sự cần thiết của đề tài nghiên cứu

Trong quá trình khai thác sử dụng, dưới tác động của tải trọng và môi trường, công trình xây dựng không thể tránh khỏi xuống cấp và hư hỏng. Câu hỏi đặt ra là: Sự xuống cấp và hư hỏng trong quá trình sử dụng ảnh hưởng như thế nào đến an toàn và tuổi thọ của công trình? Đánh giá mức độ nguy hiểm của hư hỏng như thế nào, thời gian sử dụng của công trình còn lại là bao nhiêu? Nhằm trả lời các câu hỏi nói trên, việc đánh giá mức độ an toàn và tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng là vấn đề đang được quan tâm nghiên cứu ở cả trong và ngoài nước.

Các tác động lên kết cấu xây dựng là các quá trình ngẫu nhiên. Sự không đồng đều về chất lượng của tính chất vật liệu trong các cấu kiện và bộ phận kết cấu, cũng như các tính chất của chúng có thể thay đổi một cách ngẫu nhiên dưới tác dụng của tải trọng, tác động và môi trường. Kinh nghiệm trong thực tế xây dựng và khai thác sử dụng công trình cho thấy, ngay cả các công trình giống nhau được xây dựng và sử dụng trong điều kiện như nhau nhưng hư hỏng và sự cố đối với các cấu kiện, bộ phận kết cấu hoặc cả công trình lại xảy ra ở những thời điểm khác nhau.

Một trong những nguyên nhân gây ra sự cố công trình xây dựng là mất khả năng chịu lực của cấu kiện, bộ phận kết cấu hay hệ thống kết cấu trong quá trình sử dụng. Sự suy giảm khả năng chịu lực của công trình chủ yếu là do tích lũy hư hỏng. Đánh giá tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng liên quan đến bài toán kỹ thuật - kinh tế, có ý nghĩa cả về khoa học và thực tiễn.

Khái niệm về tuổi thọ còn lại của nhà và công trình bao hàm các thành tố sau đây: các đặc trưng cơ lý còn lại, giá thành và giá trị sử dụng còn lại của chúng. Tuổi thọ còn lại của nhà tại thời điểm xem xét được xác định bằng các yếu tố: độ tin cậy ban đầu khi công trình bắt đầu đưa vào sử dụng, thời gian sử dụng, tải trọng và tác động lên nó, các hư hỏng và hao mòn vật lý trong quá trình sử dụng.

Do yêu cầu thực tế về quản lý quỹ nhà ở và các công trình xây dựng nên hầu hết các nước đều đặt ra yêu cầu đánh giá tình trạng kỹ thuật cũng như dự báo thời gian sử dụng còn lại của nhà và công trình xây dựng đang khai thác. Tuy vậy

cho đến nay rất ít các quốc gia có đủ các tiêu chuẩn và hướng dẫn kỹ thuật để đánh giá tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng.

Do đó đề tài luận án: ***“Nghiên cứu xác định tuổi thọ còn lại của kết cấu công trình bê tông cốt thép có xét đến ảnh hưởng của khuyết tật, hư hỏng”*** có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án

- a) Đối tượng nghiên cứu: Nhà khung bê tông cốt thép;
- b) Phạm vi nghiên cứu: các dạng hư hỏng phổ biến dưới tác dụng của tải trọng và tác động thông thường: nứt, võng, suy giảm cường độ vật liệu bê tông, cốt thép, mức độ ăn mòn cốt thép, khuyết tật về thay đổi kích thước tiết diện.

3. Mục đích nghiên cứu

- Đề xuất phương pháp tính toán tuổi thọ còn lại của kết cấu nhà khung bê tông cốt thép khi xét đến khuyết tật, hư hỏng theo tiêu chuẩn Việt Nam;
- Lựa chọn phương pháp đánh giá độ tin cậy của các cấu kiện bê tông cốt thép trên cơ sở số liệu khảo sát, thí nghiệm trong phòng và hiện trường;
- Xây dựng quy trình tính toán xác định tuổi thọ còn lại của nhà khung bê tông cốt thép khi xét tới khuyết tật, hư hỏng.

4. Nhiệm vụ nghiên cứu

- Nghiên cứu phương pháp xử lý số liệu khảo sát và xác định các tham số đầu vào để xác định mức độ hư hỏng (độ tin cậy tương đối);
- Nghiên cứu tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu nhà khung bê tông cốt thép khi xét đến khuyết tật, hư hỏng;
- Nghiên cứu phương pháp tính toán xác định tuổi thọ còn lại của nhà khung bê tông cốt thép khi xét tới ảnh hưởng của khuyết tật, hư hỏng theo TCVN.

5. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết thực hiện các nhiệm vụ nghiên cứu và đạt được mục tiêu đặt ra của luận án, trong đó:

- Nghiên cứu, áp dụng lý thuyết xác suất thống kê, lý thuyết độ tin cậy để đánh giá độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu nhà khung bê tông cốt thép khi xét tới ảnh hưởng của khuyết tật, hư hỏng theo TCVN;

- Nghiên cứu áp dụng và bổ sung một số thuật toán để xử lý số liệu và xác định các tham số cho việc đánh giá tuổi thọ còn lại của kết cấu nhà khung bê tông cốt thép.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

- Áp dụng lý thuyết độ tin cậy để đánh giá độ tin cậy của kết cấu nhà và công trình do ảnh hưởng của hư hỏng là một trong những xu hướng hiện đại đang được một số nước phát triển áp dụng;

- Nghiên cứu lựa chọn phương pháp và xây dựng quy trình đánh giá cùng với những đề xuất của đề tài luận án có thể áp dụng để bổ sung hoặc biên soạn hướng dẫn kỹ thuật đánh giá mức độ tin cậy và tuổi thọ còn lại của nhà khung bê tông cốt thép.

7. Các kết quả mới của luận án

- Đề xuất được phương pháp tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình nhằm khắc phục những hạn chế của phương pháp nêu trên;

- Tính toán độ tin cậy của các cấu kiện kết cấu bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCVN hiện hành bằng các phần mềm thông dụng;

- Xây dựng được quy trình tính toán tuổi thọ còn lại của công trình theo hai phương pháp: phương pháp hiện hành của liên bang Nga và theo phương pháp đề xuất. Có tính toán, so sánh và nhận xét.

8. Bố cục của luận án

- Luận án gồm phần mở đầu, bốn chương và phần kết luận chung, tài liệu tham khảo và phụ lục.

Phần mở đầu

Trình bày sự cần thiết của đề tài luận án, đối tượng, phạm vi nghiên cứu, mục đích nghiên cứu, nhiệm vụ nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu, ý nghĩa khoa học và các kết quả mới của luận án.

Chương 1. Tổng quan về vấn đề nghiên cứu

Trình bày tổng quan về hư hỏng của kết cấu bê tông cốt thép và nhà khung bê tông cốt thép, trình tự khảo sát kỹ thuật để xác định hiện trạng công trình. Các kết quả nghiên cứu ở trong và ngoài nước về xác định tuổi thọ của công trình khi

xét đến ảnh hưởng của khuyết tật, hư hỏng từ đó rút ra các vấn đề còn tồn tại và đặt ra nhiệm vụ cho luận án.

Chương 2. Xác định độ tin cậy của cấu kiện kết cấu bê tông cốt thép sử dụng lý thuyết xác suất thống kê và độ tin cậy

Trình bày một số nội dung trong lý thuyết xác suất thống kê phục vụ công tác xử lý số liệu khảo sát, một số phương pháp tính độ tin cậy, đánh giá và lựa chọn phương pháp tính độ tin cậy áp dụng trong luận án và lượng hóa độ tin cậy trong đánh giá độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu xây dựng.

Chương 3. Cơ sở khoa học và phương pháp tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình có xét đến khuyết tật, hư hỏng

Trình bày cơ sở lý luận của các phương pháp xác định tuổi thọ còn lại, xác định tuổi thọ còn lại theo hàm đặc trưng là ĐTC và các biến thể từ đó rút ra những tồn tại để đề xuất phương pháp tính toán. Đề xuất phương pháp xác định tuổi thọ còn lại theo tính toán ĐTC và phương pháp xác định trọng số của nhóm cấu kiện mà trong nghiên cứu trước đó chưa đề cập cách xác định. Xây dựng quy trình tính toán xác định tuổi thọ còn lại theo hai phương pháp: phương pháp đánh giá mức độ hư hỏng dựa theo dấu hiệu bên ngoài của liên bang Nga và phương pháp đề xuất theo tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu.

Chương 4. Khảo sát, đánh giá xác định tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng

Trình bày tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình cụ thể theo hai phương pháp: phương pháp xác định tuổi thọ còn lại theo đánh giá mức độ hư hỏng dựa theo dấu hiệu bên ngoài của liên bang Nga và phương pháp đề xuất xác định tuổi thọ còn lại theo tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu. Phân tích, đánh giá kết quả tính toán theo hai phương pháp từ đó rút ra các nhận xét đánh giá.

Kết luận và kiến nghị. Nêu lên những kết quả thu được, những đóng góp mới của luận án. Các kiến nghị và hướng phát triển của đề tài luận án

Tài liệu tham khảo. Tài liệu tham khảo trong luận án bao gồm 84 tài liệu trong đó có 23 tài liệu trong nước và 61 tài liệu nước ngoài

Các công trình khoa học đã công bố. Bao gồm 05 công trình đã công bố trong đó có 04 công trình đăng ở tạp chí chuyên ngành và 01 công trình đăng ở hội nghị khoa học toàn quốc.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ CẦN NGHIÊN CỨU

Trong thiết kế, thi công và khai thác, sử dụng đã có nhiều giải pháp kỹ thuật cũng như giải pháp công nghệ để hạn chế các hư hỏng và sự cố công trình, song thực tế hư hỏng và sự cố công trình xây dựng vẫn xảy ra. Xác định ảnh hưởng của hư hỏng đến độ an toàn sử dụng và đánh giá khả năng đáp ứng yêu cầu sử dụng của nhà và công trình là yêu cầu không chỉ của các cấp quản lý mà của cả người sử dụng. Nhằm đánh giá tình trạng kỹ thuật, thời gian khai thác an toàn còn lại và đưa ra quyết định đúng, cần phải tiến hành khảo sát kỹ thuật, tiến hành tính toán, phân tích, đánh giá một cách hệ thống khoa học. Để thực hiện được các bước nêu trên, cần hiểu bản chất và đặc trưng của hư hỏng đối với các loại kết cấu, các bước khảo sát và phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của kết cấu công trình khi xét đến ảnh hưởng của khuyết tật, hư hỏng.

1.1. Khuyết tật, hư hỏng kết cấu bê tông cốt thép

1.1.1. Khái niệm về khuyết tật và hư hỏng trong kết cấu xây dựng

Khuyết tật: là sự sai khác vượt quá sai số cho phép so với tiêu chuẩn qui định. Ví dụ: sai khác về chất lượng bê tông, chiều dày lớp bê tông bảo vệ, kích thước hình học của kết cấu và các mối liên kết, vv...

Khuyết tật xuất hiện trong quá trình sản xuất và thi công xây lắp.

Hư hỏng: là sự vượt quá giới hạn cho phép của tiêu chuẩn. Ví dụ sự xuất hiện vết nứt ở những vị trí không cho phép, vết nứt hoặc độ võng lớn hơn qui định của tiêu chuẩn, sự suy giảm cường độ bê tông, hay là sự giảm yếu kích thước tiết diện ngang của cấu kiện hoặc kết cấu.

Trên thực tế, trong quá trình sử dụng tồn tại cả khuyết tật và hư hỏng. Vì vậy, trong nhiều trường hợp có thể sử dụng chung một thuật ngữ “**Hư hỏng**” cho hai khái niệm nói trên.

1.1.2. Hư hỏng đặc trưng của kết cấu bê tông và bê tông cốt thép

Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép chiếm tỷ trọng chủ yếu trong các công trình xây dựng hiện nay. Hư hỏng của chúng khá đa dạng, tuy vậy có thể nhận dạng và phân loại hư hỏng theo dạng kết cấu và các loại tác động lên các kết cấu đó.

Thực tế cho thấy: các dạng khuyết tật và hư hỏng kết cấu bê tông cốt thép phụ thuộc rất nhiều yếu tố và chủ yếu là [48], [54], [57], [66]:

- Đặc trưng cơ lý của bê tông cốt thép phụ thuộc vào loại thép và bê tông;
- Dạng tác động (lực, chất ăn mòn dạng nước và gas, chế độ nhiệt ẩm, nhiệt độ cao...);
- Dạng, hướng và hình thức tác động (tĩnh, động, tập trung hoặc phân bố...);
- Sự phù hợp giữa tải trọng, tác động thực tế và thiết kế;
- Sự phù hợp giữa sơ đồ tính toán thực tế và thiết kế;
- Sơ đồ kết cấu của nhà và công trình (lắp ghép, bán lắp ghép, toàn khối...);
- Công nghệ chế tạo, vận chuyển, lắp dựng...;
- Sai sót do thiết kế;
- Tác động cơ học.

Bảng 1.1. Hư hỏng đặc trưng của kết cấu bê tông cốt thép, nguyên nhân và giải pháp khắc phục [48], [54], [57], [66]

TT	Dạng khuyết tật và hư hỏng	Nguyên nhân có thể và phương pháp xác định	Hậu quả có thể và giải pháp khắc phục
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Vết nứt nhỏ như sợi tóc xuất hiện trên bề mặt khi chế tạo.	Do co ngót, thành phần hỗn hợp bê tông, tính chất vật liệu. Khảo sát kiểm tra	Không ảnh hưởng đến khả năng chịu lực. Có thể giảm độ bền lâu. Khắc phục vết nứt bằng vữa.
2	Vết nứt nhỏ như sợi tóc dọc theo cốt thép, lát đặc có vết gỉ trên mặt bê tông.	Cốt thép bị gỉ (lớp gỉ đến 0,5 mm) khi lớp bê tông bảo vệ bị hỏng (như khi bị carbonat hóa). Bê tông tách khỏi cốt thép. Khảo sát chi tiết	Khả năng chịu lực giảm đến 5%. Có thể giảm độ bền lâu. Mức độ suy giảm phụ thuộc vào nhiều yếu tố, vì vậy cần có đánh giá tổng hợp. Khôi phục lớp bảo vệ nếu cần thì gia cường.
3	Bê tông bị vỡ.	Do tác động cơ học. Khảo sát kiểm tra	Nếu ở vùng chịu nén của bê tông sẽ làm giảm khả năng chịu lực do giảm tiết diện. Nếu ở vùng chịu kéo thì không ảnh hưởng khả năng chịu lực nhưng làm giảm độ cứng cấu kiện. Sửa chữa chỗ hư hỏng bằng bê tông cốt liệu nhỏ.
4	Bê tông bị dầu mỡ.	Do dầu mỡ kỹ thuật chảy ra. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực do giảm cường độ bê tông đến 30%. Khắc phục nguyên nhân chảy dầu. Bóc bỏ lớp bê

TT	Dạng khuyết tật và hư hỏng	Nguyên nhân có thể và phương pháp pháp xác định	Hậu quả có thể và giải pháp khắc phục
			tông bị dầu, làm lớp bê tông mới cần thiết thì gia cường thêm lớp lưới thép.
5	Vết nứt rộng đến 3 mm dọc theo cốt thép. Nhìn rõ vết gỉ của cốt thép.	Phát triển từ những vết nứt nhỏ như sợi tóc. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực do giảm tiết diện cốt thép. Giảm khả năng chịu lực của tiết diện thẳng góc đến 20% do mất liên kết giữa bê tông và cốt thép. Nếu xảy ra ở khu vực gối tựa thì kết cấu ở tình trạng nguy hiểm. Cần gia cường và khôi phục lớp bảo vệ.
6	Lớp bê tông bảo vệ bị tách.	Cốt thép bị gỉ nhiều. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực do giảm tiết diện cốt thép. Giảm khả năng chịu lực của tiết diện thẳng góc đến 30% do mất liên kết giữa bê tông và cốt thép. Giảm độ cứng của cấu kiện. Nếu xảy ra ở khu vực gối tựa thì kết cấu ở tình trạng nguy hiểm. Cần gia cường và khôi phục lớp bảo vệ.
7	Vết nứt thẳng góc trong kết cấu chịu uốn và ở các cấu kiện chịu kéo với bề rộng vết nứt đối với các loại thép như sau: AI - lớn hơn 0,5 mm; AII, AIII, AIV lớn hơn 0,4 mm; các loại còn lại lớn hơn 0,3 mm. (AI, AII, AIII, AIV được quy định trong phụ lục C của TCVN [20])	Kết cấu bị quá tải. Cốt thép chịu kéo không đúng vị trí. Đối với kết cấu ứng lực trước - không đủ lực kéo trước. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực và độ bền lâu. Giảm tải và gia cường theo tính toán.
8	Cũng như trên (mục 7), nhưng có vết nứt phân nhánh ở hai đầu cấu kiện kết cấu.	Kết cấu bị quá tải do cường độ bê tông giảm hoặc mất bám dính giữa bê tông và cốt thép. Khảo sát chi tiết.	Có thể kết cấu ở tình trạng nguy hiểm. Giảm tải khẩn cấp và thực hiện gia cường.
9	Vết nứt xiên cùng với dịch chuyển các đoạn dầm và vết nứt xiên cắt qua cốt thép.	Kết cấu bị quá tải. Neo cốt thép bị hỏng. Khảo sát chi tiết.	Kết cấu ở tình trạng nguy hiểm. Giảm tải khẩn cấp và thực hiện gia cường.

TT	Dạng khuyết tật và hư hỏng	Nguyên nhân có thể và phương pháp pháp xác định	Hậu quả có thể và giải pháp khắc phục
10	Độ võng tương đối vượt độ võng giới hạn theo tiêu chuẩn.	Kết cấu bị quá tải. Khảo sát chi tiết.	Mức độ nguy hiểm phụ thuộc vào các dấu hiệu hư hỏng khác (ví dụ hư hỏng theo mục 7 trong bảng-trạng thái nguy hiểm) Giảm tải và gia cường.
11	Hư hỏng cốt thép và các chi tiết đặt sẵn.	Tác động cơ học, ăn mòn cốt thép. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực tỷ lệ với sự giảm tiết diện. Gia cường theo tính toán.
12	Cốt thép chịu nén bị phình, vết nứt dọc ở vùng nén, bê tông vùng nén bị bong tróc.	Kết cấu bị quá tải. Khảo sát chi tiết.	Kết cấu ở tình trạng nguy hiểm. Giảm tải khẩn cấp và thực hiện gia cường.
13	Giảm diện tích gối tựa của kết cấu so với thiết kế.	Do lỗi chế tạo và lắp dựng. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Gia cường theo tính toán.
14	Cốt đai bị đứt hoặc bị xô dịch trong vùng vết nứt xiên.	Kết cấu bị quá tải. Khảo sát chi tiết.	Kết cấu ở tình trạng nguy hiểm. Giảm tải khẩn cấp và thực hiện gia cường.
15	Đứt neo thép khỏi bản mã, cấu kiện liên kết bị biến dạng, mối nối bị tách rời.	Xuất hiện tác động mà thiết kế chưa tính đến. Khảo sát chi tiết.	Kết cấu ở tình trạng nguy hiểm. Giảm tải khẩn cấp và thực hiện gia cường.
16	Vết nứt, sụt vỡ và lộ cốt thép trong vùng đường ống kỹ thuật đi qua tường, sàn, mái.	Hư hỏng cơ học khi đục lỗ làm đứt và lộ cốt thép, bị rung động. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. khắc phục nguyên nhân. Cần thiết thì gia cường.
17	Vết nứt, vết lõm, tách của móng dưới thiết bị, đứt bu lông neo.	Do rung động của thiết bị, dầu mỡ dò rỉ, giảm cường độ bê tông. Khảo sát chi tiết.	Kết cấu ở tình trạng gần nguy hiểm. Khắc phục rung động. Khôi phục móng về trạng thái bình thường.
18	Tụ muối trên bề mặt bê tông.	Tác động của môi trường ăn mòn, sử dụng phụ gia không hợp lý. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực do bê tông và cốt thép bị ăn mòn. Khôi phục lớp bảo vệ. Cần thiết thì gia cường.
19	Có dấu vết muối than, bong tróc một vài chỗ trên mặt bê tông, sứt vỡ không lớn.	Do tác động của nguồn cháy. Khảo sát trực quan	Giảm khả năng chịu lực. Khôi phục bề mặt bị cháy.
20	Bề mặt bê tông bị phủ muối than, bê tông bị sứt vỡ và lộ vết cốt thép ở góc, lộ vết lưới thép trên cấu kiện	Do tác động cháy ở mức độ trung bình. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực và độ cứng của kết cấu. Gia cường theo tính toán.

TT	Dạng khuyết tật và hư hỏng	Nguyên nhân có thể và phương pháp xác định	Hậu quả có thể và giải pháp khắc phục
	phẳng đến 10%, vết nứt đến 0,5 mm, bê tông bị tách nhưng không vỡ vụn.		
21	Bê tông có màu vàng, sứt vỡ đến 30%, lộ vết thép đến 50%, vết nứt đến 1,0 mm	Do tác động cháy ở mức độ mạnh. Khảo sát chi tiết.	Kết cấu ở tình trạng nguy hiểm. Gia cường theo tính toán cùng với việc tăng tiết diện bê tông và cốt thép, đặt bổ sung trụ đỡ.

1.1.3. Hư hỏng đặc trưng của nhà khung bê tông cốt thép

Thông thường kết cấu khung bê tông cốt thép được sử dụng trong nhà dân dụng và công nghiệp một tầng hoặc nhiều tầng.

Sơ đồ kết cấu của nhà khung bê tông cốt thép phổ biến là [48], [54], [57], [66]:

- Khung chịu lực;
- Khung và tường gạch chịu lực;
- Khung và tường là các tấm panel nhẹ.

Các nguyên nhân hư hỏng chủ yếu của kết cấu nhà khung là:

- Biến động điều kiện địa chất thủy văn trong nền móng công trình;
- Lún không đều;
- Vật liệu của kết cấu chịu lực và bao che bị ăn mòn;
- Sử dụng không đúng quy định;
- Quá tải;
- Tác động của nhiệt độ cao;
- Lực quán tính vượt quá tính toán do động đất và các sự cố kỹ thuật - công nghệ;
- Lỗi thiết kế;
- Vi phạm công nghệ chế tạo và lắp dựng.

Ngoài những khuyết tật và hư hỏng đặc trưng của kết cấu bê tông cốt thép nói chung, kết cấu nhà khung bê tông cốt thép có các hư hỏng đặc trưng riêng sau đây:

- Liên kết các cấu kiện đúc sẵn của nhà khung với nhau và với tường ngăn che;

- Liên kết của tường - vách cứng và vách ngăn với các cấu kiện khác của khung;

- Yêu cầu chất lượng đối với đặt cốt thép và đổ bê tông mỗi nối;

- Đặc điểm của giải pháp kết cấu về lồng cầu thang và liên kết chúng với các kết cấu chịu lực khác, cũng như các khe biến dạng và kháng chấn.

Bảng 1.2. Hư hỏng đặc trưng của nhà khung bê tông cốt thép, nguyên nhân và giải pháp khắc phục [48], [54], [57], [66]

TT	Dạng khuyết tật và hư hỏng	Nguyên nhân có thể và phương pháp xác định	Hậu quả có thể và giải pháp khắc phục
(1)	(2)	(3)	(4)
Nhà khung có tường chịu lực và tường tự mang			
1	Vết nứt xiên, đứng và ngang trong tường gạch.	Lún không đều của nền móng, quá tải ở các vùng gối tựa của dầm; dịch chuyển của khung do tải trọng động và tải của cầu trục. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực của tường và độ cứng không gian, giảm độ bền lâu. Khắc phục nguyên nhân gây hư hỏng, xử lý vết nứt. Cần thiết thì gia cường.
2	Tường ngang và dọc đầu hồi bị tách khỏi khung.	Hư hỏng neo của tường do lún không đều của móng; khung bị dịch chuyển quá tải và tải của cầu trục. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực, độ cứng không gian và tính chất sử dụng của nhà. Khắc phục nguyên nhân: Gia cường theo tính toán đặt thêm giằng và khôi phục neo. Xử lý vết nứt.
3	Vết nứt trong tấm sàn và mái, dịch chuyển tấm theo mỗi nối.	Bị quá tải, hư hỏng do lún không đều của móng; Khung bị dịch chuyển quá tải và tải của cầu trục. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực, độ cứng không gian và tính chất sử dụng của nhà. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán đặt thêm giằng và khôi phục neo. Xử lý vết nứt.
4	Vết nứt và bê tông bị vỡ chân cột lộ và phình cốt thép.	Cột bị dịch chuyển do lún không đều và quá tải, do lực ngang động đất và cầu trục gây ra. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực, độ cứng không gian và tính chất sử dụng của nhà. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán đặt thêm giằng và khôi phục neo. Xử lý vết nứt.
5	Vết nứt và vỡ bê tông ở công son và đầu cột, lộ và phình cốt thép. Gối tựa của dầm và vì kèo bị xô dịch so với cột.	Cột dịch chuyển do lún không đều và quá tải, do lực ngang động đất và cầu trục gây ra. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực, độ cứng không gian và tính chất sử dụng của nhà. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán đặt thêm giằng và khôi phục neo. Xử lý vết nứt.

TT	Dạng khuyết tật và hư hỏng	Nguyên nhân có thể và phương pháp pháp xác định	Hậu quả có thể và giải pháp khắc phục
6	Vết nứt, vỡ bê tông ở đoạn gối tựa và nhịp của dầm, xà, dầm cầu trục, thép bị lộ và phình.	Bị quá tải, đoạn gối tựa bị xô dịch và giảm diện tích gối; do sai sót lúc lắp dựng; mối nối bị ăn mòn và hư hỏng. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực, độ cứng không gian và tính chất sử dụng của nhà. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán đặt thêm giằng và khôi phục neo. Xử lý vết nứt
7	Khối xây vùng gối của các tấm sàn và mái bị hư hỏng.	Bị quá tải, thiếu đệm gối tựa, các cấu kiện bê tông cốt thép bị xô dịch khối đệm gối tựa. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải và khôi phục đệm gối tựa và khối xây. Cần thiết thì gia cường.
8	Vách ngăn tách khỏi khung, vết nứt và sụt vỡ.	Lún không đều của móng, khung bị dịch chuyển, không có neo hoặc neo bị đứt. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực và tính năng sử dụng. Khắc phục nguyên nhân: Khôi phục neo và khối xây.
9	Neo, mối hàn, bu lông bị đứt.	Móng bị lún không đều, các cấu kiện của khung bị xô dịch, quá tải, thép bị ăn mòn và lắp dựng sai. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực và độ cứng không gian. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải và khôi phục liên kết. Cần thiết thì gia cường theo tính toán.
Nhà khung có tường panel treo và tường chèn gạch			
10	Khối xây bị hư hỏng và sụt vỡ tách khỏi mặt phẳng khung.	Móng lún không đều, các cấu kiện khung bị xô dịch, quá tải, neo bị ăn mòn và hư hỏng. Khảo sát chi tiết.	Giảm tính năng sử dụng. Giảm khả năng chịu lực và độ cứng không gian. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, khôi phục khối xây và neo.
11	Vết nứt trong các cấu kiện khung và các panel tường ở gần các chi tiết đặt sẵn.	Móng lún không đều, các cấu kiện khung bị xô dịch, quá tải. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực và độ cứng không gian. Khắc phục nguyên nhân: Xử lý vết nứt. Gia cường theo tính toán.
12	Mối nối các panel và panel bị nứt, mối nối ngang và đứng bị tách.	Móng lún không đều, các cấu kiện khung bị xô dịch, quá tải. Khảo sát chi tiết.	Giảm tính năng sử dụng. Giảm khả năng chịu lực và độ cứng không gian. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, xử lý vết nứt và mối nối.
13	Vết nứt và vỡ bê tông ở vùng mối nối giữa khung và vách cứng.	Móng lún không đều, các cấu kiện khung bị xô dịch, quá tải, ăn mòn thép ở mối nối, lỗi do thi công. Khảo sát chi tiết.	Làm giảm độ cứng không gian. Giảm khả năng chịu lực và độ cứng không gian. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, khôi phục mối nối, xử lý vết nứt. Cần thiết thì gia cường theo tính toán.
14	Vết nứt đứng và xiên ở vùng mối nối	Móng lún không đều, các cấu kiện khung bị xô dịch, quá tải,	Giảm khả năng chịu lực và độ cứng không gian.

TT	Dạng khuyết tật và hư hỏng	Nguyên nhân có thể và phương pháp pháp xác định	Hậu quả có thể và giải pháp khắc phục
	các cấu kiện khung, tường, vách và gối tựa của dầm cầu trục, sàn, mái.	ăn mòn thép ở mối nối, lỗi do thi công. Khảo sát chi tiết.	Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, xử lý vết nứt. Gia cường theo tính toán.
Cột của khung			
15	Vết nứt dọc cột trên cả tiết diện.	Quá tải khi cột chịu nén đúng tâm. Khảo sát chi tiết	Cường độ và khả năng chịu lực giảm. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán.
16	Vết nứt dọc ở vùng nén.	Quá tải khi cột chịu nén lệch tâm bé. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực do cường độ bê tông giảm và ăn mòn cốt thép. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán.
17	Vết nứt vuông góc ở vùng chịu kéo và vết nứt dọc trong vùng chịu nén.	Quá tải khi cột chịu lệch tâm lớn. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực do cường độ bê tông giảm và ăn mòn cốt thép. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán.
18	Vết nứt vuông góc trên cả tiết diện.	Biến dạng do lưu giữ, vận chuyển và lắp dựng. Tác động của lực dọc khi có độ mảnh lớn ngoài mặt phẳng. Biến dạng nhiệt ẩm của bê tông. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực, có thể dẫn tới tình trạng nguy hiểm. Khắc phục nguyên nhân: Gia cường theo tính toán.
19	Vết nứt vuông góc trong conson.	Quá tải và độ lệch tâm tăng khi chịu tải. Khảo sát chi tiết.	Cường độ bê tông giảm và cốt thép bị ăn mòn. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường conson theo tính toán.
20	Vết nứt ngắn trong vùng gối của dầm lên cột.	Nén cục bộ khi quá tải hoặc do thiếu cốt xiên. Khảo sát chi tiết.	Cường độ bê tông giảm. Khắc phục nguyên nhân: Gia cường theo tính toán.
21	Chi tiết đặt sẵn bị bung, cốt thép bị lộ ra	Quá tải và tác động của cầu trục, quá tải của các xà ngang. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực, có thể dẫn tới tình trạng nguy hiểm. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, khôi phục chi tiết đặt sẵn và cốt thép bị lộ ra.
22	Bê tông trong mối nối bị nứt và hư hỏng.	Quá tải, các cột bị lệch trục, chất lượng mối hàn kém, thi công bê tông mối nối không tốt. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực và độ ổn định. Có thể dẫn đến tình trạng nguy hiểm. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, xử lý mối nối và gia cường theo tính toán.

TT	Dạng khuyết tật và hư hỏng	Nguyên nhân có thể và phương pháp pháp xác định	Hậu quả có thể và giải pháp khắc phục
23	Bê tông vùng liên kết các cột với vách cứng, có vết nứt và bị hư hỏng. Chi tiết đặt sẵn bị nhỏ, các bản mã hoặc mối hàn bị tách.	Quá tải do nội lực, khuyết tật thi công mối nối. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực và độ ổn định. Khắc phục nguyên nhân: Xử lý mối nối và gia cường theo tính toán.
Dầm và xà của khung			
24	Vết nứt vuông góc trong vùng chịu kéo của dầm và xà liên tục.	Tác động của mô men uốn khi bị quá tải. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực và độ ổn định. Khắc phục nguyên nhân: Gia cường các tiết diện thẳng góc theo tính toán. Xử lý vết nứt và chống ăn mòn cốt thép.
25	Vết nứt xiên ở gối tựa.	Tác động của lực cắt và lực ngang khi quá tải. Không đủ cốt thép đai. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực và độ ổn định. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường các tiết diện xiên theo tính toán. Xử lý vết nứt và chống ăn mòn cốt thép.
26	Các vết nứt gần gối tựa.	Neo bị hư hỏng cốt thép mất bám dính với bê tông. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực và độ ổn định. Khắc phục nguyên nhân: Gia cường theo tính toán.
27	Gối tựa của dầm bê tông cốt thép ứng lực trước bị tách.	Cường độ bê tông thấp, cốt thép neo bị hỏng. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực và độ ổn định. Khắc phục nguyên nhân: Gia cường theo tính toán.
28	Vết nứt dọc trong vùng nén.	Quá tải, cường độ bê tông thấp. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường vùng chịu nén.
29	Bê tông giữa các vết nứt xiên bị vỡ.	Quá tải, cường độ bê tông thấp. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực, có khả năng dẫn tới tình trạng nguy hiểm. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường dầm.
Các tấm			
30	Các vết nứt thẳng góc trong vùng chịu kéo và vết nứt xiên ở gối tựa.	Quá tải, cường độ bê tông thấp, cốt thép bị ăn mòn. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán, chống ăn mòn cốt thép và xử lý vết nứt.
31	Vết nứt ở phần gối tựa của tấm bê tông	Hư hỏng neo và cốt thép bị trượt.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân:

TT	Dạng khuyết tật và hư hỏng	Nguyên nhân có thể và phương pháp pháp xác định	Hậu quả có thể và giải pháp khắc phục
	cốt thép ứng suất trước.	Khảo sát chi tiết.	Gia cường gối tựa.
32	Vết nứt ở bản tấm.	Quá tải, cường độ bê tông thấp, cốt thép bị ăn mòn. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán, Chống ăn mòn cho cốt thép, xử lý vết nứt.
33	Vết nứt theo chu vi tấm.	Không đủ lượng cốt thép neo giữa bản với sườn của tấm. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Gia cường bản.
34	Vết nứt vuông góc trong vùng chịu nén.	Vận chuyển và xếp kho bãi không đúng quy định. Nội lực lớn trong cốt thép kéo căng. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Gia cường theo tính toán.
35	Bê tông bị vỡ ở giữa các vết nứt xiên.	Quá tải, cường độ bê tông thấp. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực, có thể dẫn tới tình trạng nguy hiểm. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán.
Vì kèo			
36	Vết nứt vuông góc ở cánh dưới.	Quá tải, không đủ nội lực trong cốt thép kéo căng. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán. Chống ăn mòn cho cốt thép và xử lý vết nứt.
37	Vết nứt dọc ở cánh dưới.	Bê tông bị tách do lực nén bổ sung của cốt thép kéo căng. Vận chuyển và xếp kho bãi không đúng quy định. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Gia cường theo tính toán. Chống ăn mòn cho cốt thép và xử lý vết nứt.
38	Vết nứt xiên ở nút gối tựa.	Quá tải, cường độ bê tông thấp, hồng cốt thép neo, thiếu cốt thép đai. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực, có thể dẫn tới tình trạng nguy hiểm. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, chống ăn mòn cho cốt thép và xử lý vết nứt.
39	Vết nứt dọc ở cánh trên.	Quá tải, cường độ bê tông thấp. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán. Chống ăn mòn cho cốt thép và xử lý vết nứt.
40	Vết nứt vuông góc ở cánh trên.	Bị cong ngoài mặt phẳng khi vận chuyển và xếp kho bãi. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Gia cường theo tính toán. Chống ăn mòn cho cốt thép và xử lý vết nứt.

TT	Dạng khuyết tật và hư hỏng	Nguyên nhân có thể và phương pháp pháp xác định	Hậu quả có thể và giải pháp khắc phục
41	Vết nứt ở vùng tiếp giáp các thanh chịu kéo với nút.	Hỏng cốt thép neo của các thanh chịu kéo. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Gia cường theo tính toán. Chống ăn mòn cho cốt thép và xử lý vết nứt.
42	Vết nứt ở các nút	Quá tải, thiếu cốt thép ở nút. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Giảm tải, gia cường theo tính toán. Chống ăn mòn cho cốt thép và xử lý vết nứt.
43	Vết nứt vuông góc ở phần dưới của các thanh cánh trên và cánh dưới.	Tải tác dụng ngoài nút, xô dịch các xà gồ. Khảo sát chi tiết.	Giảm khả năng chịu lực. Khắc phục nguyên nhân: Gia cường theo tính toán. Loại bỏ các tải ngoài nút. Chống ăn mòn cho cốt thép và xử lý vết nứt.

1.2. Trình tự khảo sát kỹ thuật

Mục đích khảo sát là xác định tình trạng kỹ thuật của các cấu kiện, kết cấu và của nhà và công trình, đánh giá định lượng các đặc trưng hiện trạng của cấu kiện, kết cấu có kể đến sự thay đổi của chúng theo thời gian. Kết quả khảo sát phục vụ công tác đánh giá, đưa ra kết luận về điều kiện để sử dụng tiếp, biện pháp nhằm đảm bảo độ tin cậy cũng như độ bền lâu hoặc phải phá bỏ.

Phụ thuộc vào nhiệm vụ và các giai đoạn sử dụng công trình, công tác khảo sát kỹ thuật được phân loại như sau:

- Khảo sát phục vụ sửa chữa lớn hoặc cải tạo;
- Khảo sát phục vụ bảo trì;
- Khảo sát do tác động của cháy, nổ, động đất, v.v...

Khảo sát kỹ thuật bao gồm các giai đoạn: khảo sát sơ bộ, khảo sát chi tiết, lập báo cáo, trên cơ sở đó xác định mức độ hư hỏng của nhà và công trình hoặc bộ phận của nó.

1.2.1. Khảo sát sơ bộ

Khảo sát sơ bộ (trực quan) được tiến hành nhằm mục đích đánh giá sơ bộ tình trạng kỹ thuật của kết cấu và hệ thống kỹ thuật công trình theo các dấu hiệu bên ngoài của chúng. Trong giai đoạn khảo sát sơ bộ cần tiến hành nghiên cứu các tài liệu lưu trữ, tiêu chuẩn đã dùng để thiết kế, thi công công trình và tiến hành

công tác điều tra trực quan một cách đầy đủ các kết cấu và hệ thống kỹ thuật của công trình. Nếu kết quả điều tra trực quan chưa đủ để giải quyết nhiệm vụ đặt ra thì tiến hành điều tra chi tiết (bằng thiết bị).

Trong giai đoạn khảo sát sơ bộ cần thu thập:

- Hồ sơ và báo cáo của các điều tra trước đó của nhà hoặc công trình;
- Các tài liệu thiết kế, thi công, nghiệm thu công trình. Bao gồm cả giai đoạn cải tạo, sửa chữa lớn;
- Trắc địa công trình do tổ chức chuyên môn thực hiện;
- Các tài liệu khảo sát địa chất công trình trong vòng 5 năm gần đây;
- Thông tin về vị trí nhà hoặc công trình nằm gần/ trên khe san lấp, hang carst, vùng sụt lún và các tai biến địa chất khác;

Trên cơ sở các tài liệu nhận được, tiến hành các công việc sau đây:

a) Xác định:

- Tác giả thiết kế, năm thiết kế, thời gian xây dựng công trình;
- Sơ đồ kết cấu nhà hoặc công trình;
- Các cơ sở đã áp dụng trong tính toán thiết kế kết cấu;
- Sơ đồ lắp ghép của các cấu kiện đúc sẵn, thời gian chế tạo chúng;
- Các kích thước hình học của nhà hoặc công trình, các cấu kiện và kết cấu;
- Các đặc trưng của vật liệu (bê tông, kim loại, đá, v.v...) được sử dụng cho các kết cấu;
- Giấy chứng nhận, hồ sơ kỹ thuật của sản phẩm và vật liệu trong xây dựng công trình;
- Các đặc trưng của đất nền;
- Các thay đổi xảy ra về vị trí và sai lệch so với thiết kế;
- Đặc trưng của các tác động bên ngoài lên kết cấu;
- Dữ liệu về môi trường xung quanh;
- Vị trí và công suất của hệ thống cấp điện, nước, thoát nước, nhiệt, khí đốt và hệ thống thoát nước;
- Các biểu hiện khuyết tật, hư hỏng, vv... trong quá trình sử dụng;
- Hao mòn vô hình của công trình có liên quan tới các khiếm khuyết trong cách bố trí và thiết kế không phù hợp với tiêu chuẩn hiện hành;

b) Thiết lập chương trình, trong đó chỉ rõ:

- Danh mục cần phải điều tra về các kết cấu xây dựng và các thành phần của chúng;

- Danh sách cần điều tra về hệ thống kỹ thuật công trình;
- Vị trí, phương pháp đo và thử nghiệm bằng thiết bị;
- Vị trí lấy mẫu vật liệu để thử nghiệm mẫu trong phòng thí nghiệm;
- Sự cần thiết phải tiến hành các khảo sát địa chất công trình;
- Danh sách các tính toán kiểm tra cần thiết, vv...

Kết quả của khảo sát sơ bộ thể hiện các nội dung:

- Sơ đồ và bản liệt kê các khuyết tật và hư hỏng cùng với việc xác định vị trí, mô tả, hình ảnh khu vực bị khuyết tật và đặc tính của chúng;

- Các kết quả kiểm tra các biến dạng đặc trưng của nhà hoặc công trình và các kết cấu xây dựng riêng biệt của chúng (độ võng, độ nghiêng, cong vênh, biến dạng, gãy, vv...);

- Xác định các bộ phận/khu vực bị hư hại (nếu có);
- Chính xác hóa sơ đồ kết cấu của nhà hoặc công trình;
- Làm rõ kết cấu chịu lực theo các tầng và vị trí của chúng;
- Xác định sơ đồ các vị trí đục, lấy mẫu và khảo sát kết cấu;
- Các đặc điểm của điều kiện địa chất, địa hình trong khu vực;
- Đánh giá sơ bộ tình trạng của các kết cấu và hệ thống kỹ thuật của công trình dựa trên mức độ hư hại và đặc điểm cụ thể của các khuyết tật.

1.2.2. Khảo sát chi tiết

Khảo sát chi tiết nhằm mục đích xác định lại sơ đồ kết cấu, kích thước cấu kiện, tình trạng của vật liệu và kết cấu tổng thể. Khi khảo sát chi tiết, bằng những dụng cụ và thiết bị chuyên dụng, cần tiến hành các công việc sau:

- Đo đạc để kiểm tra các thông số hình học của nhà hoặc công trình, kết cấu, các bộ phận và mối nối của chúng;
- Khảo sát địa chất công trình (nếu cần thiết);
- Xác định bằng thiết bị các thông số của các khuyết tật và hư hỏng;
- Xác định các đặc trưng vật liệu của các kết cấu chịu lực cơ bản và các bộ phận của chúng;
- Đo các thông số của môi trường đối với nhà và công trình;

- Xác định tải trọng và tác động sử dụng thực tế mà các kết cấu có kể đến ảnh hưởng biến dạng của đất nền;
 - Xác định sơ đồ tính toán thực tế của nhà hoặc công trình và các kết cấu riêng biệt của nó;
 - Xác định các nội lực trong các kết cấu chịu lực theo tải trọng sử dụng;
 - Tính toán kiểm tra khả năng chịu lực của các kết cấu theo các kết quả khảo sát;
 - Phân tích những nguyên nhân gây ra các khuyết tật và hư hỏng trong các kết cấu;
 - Lập các tài liệu tổng kết (kết luận) theo những kết quả khảo sát.
- Kết luận theo tổng kết của điều tra tình trạng kỹ thuật của công trình bao gồm:
- Đánh giá tình trạng kỹ thuật (loại tình trạng kỹ thuật) theo tiêu chuẩn;
 - Tài liệu chứng minh cho các loại tình trạng kỹ thuật của công trình;
 - Giải thích rõ những nguyên nhân có khả năng nhất của khuyết tật và hư hại trong các kết cấu (nếu có);
 - Nhiệm vụ thiết kế các biện pháp để khôi phục hoặc gia cường kết cấu (nếu cần thiết).

1.3. Các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước về hư hỏng và tuổi thọ của kết cấu công trình xây dựng

Ngày nay việc đánh giá tuổi thọ còn lại của nhà và công trình xây dựng không những là một trong những nhiệm vụ cấp thiết mà còn là một trong những bài toán kỹ thuật phức tạp cần được nghiên cứu, giải quyết.

Có rất nhiều phương pháp và cách tiếp cận để giải quyết vấn đề này với những ưu điểm và tồn tại của chúng, song để lựa chọn một phương pháp mang tính tổng hợp để đáp ứng các yêu cầu thực tế thì vẫn chưa có.

Theo [49], [50], [51], [61], [71], [76], [82], tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng được hiểu là thời gian (tính bằng năm) đến khi kết cấu đạt đến trạng thái giới hạn, khi đó không cho phép sử dụng tiếp nếu không tiến hành sửa chữa lớn (có thể phải gia cường và thay thế một số bộ phận kết cấu). Bài toán xác định tuổi thọ còn lại có thể thực hiện với các sai số khác nhau có nghĩa là với mức độ chính xác và độ phức tạp khác nhau. Độ chính xác cao có thể đạt được khi sử dụng lý

thuyết độ tin cậy với các thông số phân bố theo thời gian. Độ chính xác trung bình khi các thông số tính toán được lấy theo giá trị trung bình và độ lệch chuẩn. Độ chính xác đạt yêu cầu có thể sử dụng các tính toán tiên định, khi không có các công thức tính chính xác thì có thể sử dụng các quan hệ thực nghiệm.

1.3.1. Một số công trình nghiên cứu ở nước ngoài

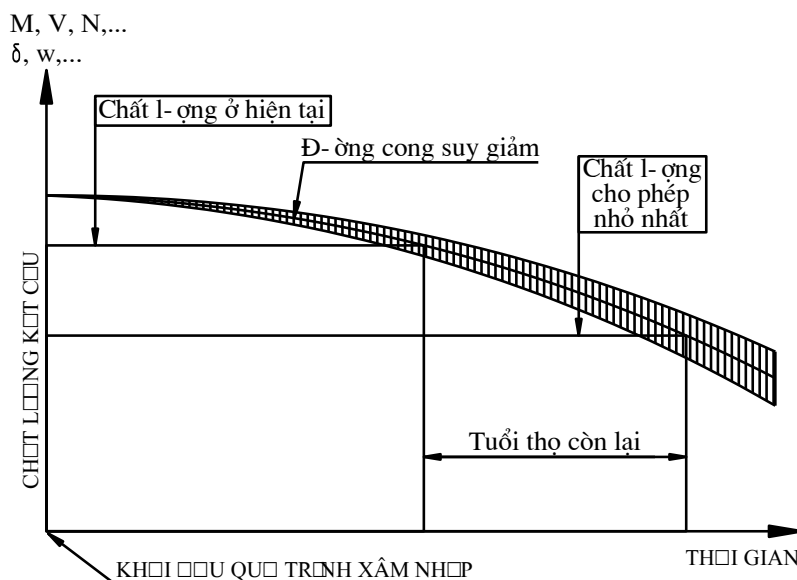
Một số công trình nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố ăn mòn bê tông và cốt thép do carbonat hóa và xâm nhập ion clo đến khả năng chịu lực, tuổi thọ của cầu kiện, kết cấu. Trong [26] do Viện Geocisa và Viện Torroja Tây Ban Nha thực hiện đưa ra 2 phương pháp đánh giá kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn do Clo và Carbonat là: phương pháp đơn giản hóa và phương pháp chi tiết.

Phương pháp đơn giản hóa: Đánh giá đơn giản để xác định nhanh trạng thái hư hỏng công trình làm cơ sở cho chủ đầu tư ra quyết định kịp thời xử lý sự cố và làm cơ sở ban đầu cho đánh giá chi tiết về sau, bao gồm 03 bước: Khảo sát hiện trạng, đánh giá và dự báo. Phương pháp này dựa vào chỉ số đơn giản hóa hư hỏng kết cấu theo 04 mức độ (Không đáng kể > 10 năm, Trung bình > 5 năm, Xấu 2-5 năm, Rất xấu 0-2 năm) tương ứng với khoảng thời gian khác nhau để dự báo kế hoạch sắp tới (sửa chữa, bảo trì hay không).

Phương pháp chi tiết: Phương pháp này bao gồm các quy trình thực hiện, yêu cầu điều tra nhiều số liệu. Các số liệu không chỉ về trạng thái làm việc kết cấu mà còn về quá trình, cơ chế ăn mòn như kích thước ăn mòn, mở rộng ăn mòn, nguyên nhân ăn mòn, vv... dựa vào việc lượng hóa sự giảm tiết diện chịu lực của bê tông và cốt thép. Dự báo về xu hướng ăn mòn dựa vào đo đạc mức độ ăn mòn cốt thép. Phương pháp này gồm 5 bước: (i) Khảo sát hiện trạng (thu thập dữ liệu và môi trường); (ii) Xác định tác động ăn mòn bê tông và cốt thép (đặc trưng lớp bám dính, mặt cắt ngang cốt thép, kích thước hình học và vết nứt do ăn mòn); (iii) Phân tích và đánh giá tải trọng (kể đến sự giảm tiết diện của bê tông và cốt thép); (iv) Xác định sức chịu tải của kết cấu hiện trạng và (v) Xác định ứng xử của kết cấu (hiện tại và dự báo tương lai) thông qua lý thuyết trạng thái giới hạn và trạng thái sử dụng bình thường. Cuối cùng, nghiên cứu đưa ra mẫu báo cáo đánh giá công trình cho các dữ liệu thu thập được từ khảo sát, đánh giá và thí nghiệm.

Hạn chế của tài liệu này là: chưa tính toán được cụ thể tuổi thọ còn lại là bao nhiêu - mà chỉ xác định, dự báo trong khoảng thời gian nhất định nào đó kết

cầu cần sửa chữa, bảo trì hoặc không hoặc sau bao lâu thì cần tiến hành đánh giá lại. Không chỉ rõ việc xác định các tham số có thể thay đổi theo thời gian thực hiện như thế nào?



Hình 1.1-Quá trình suy giảm chất lượng của kết cấu theo thời gian [26]

Một số nhà khoa học sử dụng lý thuyết xác suất để thiết lập mô hình lý thuyết xác định tuổi thọ sử dụng của cấu kiện, kết cấu bê tông cốt thép. Năm 2014, trong [42] nhóm tác giả Sanjeev Kuma Verma, Sudhir Singh Bhadauria đã điềm lại một số mô hình đánh giá tuổi thọ sử dụng của kết cấu bê tông cốt thép dựa theo khái niệm xác suất. Theo đó, hàm xác suất xác định tuổi thọ sử dụng S được đánh giá theo biểu thức:

$$S(t) = 1 - F(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(u)du$$

trong đó: F là xác suất kết cấu xảy ra sự cố trước thời gian t , T là thời gian đến lúc xảy ra sự cố, f là hàm mật độ xác suất. Các tác giả cũng chưa đề cập đến ảnh hưởng của hư hỏng đến tuổi thọ của kết cấu.

Năm 2005, trong [29] nhóm tác giả Fabio Biondini, Elsa Garavalia đã trình bày một mô hình xác suất để đánh giá tuổi thọ sử dụng của các công trình đang bị hư hỏng dựa vào dữ liệu quan trắc được. Sự tiến triển hư hỏng được mô hình hóa dưới dạng một quá trình nửa-Markov và các biểu thức của mô hình này cho phép giải thích các lần gia cường sau cùng của các đặc trưng kết cấu. Mô hình này cũng có thể sử dụng để lập kế hoạch bảo trì và thực hiện sự can thiệp để phục hồi công

trình. Quy trình đề xuất được áp dụng vào việc dự đoán tuổi thọ của một trụ cầu và lựa chọn kích bản phù hợp để bảo trì, phòng ngừa hư hỏng.

Theo các tác giả, sự thay đổi các đặc trưng kết cấu theo thời gian là một quá trình ngẫu nhiên của các biến ngẫu nhiên τ_i , trong đó τ_i là tuổi thọ của hệ kết cấu. Xác suất hư hỏng được xác định như sau:

$$P_f(t, t_0) = P\{\tau_i \leq t\} = F_{t_i}(t, t_0)$$

trong đó: t_0 là tuổi của hệ kết cấu ở trạng thái i và F_{t_i} là hàm phân bố tích lũy của biến ngẫu nhiên t_i . Dạng mô hình hóa này cho phép phân biệt sự khác nhau giữa các trạng thái của hệ kết cấu mà mỗi trạng thái gắn với một thời gian khác nhau. Có thể thấy rằng, việc dự báo tuổi thọ theo mô hình này cũng không đơn giản.

Trong [30] các tác giả Fabio Biondini, Franco Bontempi, Dan M. Frangopol F.ASCE, Pier Giorgio Malerba đã đánh giá tuổi thọ sử dụng theo lý thuyết xác suất. Bài báo trình bày cách tiếp cận chung để dự báo tuổi thọ sử dụng của kết cấu theo xác suất và lập kế hoạch bảo trì công trình bê tông bị hư hỏng. Đánh giá tính năng kết cấu biến đổi theo thời gian do tác động khuếch tán của các tác nhân xâm thực bên ngoài. Dựa vào phương pháp mô phỏng Monte Carlo để xét tính ngẫu nhiên của các tham số kết cấu, bao gồm các tính chất về vật liệu, hình học, diện tích và vị trí của cốt thép, khả năng khuếch tán vật liệu và tốc độ hư hỏng. Lúc đó, độ tin cậy biến đổi theo thời gian được tính toán đối với các tính năng kết cấu thích hợp. Các kết quả phân tích độ bền lâu theo tuổi thọ được sử dụng để lựa chọn kích bản bảo trì hợp lý.

Cách tiếp cận xác suất cũng có thể được áp dụng để đánh giá tuổi thọ sử dụng thực tế T_a của kết cấu:

$$T_a = \min\{(t - t_0) | R \geq S, \forall t \geq t_0\}$$

trong đó t_0 là thời điểm kết thúc giai đoạn xây dựng. Cụ thể, ngưỡng giới hạn T_a^* của biến ngẫu nhiên T_a gắn với một mức độ độ tin cậy mục tiêu quy định, chẳng hạn, được biểu thị dưới dạng các giá chấp nhận của xác suất hư hỏng P_F^* hoặc chỉ số độ tin cậy β^* , có thể được tính toán một cách trực tiếp như sau:

$$\begin{aligned} T_a^* &= \min\{(t - t_0) | P_F \leq P_F^*, \forall t \geq t_0\} \\ &= \min\{(t - t_0) | \beta \geq \beta^*, \forall t \geq t_0\} \end{aligned}$$

Năm 2008 trong [31], Finkelstein. M trình bày các khái niệm về hàm phân phối tích lũy $F(t)$, hàm tuổi thọ trung bình còn lại $m(t)$. $m(t)$ được biểu thị như sau:

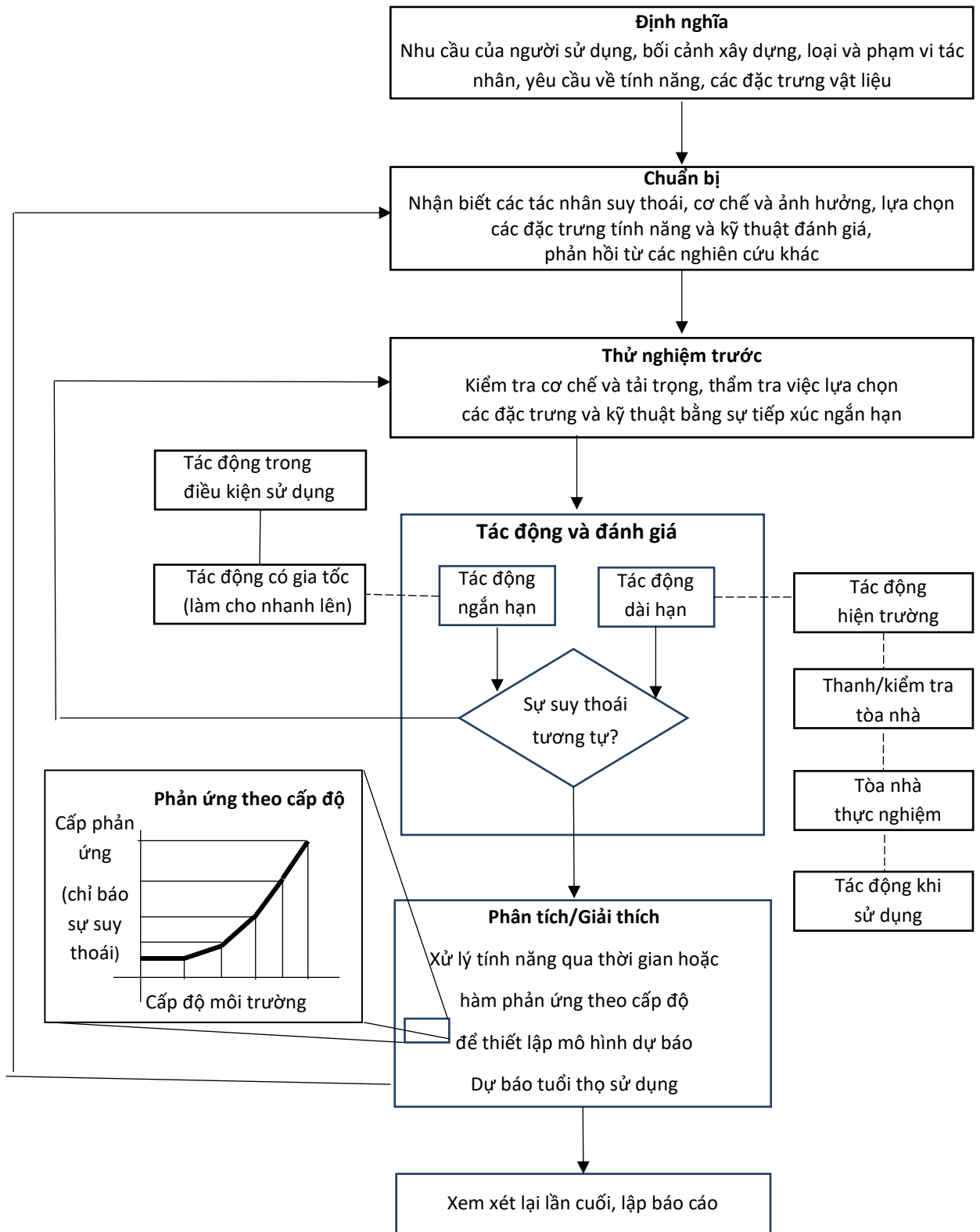
$$m(t) = E[T_t] = E[T - t | T > t] = \int_0^\infty \bar{F}(u) du = \frac{\int_t^\infty \bar{F}(u) du}{\bar{F}(t)}$$

$$\text{Với: } F(t) = \begin{cases} Pr[T \leq t], & t \geq 0 \\ 0, & \leq 0 \end{cases}$$

Như một biến ngẫu nhiên, tuổi thọ công trình được đặc trưng hóa một cách đầy đủ bằng hàm phân bố của nó. Hàm tốc độ hư hỏng (nguy hiểm/rủ ro) $\lambda(t)$ được biểu thị qua xác suất hư hỏng. Nếu hàm này tăng lên, thì đối tượng công trình xem xét là đang xuống cấp. Có thể thấy rằng hàm phân phối tích lũy được mô tả theo biến ngẫu nhiên trong khoảng thời gian rất nhỏ, trong khi đó tuổi thọ trung bình còn lại được mô tả trong toàn bộ khoảng thời gian còn lại. Hai hàm này kết nối với nhau thông qua phương trình vi phân tương ứng. Việc tính toán đối với kết cấu xây dựng với các đặc trưng ngẫu nhiên theo thời gian là rất phức tạp, các giả thiết và các hàm được biểu thị dưới dạng các hàm chức năng mang tính tổng quát. Vì vậy, để áp dụng vào tính toán thực tế xác định tuổi thọ còn lại là khó thực hiện.

Trong [41] nhóm tác giả R. Blok, F.V. Herwijnen đưa ra định nghĩa, yếu tố ảnh hưởng và mối quan hệ của ba loại tuổi thọ: (i) tuổi thọ thiết kế, (ii) tuổi thọ sử dụng kỹ thuật và (iii) tuổi thọ chức năng. Ngoài ra, đề cập đến vòng đời của kết cấu. Các tác giả đề xuất cần có sự kết hợp hài hòa giữa ba loại tuổi thọ nêu trên. Tuổi thọ sử dụng kỹ thuật không cần thiết phải lớn hơn tuổi thọ chức năng, tốt nhất là xấp xỉ hoặc bằng nhau. Bài báo cũng chỉ nêu tổng quát các loại tuổi thọ, chưa đề cập cách tính toán.

Trong tiêu chuẩn [35] đưa ra các bước dự báo tuổi thọ sử dụng của cấu kiện, kết cấu của nhà dựa trên các đặc trưng kỹ thuật và chức năng của chúng. Cung cấp cơ sở chung, nguyên tắc và yêu cầu để tiến hành nghiên cứu và thực hiện. Khi dự báo tuổi thọ sử dụng được dùng làm tuổi thọ sử dụng tham chiếu của bộ phận kết cấu cho mục đích thiết kế cụ thể, dưới những điều kiện khác nhau thì dự báo sự phân bố thời gian sử dụng của bộ phận kết cấu sẽ thu được kết quả ít sai lệch nhất. Thực hiện dự báo tuổi thọ sử dụng với các điều kiện khác nhau cũng gợi mở một cách đánh giá các hệ số của phương pháp hệ số, trong nhiều trường hợp, nhất là hệ số có xét đến sự khác biệt giữa môi trường cụ thể và môi trường bên ngoài.



Hình 1.2-Phương pháp luận hệ thống dự báo tuổi thọ sử dụng cho các bộ phận của nhà [35]

Các công trình nghiên cứu về tuổi thọ còn lại của kết cấu công trình do các nhà khoa học liên bang Nga thực hiện rất đa dạng và khá đầy đủ. Năm 2001, Viện nghiên cứu các công trình công nghiệp trung ương liên bang Nga đã ban hành hướng dẫn [82]. Đây là một trong những tài liệu được dùng để đánh giá nhanh, đánh giá gần đúng độ tin cậy kết cấu xây dựng của nhà và công trình theo dấu hiệu bên ngoài. Trong đó phân ra 05 tình trạng kỹ thuật của kết cấu xây dựng. Dựa vào dấu hiệu hư hỏng bên ngoài của kết cấu, hệ số độ tin cậy ban đầu và hệ số độ tin cậy thực tế để tính toán tuổi thọ còn lại của chúng.

Năm 2006, trong luận án tiến sĩ kỹ thuật [63] do Майстренко И.Ю thực hiện, tác giả đặt ra mục đích nghiên cứu là hoàn thiện phương pháp đánh giá dự trữ còn lại của kết cấu thép đang sử dụng. Xây dựng phương pháp đánh giá dự trữ còn lại của kết cấu thép dựa trên cơ sở mô hình hóa thống kê và phân tích hồi quy.

Các tác giả С.М. Беляев; Пермяков М.Б; К.В. Голубев; А.С. Акулов и др. trong [45], [46], [50], [51], [59], [60], [61], [65] đã đề cập đến một số phương pháp đánh giá tuổi thọ còn lại của nhà và công trình. Xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình theo các dấu hiệu khác nhau, các dấu hiệu đó có thể là:

- Hao mòn vật lý (vật thể);
- Độ bền tĩnh hoặc động học của vật liệu có xét đến khuyết tật và hư hỏng;
- Độ mỏi của vật liệu.

Xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình phụ thuộc vào số liệu kết quả khảo sát. Để đảm bảo độ tin cậy của kết quả tính toán tuổi thọ trong nhiều trường hợp cần tiến hành các thí nghiệm bổ sung.

Tính tuổi thọ còn lại theo hao mòn vật lý, đánh giá tổng thể hư hỏng của công trình theo công thức:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \dots + \alpha_i \varepsilon_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i}$$

trong đó:

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$ - là hư hỏng lớn nhất của từng loại kết cấu riêng lẻ;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$ - là trọng số của từng loại kết cấu riêng lẻ.

Thông qua quy luật suy giảm khả năng chịu lực của kết cấu theo hàm số mũ, tuổi thọ của nhà hoặc công trình được xác định theo công thức:

$$T = -\ln \gamma / \lambda$$

Một cách tiếp cận khác để tính tuổi thọ còn lại của công trình là trong công thức trên đại lượng γ - độ tin cậy tương đối được thay bằng hệ số dự trữ tương đối về khả năng chịu lực - ω . Như vậy công thức có dạng:

$$T = -\ln \omega / \lambda$$

Hệ số dự trữ tương đối về khả năng chịu lực của nhà hoặc công trình được xác định theo công thức:

$$\omega = \frac{(\sum \Delta N_i A_{vi} + \sum \Delta M_i A_{gi} + \sum \Delta Q_i A_{gi})}{(\sum A_{vi} + 2 \sum A_{gi})}$$

trong đó: ΔN_i , ΔM_i , ΔQ_i , A_{vi} , A_{gi} - lần lượt là dự trữ khả năng chịu lực của các cấu kiện và diện tích sập đổ của các cấu kiện.

Năm 2015, trong [81] tác giả В.С Уткин đã dùng phương pháp tích phân thí nghiệm dầm và phương pháp xác suất để mô tả các đại lượng ngẫu nhiên. Bài báo giới hạn vấn đề nghiên cứu là xác định khả năng chịu tải còn lại của dầm chỉ theo tiêu chí bền của cốt thép và bê tông mà không xét đến các tiêu chí khác như hư hỏng, ăn mòn v.v...

Năm 2016, trong luận án tiến sĩ khoa học [55] do Золина Т.В thực hiện, tác giả đã nghiên cứu cơ sở khoa học để phát triển lý thuyết và phương pháp luận dự báo dự trữ còn lại của nhà công nghiệp một tầng có cầu trục trên cơ sở nghiên cứu sự thay đổi trạng thái ứng suất - biến dạng do hư hỏng tích lũy trong quá trình sử dụng. Để thực hiện mục tiêu nghiên cứu tác giả đã sử dụng các phương pháp cơ học kết cấu, lý thuyết độ tin cậy, lý thuyết xác suất và thống kê, động lực học thống kê, mô hình toán học và lý thuyết chọn quyết định.

Năm 2016, trong luận án tiến sĩ kỹ thuật [74] do Сухина К.Н thực hiện, với đối tượng nghiên cứu là vì kèo mái bằng bê tông cốt thép, tác giả đã nghiên cứu chọn giải pháp đánh giá dự trữ còn lại của nhà công nghiệp có tính đến suy giảm khả năng chịu lực của các cấu kiện kết cấu theo thời gian sử dụng. Để thực hiện nghiên cứu tác giả sử dụng lý thuyết xác suất, lý thuyết độ tin cậy và trạng thái giới hạn, chấp nhận luật phân bố chuẩn trong việc xác định xác suất hư hỏng của kết cấu. Sử dụng mô hình phân bố Gumbel đối với tải trọng tuyết.

Trong [80] các tác giả С.П Суцев, Н.А Самолинов, И.А Адеменко đề xuất đánh giá tuổi thọ còn lại của nhà (công trình) có thể thông qua các đặc trưng cơ lý của công trình, $R = f(R_0, t)$, giá thành của công trình $C = f(C_0, t)$, thời gian

khai thác sử dụng của công trình $T(T_0, t)$. Như vậy tuổi thọ còn lại của có thể viết dưới dạng:

$$K = f(P_{i,t} / P_{i,0}).$$

trong đó: $I = 1, 2, 3$; $P_{i,t} = \{R, C, T\}$

Đại lượng trong công thức trên xác định chất lượng của các kết cấu riêng lẻ và của công trình. Các đại lượng này có tính chất ngẫu nhiên vì chúng phụ thuộc vào sự thay đổi của tải trọng và tác động cũng như sự thay đổi theo thời gian. Trong điều kiện bình thường thì sự thay đổi và suy giảm chất lượng diễn ra từ từ và dự báo tuổi thọ còn lại được thực hiện theo các số liệu quan trắc và khảo sát kỹ thuật.

Năm 2018, Bộ xây dựng và nhà ở - dịch vụ công cộng liên bang Nga ban hành tài liệu [76] để hướng dẫn xác định tuổi thọ còn lại của kết cấu nhà và công trình. Về cơ bản dựa theo phương pháp đã nêu ở [82], trong đó có đưa thêm vào một phụ lục khuyến nghị về chỉ số độ tin cậy tối thiểu β , thực chất nó là bảng B2 trong tiêu chuẩn EN 1990-2010 Eurocode - Basic of Structural design.

1.3.2. Một số công trình nghiên cứu trong nước

Trong lĩnh vực xây dựng một số nhà khoa học trong nước đã có những nghiên cứu về tuổi thọ của kết cấu công trình. Năm 2004, trong [2] tác giả Nguyễn Xuân Chính đã trình bày kết quả đánh giá mức độ hư hỏng của nhà ở nhiều tầng thông qua số liệu khảo sát được tính toán theo tiêu chuẩn đánh giá mức độ nguy hiểm (TCVN 373) để dự báo tuổi thọ còn lại chúng. Năm 2006, trong [8] tác giả Nguyễn Văn Hùng đã trình bày phương pháp đánh giá chất lượng và tính tuổi thọ công trình hiện hữu theo chỉ số độ tin cậy β . Cũng trong năm 2006, trong [10], tác giả Lê Xuân Huỳnh đã biên tập bài giảng cao học về lý thuyết độ tin cậy và tuổi thọ công trình. Bài giảng đã trình bày một số kiến thức tổng quát về tính toán độ tin cậy của kết cấu và dự báo tuổi thọ của kết cấu công trình dựa trên độ tin cậy và lý thuyết mờ.

Năm 2012, tiêu chuẩn [21] được ban hành để đánh giá mức độ nguy hiểm của kết cấu nhà. Tiêu chuẩn này được biên soạn dựa trên tiêu chuẩn của Trung Quốc và một số tiêu chuẩn của liên bang Nga. Cơ sở lý thuyết để xây dựng tiêu chuẩn là sử dụng lý thuyết tập mờ và hàm thuộc để xử lý số liệu và tính toán phân cấp kết cấu nhà. Để xác định các cấu kiện nguy hiểm cần có các số liệu quan trắc,

khảo sát hiện trường. Mức độ nguy hiểm của cầu kiện, kết cấu, phân thành hai loại: cầu kiện nguy hiểm (T_d) và cầu kiện không nguy hiểm (F_d). Dựa vào tỷ lệ phần trăm (%) cầu kiện nguy hiểm của kết cấu để phân cấp ra mức độ nguy hiểm của các bộ phận nhà và của nhà theo các cấp: A, B, C, D. Kết quả đánh giá xác định được cấp nguy hiểm của nhà, là cơ sở quyết định tiến hành công tác sửa chữa, cải tạo hoặc đình chỉ sử dụng công trình.

Năm 2021, trong [18] tác giả Vũ Lệ Quyên đã giới thiệu cách dự báo tuổi thọ còn lại của bể chứa trụ thép có khuyết tật dạng vết nứt ở tám đầu tiên thông qua tính toán số chu kỳ vận hành còn lại cho tới khi bị phá hoại theo các quy định hiện hành ở liên bang Nga. Điểm khác biệt của cách tính này là tính đến trạng thái ứng suất phức tạp thành bể, sử dụng các tham số về độ bền theo chu kỳ được xác định theo ứng suất hai phương và phương trình hiệu chỉnh cho kích thước và vết nứt cụ thể của bể.

Trong lĩnh vực giao thông, cầu cảng, công trình thủy lợi một số nhà khoa học đã có những nghiên cứu về tuổi thọ của kết cấu công trình. Năm 2003, trong [7] các tác giả Nguyễn Văn Huân, Phùng Vĩnh An đã ứng dụng các kết quả nghiên cứu trong nước và trên thế giới về lý thuyết độ tin cậy để xây dựng một hệ thống tiêu chí, phương pháp đánh giá an toàn và xây dựng lý thuyết dự báo tuổi thọ cho công dưới đê.

Năm 2007, trong [9] các tác giả Nguyễn Hữu Hưng, Trần Thị Thu Hằng, Trần Minh Long tập trung phân tích tuổi thọ mỏi còn lại của kết cấu nhịp cầu giàn thép từ kết quả đo đạc thực tế, có đưa vào các hệ số điều chỉnh lấy từ mô phỏng số. Phương pháp phân tích trong bài báo dựa vào phương pháp Palmgren-Miner.

Năm 2014, trong [4] nhóm tác giả Vũ Đàm Chính, Đinh Quang Cường đề cập một phương pháp và quy trình tính toán hiệu chỉnh số liệu đường cong mỏi S-N theo thí nghiệm vật liệu khi kể đến ảnh hưởng của ứng suất tĩnh, để xác định tuổi thọ mỏi của kết cấu công trình biển cố định bằng thép tính theo Palmgren - Miner là lý thuyết đang được sử dụng rộng rãi trong các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành và áp dụng để tính toán mỏi của kết cấu giàn thép cố định điển hình trong điều kiện biển Việt Nam.

Năm 2018, trong [14] nhóm tác giả Cao Văn Lâm, Thân Đức Phúc đã dựa vào phương pháp Palmgren - Miner để phân tích tuổi thọ còn lại của nhịp cầu thép

từ kết quả đo đặc ứng suất thực tế có đưa vào hệ số quy đổi từ mô hình phần tử hữu hạn.

Năm 2018, trong [12] nhóm tác giả Hoàng Văn Khánh, Hoàng Phương Hoa, Nguyễn Văn Châu đã trình bày kết quả khảo sát 18 nhân tố (NT) ảnh hưởng đến tuổi thọ cầu ở Việt Nam, từ đó tiến hành đánh giá, phân tích và xếp hạng các NT dựa vào điểm số mức độ quan trọng (MĐQT). Các NT xác định được được phân thành 3 nhóm chính. Nghiên cứu đã cho thấy sự cần thiết của việc xác định và đánh giá MĐQT của các NT ảnh hưởng đến tuổi thọ cầu, từ đó đưa ra các giải pháp ứng phó với chúng và có kế hoạch quản lý, khai thác và bảo trì cầu được tốt hơn. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra thực trạng công tác quản lý, khai thác và bảo trì cầu hiện nay ở nước ta.

Nhiều nhà khoa học nghiên ảnh hưởng của các yếu tố ăn mòn tới khả năng chịu lực và tuổi thọ còn lại của kết cấu công trình. Năm 2008, trong [11] tác giả Nguyễn Tuấn Khải đã kế thừa kết quả nghiên cứu trong luận án tiến sỹ kỹ thuật của Lê Đức Vinh để xây dựng phương pháp và tính toán tuổi thọ của cầu kiện dầm, cột BTCT bị ăn mòn trong môi trường khí hậu biển theo ĐTC. Áp dụng tính toán cho cầu kiện dầm, cột BTCT trong công trình tại vùng khí hậu ven biển Hải Phòng.

Năm 2014, trong [6] tác giả Đào Văn Dinh, đã nghiên cứu về sự xâm nhập clo gây ra ăn mòn cốt thép đối với các cầu bê tông cốt thép ven biển. Xây dựng phương pháp và mô hình dự báo tuổi thọ sử dụng cho các công trình cầu bê tông cốt thép ở ven biển Việt Nam theo sự xâm nhập clo. Từ đó, đề ra biện pháp tăng cường kéo dài tuổi thọ sử dụng.

Năm 2018, trong [18] nhóm tác giả Nguyễn Xuân Tươi, Hồ Văn Quân, Trần Thế Truyền, Phạm Thái Uyết, Nguyễn Trung đã trình bày cách tính toán dự báo tuổi thọ do carbonat hóa và xâm nhập ion clo dựa vào kết quả thí nghiệm xác định hệ số carbonat hóa, độ chống thấm ion clo của bê tông trong một số công trình giao thông bằng bê tông cốt thép ven biển khu vực Đà Nẵng. Từ đó, đề ra biện pháp tăng cường kéo dài tuổi thọ sử dụng.

Năm 2019, trong [1] tác giả Hồ Xuân Ba đã trình bày các phương pháp tính toán dự báo tuổi thọ công trình bằng bê tông cốt thép. Phương pháp phần tử hữu hạn, sai phân hữu hạn, phương pháp giải tích đã được áp dụng để tính toán tuổi thọ kết cấu bê tông cốt thép theo tiêu chí khởi ăn mòn cốt thép trong bê tông. Các

kết quả tính toán được so sánh với kết quả tính theo phần mềm Life 365. Kết quả thu được cho thấy tuổi thọ tính theo phương pháp giải tích và tuổi thọ tính bằng phương pháp phần tử hữu hạn khá gần với kết quả tính theo phần mềm Life 365, trong khi kết quả tính theo phương pháp sai phân hữu hạn khá lớn so với các giá trị trên. Nhiệt độ môi trường và chiều dày lớp bê tông bảo vệ có ảnh hưởng đến tuổi thọ kết cấu công trình.

Năm 2019, trong [15] tác giả Huỳnh Quang đã sử dụng lý thuyết độ tin cậy, thông qua tính toán chỉ số độ tin cậy mục tiêu để đánh giá khả năng khai thác và dự báo tuổi thọ của công trình cầu giàn thép khi xét đến sự thay đổi tiết diện do ăn mòn và biến đổi tải trọng. Qua đó, tính toán thời gian khai thác an toàn hiệu quả còn lại và thời gian cần gia cố sửa chữa về sau.

1.4. Các kết quả đạt được từ các công trình nghiên cứu đã công bố

Từ tổng quan tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước đã được công bố về đánh giá, xác định tuổi thọ của nhà và công trình xây dựng khi xét đến ảnh hưởng của khuyết tật, hư hỏng rút ra được một số kết quả chính như sau:

- Nhiều công trình tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố ăn mòn bê tông và cốt thép do carbonat hóa và xâm nhập ion clo đến khả năng chịu lực và tuổi thọ của cấu kiện, kết cấu công trình. Từ số liệu khảo sát, số liệu thí nghiệm trong phòng và ngoài hiện trường, xây dựng phương pháp và mô hình dự báo tuổi thọ của kết cấu.

- Một số mô hình đánh giá tuổi thọ sử dụng của cấu kiện, kết cấu bê tông cốt thép dựa theo khái niệm xác suất. Các tác giả trình bày mô hình xác suất để đánh giá tuổi thọ sử dụng của các công trình đang bị hư hỏng dựa vào dữ liệu quan trắc được. Sự tiến triển hư hỏng được mô hình hóa dưới dạng một quá trình hoặc các biểu thức, hàm phân phối tích lũy. Về góc độ lý thuyết việc đánh giá và dự báo tuổi thọ theo các mô hình này khá chặt chẽ và có độ tin cậy cao. Tuy vậy, việc áp dụng vào thực tế gặp nhiều khó khăn vì đòi hỏi dữ liệu về các đặc trưng của vật liệu và kết cấu theo thời gian là rất khó đáp ứng.

- Các kết quả nghiên cứu của các nhà khoa học liên bang Nga có thể chia thành hai nhóm:

Nhóm thứ nhất là sử dụng các lý thuyết xác suất thống kê, lý thuyết độ tin cậy, tiếp cận logic - xác suất, dựa trên cơ sở lý thuyết xác suất (định lý giả thuyết,

định lý xác suất toàn phần, v.v...), phương pháp lý thuyết tập hợp và phương pháp ra quyết định trong trường hợp không xác định.

Nhóm thứ hai là phương pháp thực hành để đánh giá tuổi thọ của cầu kiện, kết cấu dựa vào mức độ hư hỏng và độ tin cậy. Tài liệu: Hướng dẫn kỹ thuật về đánh giá độ tin cậy và tuổi thọ còn lại của kết cấu theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài [82] được sử dụng để đánh giá nhanh, đánh giá gần đúng độ tin cậy của kết cấu, qua đó đánh giá được tình trạng kỹ thuật của cầu kiện, kết cấu và tuổi thọ còn lại của nhà và công trình. Phương pháp này đáp ứng được yêu cầu thực tế là dễ áp dụng, song mức độ tin cậy chưa cao vì phương pháp chủ yếu dựa vào dấu hiệu hư hỏng bên ngoài.

1.5. Các vấn đề cần nghiên cứu của luận án

Với các vấn đề nêu trên, trong luận án này, tác giả định hướng nội dung nghiên cứu chính là: *Nghiên cứu phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình dựa vào tính toán độ tin cậy của cầu kiện, kết cấu theo các số liệu khảo sát hư hỏng thực tế hiện trường* (không theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài) để nâng cao ĐTC trong tính toán. Ứng dụng cụ thể là bài toán xác định tuổi thọ còn lại của nhà khung bê tông cốt thép khi xét đến các số liệu khảo sát về hư hỏng của cầu kiện bê tông cốt thép. Với định hướng nghiên cứu đó luận án tập trung nghiên cứu các nội dung:

- Nghiên cứu xây dựng quy trình khảo sát và xử lý số liệu khảo sát làm cơ sở xác định số liệu đầu vào phục vụ tính toán độ tin cậy và đánh giá tuổi thọ còn lại của nhà khung bê tông cốt thép;
- Nghiên cứu tính toán ĐTC của cầu kiện, kết cấu theo tiêu chuẩn thiết kế hiện hành (TCVN) khi xét đến các hư hỏng của cầu kiện, kết cấu;
- Nghiên cứu xây dựng trình tự tính toán xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình dựa vào tính toán độ tin cậy của cầu kiện, kết cấu theo các số liệu khảo sát hư hỏng thực tế hiện trường;
- Nghiên cứu xây dựng chương trình tính toán xử lý số liệu nhằm tự động hóa quá trình tính độ tin cậy và dự báo tuổi thọ còn lại của kết cấu nhà khung bê tông cốt thép.

1.6. Kết luận chương 1

Trong chương này, đã nghiên cứu tổng quan về một số nội dung liên quan tới đề tài: tổng quan về khuyết tật, hư hỏng trong kết cấu bê tông cốt thép, trình tự khảo sát kỹ thuật để đánh giá hiện trạng công trình và các nghiên cứu tính toán xác định tuổi thọ và tuổi thọ còn lại của công trình. Từ nghiên cứu tổng quan này, đã phân tích đánh giá các kết quả đạt được, những vấn đề tồn tại và đề ra định hướng nghiên cứu và nhiệm vụ cụ thể cho luận án.

CHƯƠNG 2. XÁC ĐỊNH ĐỘ TIN CẬY CỦA CẦU KIẾN, KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP SỬ DỤNG LÝ THUYẾT XÁC SUẤT THỐNG KÊ VÀ ĐỘ TIN CẬY

2.1. Mở đầu

Để tính toán độ tin cậy của cầu kiện, kết cấu đối với công trình hiện hữu cần có các số liệu quan sát, đo đạc trong phòng thí nghiệm hay ngoài hiện trường. Khi đã có số liệu thì phải xử lý thống kê để có các đại lượng hay hàm số cần thiết. Chẳng hạn, đối với đại lượng ngẫu nhiên cần có kỳ vọng và phương sai. Khi nhiều đại lượng ngẫu nhiên tham gia bài toán cần có thêm hệ số tương quan. Thông thường trong bài toán độ tin cậy của kết cấu xây dựng cần phải xét hai đại lượng đặc trưng, đó là khả năng chịu lực và hệ quả tác động.

Trong chương này trình bày phương pháp xác định ĐTC của cầu kiện, kết cấu bê tông cốt thép trên cơ sở sử dụng lý thuyết xác suất thống kê và lý thuyết ĐTC, bao gồm:

- Một số đặc trưng bằng số của đại lượng ngẫu nhiên;
- Xác định quy luật phân phối của đại lượng ngẫu nhiên theo số liệu thực nghiệm;
- Một số hàm phân bố xác suất thường gặp trong kỹ thuật;
- Một số phương pháp tính độ tin cậy.

Nói chung, các nguyên tắc này có thể áp dụng để đánh giá kết cấu các công trình hiện hữu hoặc công trình có thay đổi về công năng. Tuy nhiên, việc đánh giá trong một vài phương diện đi kèm với sự xem xét tính đặc trưng của các biến cơ bản và các mô hình tính toán.

2.2. Đặc trưng bằng số của đại lượng ngẫu nhiên

2.2.1. Kỳ vọng toán, phương sai, độ lệch chuẩn

Trong thống kê thông thường kỳ vọng là giá trị trung bình của các giá trị quan trắc. Đại lượng ngẫu nhiên có thể liên tục hay rời rạc, nghĩa là giá trị của đại lượng ngẫu nhiên X có thể lấy liên tục trên một đoạn nào đó ($a \leq X \leq b$), hoặc X chỉ nhận những giá trị rời rạc trên đoạn $[a, b]$. Chẳng hạn, khi quan trắc n lần giá trị X thu được:

$$X = x_1 \text{ (lần 1);}$$

$$X = x_2 \text{ (lần 2);}$$

.....

$X = x_n$ (lần n).

Các giá trị x_i có thể trùng nhau. Giá trị trung bình là [15],[17]:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Đặc trưng mức sai lệch của kết quả thực nghiệm quanh giá trị trung bình là đại lượng phương sai. Phương sai được xác định theo công thức [15], [17]:

$$D = \frac{1}{n} [(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2] \quad (2.2)$$

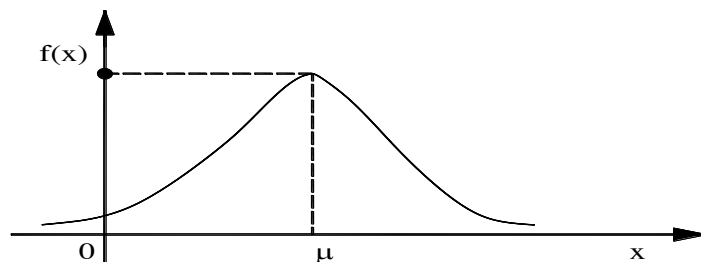
và độ lệch chuẩn được xác định theo công thức [15],[17]: $\sigma = \sqrt{D}$

Khi thu thập số liệu, căn cứ vào các tiêu chuẩn về khảo sát, thí nghiệm để xác định các số liệu ngoại lệ (đột biến), không đưa vào trong tính toán.

2.2.2. Một, trung vị, phân vị

Ngoài các giá trị bằng số đặc trưng cho một đại lượng ngẫu nhiên, còn xét thêm một số đại lượng khác sau đây:

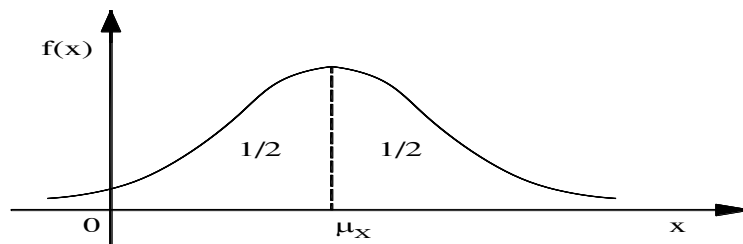
- *Một*: Một là điểm tại đó có mật độ xác suất lớn nhất.



Hình 2.1-Hàm mật độ xác suất

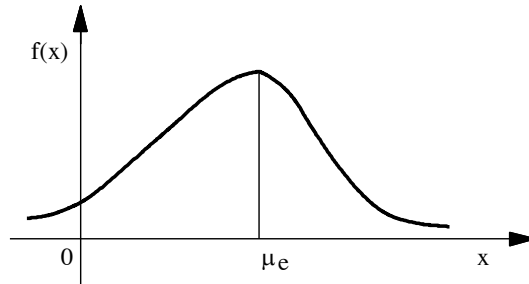
Trên đồ thị $f(x)$ là hàm mật độ xác suất, tại $x = \mu$ thì $f(x)$ đạt cực đại. Giá trị μ gọi là một của đại lượng ngẫu nhiên X . Vì vậy cũng có thể nói một là giá trị tại đó có xác suất cực đại.

- *Trung vị*: Trường hợp hàm mật độ có phân bố đối xứng quanh giá trị trung bình (phân phối chuẩn) thì trước và sau giá trị trung bình đều có xác suất 1/2 .



Hình 2.2-Hàm phân bố chuẩn

Giá trị trung vị là giá trị mà xác suất lớn hơn và bé hơn nó bằng nhau và nói chung là bằng $1/2$, do đó khi phân bố không đối xứng thì giá trị trung vị và kỳ vọng không trùng nhau. Khi phân bố không đối xứng thì giá trị $x = \mu_e$ có tính chất: $P(X < \mu) = P(X > \mu)$.

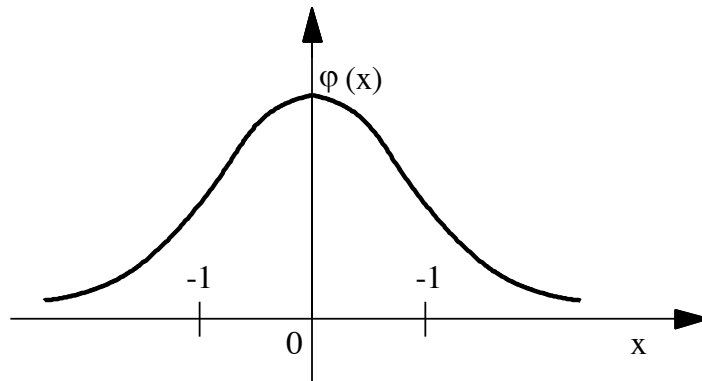


Hình 2.3-Trung vị của hàm phân bố

- *Phân vị:* Giả sử đại lượng ngẫu nhiên X phân phối chuẩn với kỳ vọng μ_x và độ lệch chuẩn σ_x . Ta xét đại lượng ngẫu nhiên $X' = \frac{X - \mu_x}{\sigma_x}$; X' được gọi là đại lượng ngẫu nhiên đã được chuẩn hoá. Hàm mật độ của X' là:

$$f(x) = \varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (2.3)$$

Đồ thị có dạng



Hình 2.4-Hàm phân bố chuẩn hoá

Giá trị hàm $\varphi(x)$ được tính thành bảng.

Hàm phân phối xác suất của đại lượng X' (phân phối chuẩn hóa) có dạng:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx \quad (2.5)$$

Giá trị của $F(x)$ cũng đã được tính thành bảng.

Tiến hành tìm các đặc trưng bằng số của đại lượng ngẫu nhiên X'

Kỳ vọng: $\mu_{x'} = \mu_{\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)} = \frac{1}{\sigma_x} \mu_x - \mu_x = 0$

Phương sai: $D_{x'} = D_{\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)} = \frac{1}{\sigma_x^2} D_x = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_x^2} = 1$. Nên độ lệch chuẩn: $\sigma = \sqrt{1} = 1$

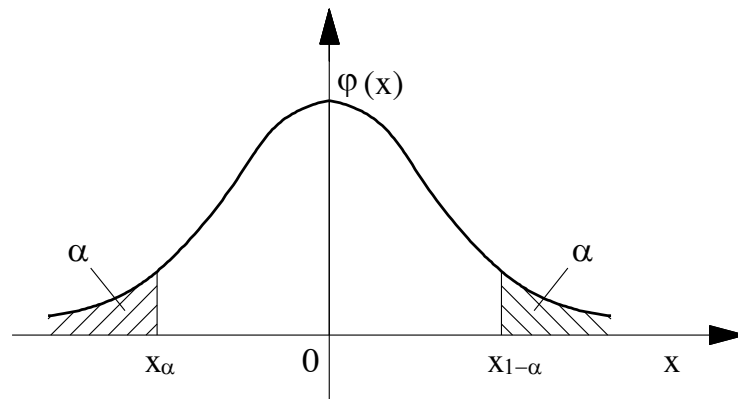
Do đó, trong các tài liệu hay chương trình máy tính phân phối chuẩn hoá được ký hiệu là $N(0;1)$.

Ngoài kỳ vọng và phương sai trong phân phối chuẩn có một đại lượng khác có nhiều ứng dụng trong thực tế đó là phân vị chuẩn.

Phân vị chuẩn mức α (ký hiệu là x_α) là giá trị của đại lượng ngẫu nhiên X' có phân phối chuẩn hoá thỏa mãn điều kiện $P(X' < x_\alpha) = \alpha$.

vì $P(X' < x_\alpha) = \int_{-\infty}^{x_\alpha} \varphi(x) dx$. Do đó, $P(X' < x_\alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x_\alpha} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = \alpha$. (2.6)

Vấn đề là cho trước mức α tìm giá trị xác định x_α , do đó, dựa vào biểu thức (2.6) tính ngược lại để tìm α . Theo phụ lục về bảng tính hàm $F(x)$ ở biểu thức (2.5) tra bảng, cho $F(x_\alpha) = \alpha$ suy ra x_α .



Hình 2.5-Phân vị của phân bố chuẩn

Phân vị chuẩn có tính chất sau: $x_\alpha = x_{1-\alpha}$. Theo ý nghĩa về an toàn thì xác suất an toàn là sau (hay trước) phân vị.

2.2.3. Khái niệm về mô men của đại lượng ngẫu nhiên

Xét đại lượng ngẫu nhiên X , có hàm mật độ $f(x)$ trường hợp X là đại lượng ngẫu nhiên liên tục thì mô men bậc S của X là [15], [17]:

$$\alpha_s[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} x^s f(x) dx \quad (2.26)$$

Rõ ràng mô men bậc 0 ($s = 0$) thì (2.26) trở thành $\alpha_0[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx$ là kỳ vọng toán (giá trị trung bình).

Trường hợp X nhận giá trị rời rạc thì [15], [17]:

$$\alpha_s[X] = \sum_{i=1}^n x_i^s p_i \quad (2.27)$$

Trong đó p_i là tần suất xuất hiện x_i .

$$\text{Xét biến mới } \overset{0}{X} = X - m_x \quad (2.28)$$

trong đó m_x là kỳ vọng của X .

$\overset{0}{X}$ gọi là đại lượng ngẫu nhiên trung tâm.

kỳ vọng toán của $\overset{0}{X}$ là $M[\overset{0}{X}] = 0$

Mô men trung tâm bậc S của đại lượng ngẫu nhiên X là:

$$\mu_s[x] = M\left[\overset{0}{X}^s\right] = M\left[(X - m_x)^s\right] \quad (2.29)$$

$$\text{Vì vậy: } \mu_s = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^s p_i \quad (2.30)$$

$$\text{hay: } \mu_s = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_x)^s f(x)dx \quad (2.31)$$

Cho $S = 1, 2, 3, 4, \dots$ có các mô men bậc khác nhau.

Vì vậy đối với một đại lượng ngẫu nhiên bất kỳ có các mô men trung tâm sau:

$$\mu_1 = 0$$

$$\mu_2 = \alpha_2 - m_x^2$$

$$\mu_3 = \alpha_3 - 3m_x\alpha_2 + 2m_x^3$$

.....

2.3. Xác định quy luật phân phối của đại lượng ngẫu nhiên theo số liệu khảo sát

2.3.1. Hàm phân phối thống kê

Về toán học, các hàm mật độ hay hàm phân phối là những hàm toán học lý thuyết, trong thực tế các số liệu thu được lại là những kết quả không hoàn toàn tuân theo lý thuyết. Vì vậy có khái niệm "phân phối thống kê".

Xét đại lượng ngẫu nhiên X , quy luật phân phối của nó chưa biết trước một cách chính xác, cần tìm quy luật đó từ tập số liệu thực nghiệm. Muốn vậy trước

hết phải tiến hành một loạt thí nghiệm (hoặc quan sát) độc lập. Kết quả mỗi lần thí nghiệm là một giá trị xác định và thường được ghi trong một bảng. Từ chuỗi số liệu có các cách xử lý khác nhau, sau đây có thể xây dựng hàm phân phối thống kê.

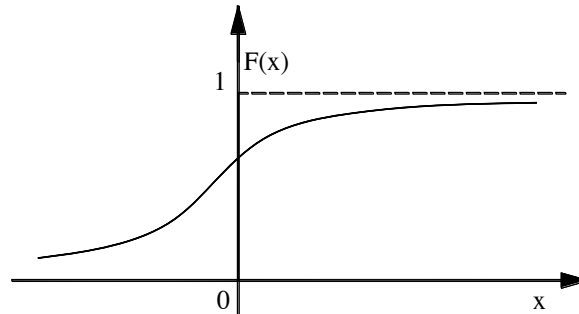
Hàm phân phối xác suất của đại lượng X liên tục là hàm:

$$F(x) = P_{rob}(X < x) \quad (2.7)$$

Trường hợp x chỉ các giá trị rời rạc theo số liệu thực nghiệm ghi trên được ký hiệu là:

$$F^*(x) = P^*(X < x) \quad (2.8)$$

Khi tăng số phép thử n , với x bất kỳ tần số biến cố $X < x$ hội tụ về xác suất của biến cố này (định lý Bernouli). Vì vậy khi tăng n hàm phân phối thống kê $F^*(x)$ dần về hàm phân phối $F(x)$ của đại lượng ngẫu nhiên X .



Hình 2.6-Hàm phân phối đại lượng ngẫu nhiên liên tục

2.3.2. Chuỗi thống kê - Biểu đồ tổ chức

Khi số lần quan sát lớn, để bớt khối lượng tính toán (ngày nay với các máy tính có khả năng cao thì khối lượng tính toán không phải vấn đề khó khăn), có thể tiến hành như sau: Chia dãy giá trị số liệu quan sát của đại lượng ngẫu nhiên X thành từng khoảng và tính số giá trị rơi vào khoảng đó. Chẳng hạn tại khoảng i số lần rơi vào là m_i , như vậy tần số tương ứng với khoảng i là:

$$P_i^* = \frac{m_i}{n}. \text{ Hiên nhiên } \sum_{i=1}^n P_i^* = 1$$

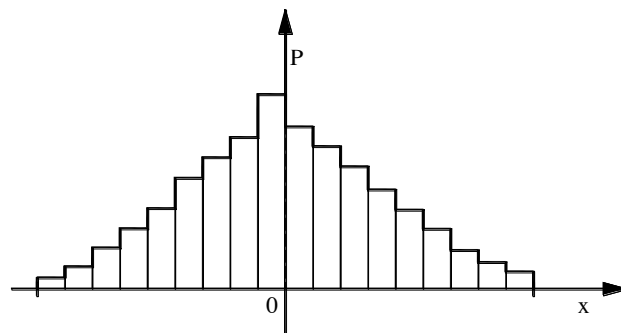
Lập chuỗi thống kê

I_i	$x_1 \div x_2$	$x_2 \div x_3$		$x_i \div x_{i+1}$		$x_k \div x_{k+1}$
p_i^*	p_1^*	p_2^*		p_i^*		p_1^*

Trong đó I_i là ký hiệu các khoảng, x_i, x_{i+1} là giới hạn các khoảng đó, P_i^* là tần số tương ứng, k là số khoảng.

Khi chia nhóm giá trị quan sát của đại lượng ngẫu nhiên theo từng khoảng thì cần tuân theo một nguyên tắc thống nhất là khoảng nào nhận giá trị ở đầu mút khoảng. Chẳng hạn, chia đôi cho hai mút liền nhau, hoặc giá trị tại mút trái (hay phải) thuộc về khoảng tương ứng.

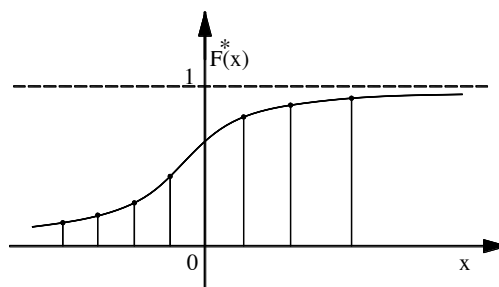
Số khoảng chia nhóm số liệu không thể quá lớn, song cũng không thể quá ít. Thực tế tính toán thường chọn từ 10 đến 20 khoảng. Ngày nay với các máy tính khả năng lớn thì có thể tăng số khoảng. Chiều dài các khoảng có thể bằng nhau hoặc khác nhau, song để đơn giản thường chọn bằng nhau. Biểu đồ tổ chức được biểu diễn như hình 2.7.



Hình 2.7-Biểu đồ tổ chức

Từ biểu đồ tổ chức, có thể xây dựng biểu đồ gần đúng của hàm phân phối cho một số điểm dựa vào công thức dạng:

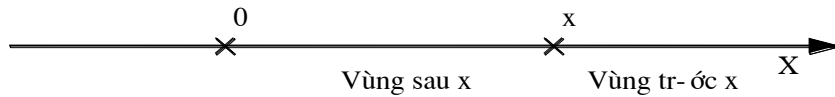
$$\left\{ \begin{array}{l} F^*(x_1) = 0 \\ F^*(x_2) = p_1^* \\ \dots\dots\dots \\ F^*(x_K) = \sum_{i=1}^{K-1} p_i^* \\ F^*(x_{K+1}) = \sum_{i=1}^K p_i^* = 1 \end{array} \right. \quad (2.9)$$



Hình 2.8-Hàm phân phối

2.4. Một số hàm phân phối xác suất thường gặp trong kỹ thuật

Theo lý thuyết xác suất và thống kê, nếu xét đại lượng ngẫu nhiên X thì hàm phân phối xác suất của X là: $F(x) = P(X < x)$. Tức là $F(x)$ bằng xác suất của các giá trị của đại lượng ngẫu nhiên X khi tiến hành các phép thử thì nó rơi vào sau giá trị x .



$$\text{Hàm mật độ: } f(x) = \frac{\partial F(x)}{\partial x}$$

Các hàm $F(x)$ và $f(x)$ trong trường hợp x nhận giá trị rời rạc thì không lấy được đạo hàm (hay tích phân) mà sử dụng công thức gần đúng. Nếu có $F(x)$ hay $f(x)$ thì tính được xác suất trong một khoảng bất kỳ. Trong thực hành, đã lập thành bảng nên có thể sử dụng dễ dàng.

Trong xây dựng công trình thường chỉ dùng một số hàm phân phối xác suất và hàm mật độ xác suất quen thuộc.

Sau đây trình bày một số hàm phân phối và hàm mật độ hay gặp trong tính toán độ tin cậy kết cấu xây dựng.

2.4.1. Phân phối chuẩn hay phân phối Gauss

Phân phối chuẩn là một trong những phân phối quan trọng nhất của các bài toán kỹ thuật.

Hàm mật độ của phân phối chuẩn là [15], [17]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right]; \quad -\infty < x < +\infty \quad (2.10)$$

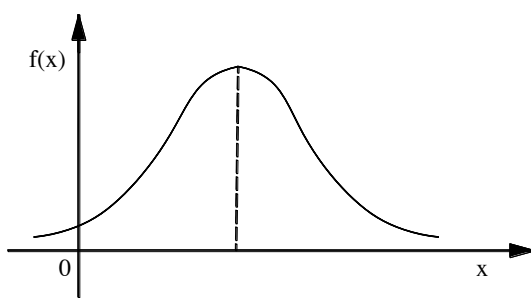
Trong đó giá trị kỳ vọng μ và độ lệch chuẩn σ là hai tham số của phân phối, các tham số này được xác định theo các số liệu thực nghiệm qua xử lý thống kê.

Hàm phân phối xác suất là [15], [17]:

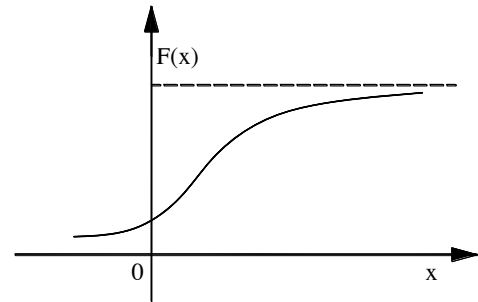
$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right] dx \quad (2.11)$$

Trong phân phối chuẩn $-\infty < x < +\infty$, nghĩa là x biến thiên trên toàn trục số. Do đó, khi có đại lượng chỉ nhận giá trị dương thì phải dùng phân phối khác.

Đồ thị của hàm mật độ và hàm phân phối thể hiện ở hình 2.9.



Hình 2.9 a) Hàm mật độ



b) Hàm phân phối

Phân phối chuẩn được dùng rộng rãi trong xây dựng đối với các đại lượng về tính chất vật liệu, kích thước hình học, thường viết tắt là $N(\mu, \sigma)$.

Trong ứng dụng có thể dùng một biến khác là H .

$$H = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (2.12)$$

Biến H được gọi là biến chuẩn đã được chuẩn hoá, H có kỳ vọng bằng không và độ lệch chuẩn bằng 1; ($\mu_H = 0$, $\sigma_H = 1$).

Từ đó, hàm mật độ được viết lại như sau:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp[-H^2] \quad (-\infty < H < +\infty) \quad (2.13)$$

và hàm phân phối [15],[17]:

$$F(x) = \int_{-\infty}^H \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}H^2\right] dH \quad (2.14)$$

Phân phối chuẩn hoá được ký hiệu là $N(0,1)$ và hàm phân phối được ký hiệu là $\Phi(H)$.

Hàm phân phối chuẩn hoá được dùng rộng rãi trong kỹ thuật nên đã lập thành bảng.

Vì tính chất đối xứng của hàm phân phối chuẩn hoá qua gốc tọa độ nên:

$$\Phi(-H) = 1 - \Phi(H) = p \quad (2.15)$$

Khi $p < 0,5$ ta có:

$$-H = \Phi^{-1}(p) = -\Phi^{-1}(1-p) \quad (2.16)$$

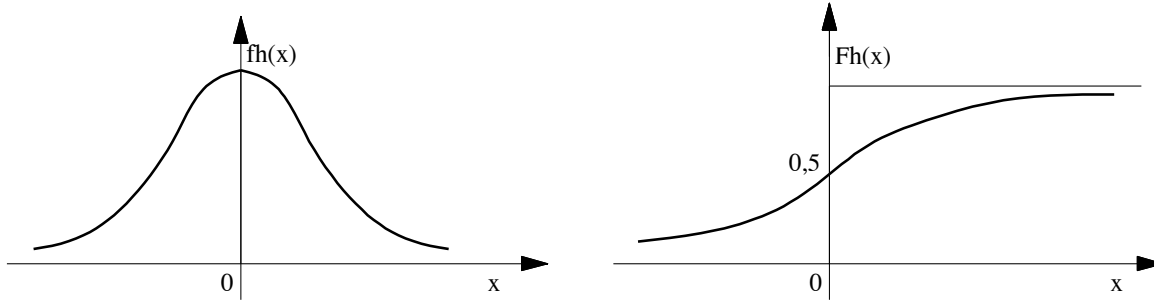
Thí dụ: Tìm $\Phi(-0,1)$

Từ bảng phụ lục 1 tìm được $\Phi(0,1) = 0,53983$

Từ phương trình (2.15) ta có: $\Phi(-0,1) = 1,0 - \Phi(0,1) = 0,46017$

Cũng từ phụ lục 1 có $\phi(0,0) = 0,5$

Điều đó có nghĩa rằng phân phối chuẩn hoá tại các giá trị âm của H có giá trị nhỏ hơn 0,5.



Hình 2.10-Hàm mật độ và hàm phân phối chuẩn hoá

Biến ngẫu nhiên X có $N(\mu_x, \sigma_x)$, thì xác suất của X rơi vào trong đoạn (a,b] là:

$$P(a < x \leq b) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_a^b \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \right)^2 \right] dx \quad (2.17)$$

Dùng phép biến đổi để đưa về biến chuẩn hoá H, ta có:

$$P(a < x \leq b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{a - \mu_x}{\sigma_x}}^{\frac{b - \mu_x}{\sigma_x}} \exp \left[-\frac{1}{2} H^2 \right] dH \text{ hay } P(a < x \leq b) = \Phi \left(\frac{b - \mu_x}{\sigma_x} \right) - \Phi \left(\frac{a - \mu_x}{\sigma_x} \right) \quad (2.18)$$

Từ (2.18) dùng bảng tra, dễ dàng tính được xác suất của đại lượng ngẫu nhiên chuẩn rơi trong đoạn (a,b].

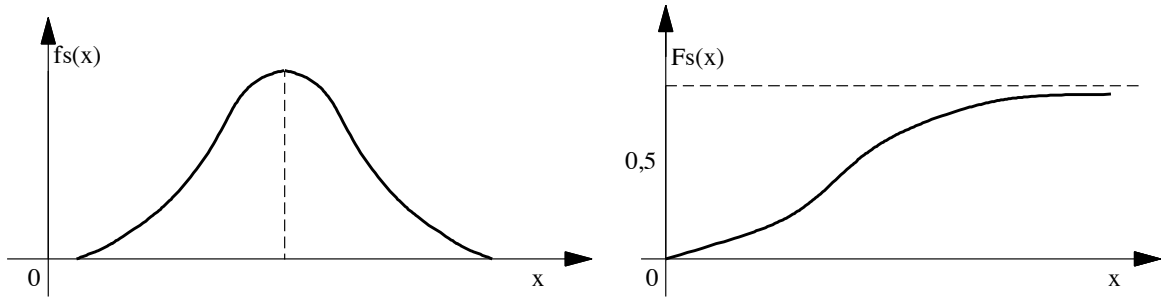
2.4.2. Phân phối Loga chuẩn

Trong nhiều bài toán kỹ thuật, do đặc điểm không có giá trị âm. Mô hình hoá các đại lượng đó có thể dùng biến ngẫu nhiên lôga chuẩn, biến này không nhận giá trị âm.

Hàm mật độ phân phối của biến lôga chuẩn X là [15],[17]:

$$f_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \xi_x(x)} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \lambda_x}{\xi_x} \right)^2 \right]; \quad 0 \leq x \leq \infty \quad (2.19)$$

Trong đó λ_x và ξ_x là hai tham số của phân phối lôga chuẩn



Hình 2.11-Hàm mật độ và hàm phân phối loga chuẩn

Đồ thị của hàm mật độ và hàm phân phối loga chuẩn cũng tương tự như hàm phân phối chuẩn, song có khác là chỉ xác định với $x > 0$. Hai tham số của phân phối loga chuẩn có thể tính từ hai tham số của phân phối chuẩn. Giả sử từ tập hợp số liệu có giá trị trung bình μ và độ lệch chuẩn σ ta có:

$$\lambda_x = E(\ln x) = \ln \mu_x - \frac{1}{2} \xi_x^2 \quad (2.20)$$

$$\text{và } \xi_x^2 = D(\ln X) = \ln \left[1 + \left(\frac{\sigma_x}{\mu_x} \right)^2 \right] = \ln(1 + \delta_x^2) \quad (2.21)$$

Để tính xác suất của đại lượng phân phối loga chuẩn cũng tương tự như với đại lượng có phân phối chuẩn, song cần chú ý rằng: $H = \frac{\ln X - \lambda_x}{\xi_x}$ (2.22)

Ta có:

$$P(a < X \leq b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\left(\frac{\ln a - \lambda_x}{\xi_x}\right)}^{\left(\frac{\ln b - \lambda_x}{\xi_x}\right)} \exp\left(-\frac{1}{2} H^2\right) ds = \Phi\left(\frac{\ln b - \lambda_x}{\xi_x}\right) - \Phi\left(\frac{\ln a - \lambda_x}{\xi_x}\right) \quad (2.23)$$

Từ (2.23) thấy rằng để tính xác suất rơi vào trong khoảng (a, b) nào đó thì cần dùng bảng hàm Φ .

2.5. Một số phương pháp tính độ tin cậy

2.5.1. Đặt vấn đề

Tính độ tin cậy là tính xác suất thoả mãn một số điều kiện nào đó. Chẳng hạn, yêu cầu thoả mãn điều kiện $R > S$, trong đó R là khả năng chịu lực, S là hiệu ứng tác động. Do R và S là các đại lượng ngẫu nhiên nên có thể nói $R > S$ ở mức độ nào, vì vậy phải tính xác suất:

$$P(R > S) \quad (2.24)$$

Từ điều kiện an toàn $R > S$, xét đại lượng $Z = R - S$, được gọi là lượng dự trữ an toàn hay khoảng an toàn.

Do đó điều kiện an toàn là $Z > 0$

Vậy để tính (2.24), đưa về tính $P(Z > 0)$ (2.25)

Thông thường điều kiện an toàn là điều kiện trạng thái giới hạn, nên khó có thể viết một cách tường minh $R > S$ mà chỉ có thể viết điều kiện sau đây:

$Z = F(X_1, X_2, \dots, X_n) > 0$ trong đó $X_1, X_2, \dots, X_n$ là các biến cơ bản của bài toán. Các biến X_i có thể là ngẫu nhiên, cũng có thể là tiên định. Nếu là biến ngẫu nhiên thì có 2 giá trị đặc trưng bằng số là: kỳ vọng toán (giá trị trung bình) và độ lệch chuẩn, nếu là tiên định thì phương sai bằng không.

2.5.2. Phương pháp momen cấp 2 bậc nhất (phương pháp độ tin cậy bậc nhất (FORM)) [67]

2.5.2.1. Khái niệm

- Bậc nhất là phương pháp đã dựa vào khai triển Taylor của hàm công năng $F(X_1, X_2, \dots, X_n)$ tại giá trị trung bình của các biến, lấy gần đúng bằng cách bỏ các thành phần bậc cao, chỉ giữ lại số hạng bậc không và bậc nhất.

- Mômen cấp 2 là trong phương pháp này dùng 2 giá trị kỳ vọng và phương sai, nghĩa là dùng 2 giá trị mômen đầu tiên của biến ngẫu nhiên.

2.5.2.2. Nội dung phương pháp

Xét trường hợp 2 biến ngẫu nhiên chuẩn và độc lập thống kê R và S

Hàm công năng $Z = R - S$

Điều kiện an toàn $R > S$

Chỉ số độ tin cậy β là tỷ số:

$$\beta = \frac{\mu_Z}{\sigma_Z} = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\mu_R^2 + \mu_S^2}} \quad (2.32)$$

Khi có giá trị β , theo bảng số hàm phân bố đã được chuẩn hoá Φ để tìm ra P_f .

$$P_f = \Phi(-\beta) = 1 - \Phi(\beta) \quad (2.33)$$

Trường hợp các biến R và S là các biến loga chuẩn thì:

$$P_f = 1 - \Phi\left(\frac{\lambda_R - \lambda_S}{\sqrt{\zeta_R^2 + \zeta_S^2}}\right) \quad (2.34)$$

Như vậy để tính β cần tính μ_Z (kỳ vọng hay giá trị trung bình) và độ lệch chuẩn $\sigma_Z = \sqrt{D}$ của hàm công năng Z .

Công thức (2.49) là công thức tính giá trị β cho trường hợp Z là hàm có 2 biến $Z = R - S$.

Trường hợp Z là hàm của nhiều biến ngẫu nhiên $X_1, X_2, \dots, X_n$ thì việc tính μ_Z và σ_Z không đơn giản.

Xét 2 trường hợp:

a) Trường hợp $Z = Z(X_1, X_2, \dots, X_n)$ là hàm tuyến tính của các biến X_i

$$Z = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n = \sum_{i=1}^n a_iX_i + a_0 \quad (2.35)$$

Trong đó các a_i là hằng số, các X_i là các đại lượng ngẫu nhiên có phân phối chuẩn và độc lập (hệ số tương quan bằng không) μ_Z và σ_Z được tính như sau:

$$\mu_Z = a_0 + a_1\mu_{X_1} + a_2\mu_{X_2} + \dots + a_n\mu_{X_n} \quad (2.36)$$

Trong đó μ_{X_i} là kỳ vọng (giá trị trung bình của X_i)

$$\sigma_Z = \sqrt{(a_1\sigma_{X_1})^2 + (a_2\sigma_{X_2})^2 + \dots + (a_n\sigma_{X_n})^2} \quad (2.37)$$

vì a_0 là hằng số có phương sai bằng không.

b) Trường hợp $Z = Z(X_1, X_2, \dots, X_n) = g(X_1, X_2, \dots, X_n)$ là hàm phi tuyến

Hiện nay chưa có công thức tường minh để tính kỳ vọng và phương sai của hàm phi tuyến. Do đó chúng được tính gần đúng như sau:

Khai triển theo chuỗi Taylor hàm công năng $g(x)$ quanh giá trị trung bình

$$\begin{aligned} Z &= g(\mu_{\bar{x}}) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial g}{\partial X_i} \Big|_{\mu_{\bar{x}}} (X_i - \mu_{X_i}) + \\ &+ \frac{1}{2} \sum \sum \frac{\partial^2 g}{\partial X_i \partial X_j} \Big|_{\mu_{\bar{x}}} (X_i - \mu_{X_i})(X_j - \mu_{X_j}) + \dots \end{aligned} \quad (2.38)$$

Trong đó các đạo hàm $\frac{\partial^2 g}{\partial X_i \partial X_j} \Big|_{\mu_{\bar{x}}}$ là giá trị các đạo hàm tại giá trị trung bình

$\mu_{\bar{x}}$. Lấy gần đúng bằng cách bỏ các số hạng bậc 2 trở lên, chỉ giữ lại số hạng bậc "0" và bậc nhất ta có:

$$Z \approx g(\mu_{\bar{x}}) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial g}{\partial X_i} \Big|_{\mu_{X_i}} (X_i - \mu_{X_i}) \quad (2.39)$$

(2.39) là hàm bậc nhất của các biến ngẫu nhiên X_i , khi thay vào (2.39) giá trị kỳ vọng của các biến X_i ta có giá trị kỳ vọng của Z .

$$\mu_z \approx g(\mu_{x_1}, \mu_{x_2}, \dots, \mu_{x_n}) \quad (2.40)$$

$$\text{và phương sai: } \sigma_z^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial g}{\partial X_i} \frac{\partial g}{\partial X_j} \Big|_{\mu_x} \text{cov}(X_i, X_j) \quad (2.41)$$

Trong đó $\text{cov}(X_i, X_j)$ là hiệp phương sai của X_i và X_j

Nếu các biến là không tương quan thì:

$$\sigma_z^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial X_i} \right)^2 \text{var}(X_i) \quad (2.42)$$

Các công thức (2.40), (2.41) và (2.42) cho giá trị kỳ vọng và phương sai của Z . Từ đó ta có chỉ số độ tin cậy β là:

$$\beta = \frac{\mu_z}{\sigma_z} \quad (2.43)$$

2.5.2.3. Mở rộng phương pháp FORM vào tính toán độ tin cậy của công trình

Để tính độ tin cậy theo FORM cần phải tính μ_z và σ_z và thực hiện theo các bước sau đây:

a) Lập hàm công năng Z và điều kiện an toàn $Z_i \geq 0$; ($i = 1, 2, \dots, m$)

hay $Z_i(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq 0$; ($i = \overline{1, m}$).

Nếu $m = 1$, nghĩa là chỉ một điều kiện bất đẳng thức thì độ tin cậy là $P(Z \geq 0)$, thực hiện FORM theo cách trình bày ở trên.

Nếu $m > 1$, về nguyên tắc không thực hiện được FORM.

Trong tính toán công trình điều kiện an toàn (điều kiện trạng thái giới hạn) không phải chỉ có một mà là một tập hợp bất đẳng thức.

Để khắc phục khó khăn trên, khi tất cả các điều kiện an toàn đều được biểu diễn dưới dạng $Z_i \geq 0$; ($i = \overline{1, m}$) thì có thể tính riêng các $P_i = P(Z'_i \geq 0)$; ($i = \overline{1, m}$).

Z'_i được ký hiệu là $Z'_i = Z(X'_1, X'_2, \dots, X'_n)$

trong đó: $X'_i = \frac{X_i - \mu_{x_i}}{\sigma_{x_i}}$; ($i = \overline{1, m}$)

$$P_s = \min P_i$$

Do đó tính P_S đưa về tính xác suất thoả mãn từng bất đẳng thức trong không gian tọa độ đã được chuẩn hoá.

Khi tính $P_i = P(Z'_i \geq 0)$ vẫn dùng được FORM. Như vậy vấn đề nhiều bất đẳng thức đã được giải quyết.

b) Tính μ_z

μ_z là kỳ vọng của Z' , thừa nhận gần đúng (công thức 2.40)

$\mu_z \approx Z'(\mu_{x_1}, \mu_{x_2}, \dots, \mu_{x_n})$ nghĩa là thay các ẩn của hàm bởi kỳ vọng của nó, ta có kỳ vọng của hàm.

Thông thường trong xây dựng thì kỳ vọng chính là giá trị tính toán tiền định, khi đó coi phương sai bằng không. Do đó, tính tiền định được nội lực của kết cấu, đó chính là kỳ vọng của nội lực.

c) Tính σ_z (công thức 2.41 hay 2.42)

Trong các công thức (2.41) hay (2.42) khó khăn nhất là xác định các đạo hàm $\frac{\partial Z}{\partial X_i}; (i = 1 \dots n)$

Khi tính toán với kết cấu (hệ nhiều yếu tố) thì hàm công năng được thành lập tại các điểm nguy hiểm, điểm có μ_z bé, có khả năng σ_z lớn (mỗi nối, chỗ thay đổi đột ngột kích thước và tải trọng).

Z phụ thuộc vào tất cả các tham số của hệ và tải trọng, do đó nói chung không có biểu thức $Z = Z(X_1, X_2, \dots, X_n)$

Vì vậy, ta phải thay gần đúng

$$\frac{\partial Z}{\partial X_i} \approx \frac{\Delta Z}{\Delta X_i} = \frac{Z(X_1, X_2, \dots, X_i + \Delta X_i, X_{i+1}) - Z(\vec{X})}{\Delta X_i}$$

$Z(X_i)$ được xác định do lần tính đầu tiên, còn $Z(X_1, X_2, \dots, X_i + \Delta X_i, X_{i+1} \dots X_n)$ tính lại với X_i thay bởi $(X_i + \Delta X_i)$.

Như vậy với phương pháp FORM thì khi đủ số liệu (kỳ vọng, phương sai) bất kỳ kết cấu nào ta tính được bằng phương pháp tiền định (phương pháp hiện hành - tính với kỳ vọng) đều có thể tính được độ tin cậy.

2.5.3. Phương pháp Hasofer - Lind trong trường hợp $Z = R - S$ [33]

Phương pháp Hasofer - Lind áp dụng cho các biến chuẩn. Trước hết thực hiện phép biến đổi.

$$X'_i = \frac{X_i - \mu_{X_i}}{\sigma_{X_i}} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.44)$$

Trong đó X'_i là biến ngẫu nhiên với giá trị trung bình bằng “0” và độ lệch chuẩn bằng đơn vị.

Phương trình (2.44) là phép biến đổi từ ẩn X_i về X'_i . do đó nó sẽ chuyển mặt giới hạn trong hệ tọa độ ban đầu $Z(\vec{X})=0$ trong hệ tọa độ $X_1, X_2, \dots, X_n$ về hệ tọa độ $X'_1, X'_2, \dots, X'_n$, nghĩa là $Z(\vec{X})=0 \Rightarrow Z(\vec{X}')=0$. Chú ý rằng các biến X_i là chuẩn thì X'_i là biến chuẩn hoá.

2.5.4. Phương pháp mô phỏng Monte Carlo [23]

Phương pháp Monte Carlo thực chất là một phương pháp dùng các số giả ngẫu nhiên để mô phỏng tính chất ngẫu nhiên của các biến và trực tiếp ước lượng độ tin cậy trên cơ sở luật số lớn. Xác suất an toàn có thể được xác định khi tính được xác suất sự cố.

Xét hàm công năng $Z = Z(X_1, X_2, \dots, X_n) = f(\mathbf{X})$

trong đó véc tơ $\mathbf{X} = [X_1, X_2, \dots, X_n]$ là véc tơ ngẫu nhiên đầu vào.

Miền an toàn được định nghĩa bởi điều kiện $f(\mathbf{X}) > 0$. Xác suất không an toàn của hệ sẽ được xác định như sau.

$$P_f = \int I_{f(\mathbf{X}) < 0} f_{\mathbf{X}}(\mathbf{x}) d\mathbf{x} = E[I_{f(\mathbf{X}) < 0}] \quad (2.45)$$

trong đó:

$$I_{f(\mathbf{X}) < 0} = \begin{cases} 1 & \text{khi } f(\mathbf{X}) < 0 \\ 0 & \text{khi } f(\mathbf{X}) \geq 0 \end{cases} \quad (2.46)$$

Theo lý thuyết xác suất thông kê, nếu chúng ta có N các thể hiện của véc tơ ngẫu nhiên $\mathbf{X}$, chúng ta sẽ tính được một mẫu gồm N các giá trị của hàm $I_{f(\mathbf{X}) < 0}$.

Khi đó kỳ vọng của $I_{f(\mathbf{X}) < 0}$ có thể tính xấp xỉ trung bình cộng của mẫu.

$$\hat{P}_f = E[I_{f(\mathbf{X}) < 0}] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_{f(\mathbf{X}) < 0}^i \quad (2.47)$$

Độ tin cậy của hệ được tính theo biểu thức.

$$\hat{P}_s = 1 - \hat{P}_f \quad (2.48)$$

Chúng ta nhận thấy rằng, trong phương pháp này các biến ngẫu nhiên đầu vào không nhất thiết phải là các biến chuẩn. Hơn nữa, phương pháp này có thể áp dụng được ngay cả khi hàm trạng thái không có dạng biểu thức giải tích cũng như không có dạng tuyến tính. Độ tin cậy hay xác suất rơi vào miền an toàn sẽ được ước lượng bằng tỷ số giữa số lần kết quả rơi vào miền an toàn N_s trên tổng số lần gieo N theo biểu thức (2.49). Điều kiện hội tụ chứng tỏ độ tin cậy của giá trị xác suất ước lượng được.

$$\hat{P}_s = \frac{N_s}{N} \quad (2.49)$$

2.5.5. Lựa chọn phương pháp tính toán độ tin cậy trong nghiên cứu

Các công trình nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm [3], [43], [67] đã chỉ ra rằng các đại lượng về tính chất cơ lý của vật liệu, tải trọng, kích thước hình học đều mang tính chất của đại lượng ngẫu nhiên và có luật phân bố chuẩn. Hơn nữa trong tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu theo khả năng chịu lực, hàm công năng đều được thiết lập bằng các công thức giải tích. Đây là những điều kiện để việc áp dụng phương pháp FORM đảm bảo độ tin cậy. Kết hợp với ưu điểm lớn nhất của phương pháp FORM là tính toán đơn giản, có thể thiết lập chương trình tính toán trên các phần mềm thông dụng như excel. Vì vậy NCS lựa chọn phương pháp FORM để tính toán ĐTC trong nghiên cứu.

Trong tiêu chuẩn [34] về các nguyên tắc tính công trình theo độ tin cậy cho phép tính theo FORM.

2.6. Lượng hóa độ tin cậy trong đánh giá độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu xây dựng

Tính toán kết cấu xây dựng có xét đến tính biến động của vật liệu, tải trọng và tác động cũng như điều kiện làm việc thực tế của kết cấu nên hầu hết tiêu chuẩn các nước đều đưa vào tính toán các hệ số tin cậy. Trong nhiều trường hợp còn kể đến hệ số tầm quan trọng của công trình.

Thực tế cho thấy, dù được tính toán đầy đủ nhưng trong quá trình khai thác, sử dụng vẫn xảy ra hư hỏng, thậm chí xảy ra sự cố nghiêm trọng do các nguyên nhân khác nhau. Theo kết quả nghiên cứu về hư hỏng và sự cố công trình xây dựng có thể phân ra các nguyên nhân sau:

- Nguyên nhân do khảo sát, thiết kế: Sai sót trong công tác khảo sát địa chất, thủy văn; mô hình tính kết cấu không phù hợp với sự làm việc thực tế; giải pháp kết cấu, cấu tạo không hợp lý; sai sót trong tính toán.

- Nguyên nhân thi công: Thi công không tuân thủ theo yêu cầu thiết kế; chất lượng vật liệu không bảo đảm; công nghệ thi công không phù hợp; tay nghề công nhân thấp; không tuân thủ các quy định của tiêu chuẩn và yêu cầu kỹ thuật.

- Nguyên nhân do khai thác sử dụng: Tải trọng và tác động thực tế vượt quá tải trong tính toán; công tác bảo trì không tốt để xảy ra thấm dột, ăn mòn; v.v...Hư hỏng tích lũy theo thời gian làm cho cấu kiện, kết cấu đạt tới trạng thái giới hạn.

Nếu gọi N_0 là số cấu kiện cùng loại được thử nghiệm để xác định một đặc trưng nào đấy (cường độ, độ võng...), trong đó N_1 cấu kiện đáp ứng yêu cầu của tiêu chuẩn, N_2 cấu kiện không đáp ứng, thì độ tin cậy của các cấu kiện trong quá trình thử nghiệm ở bất cứ thời điểm t sẽ là:

$$R(t) = \frac{N_1}{N_0} = \frac{N_1}{N_1 + N_2} \quad (2.50)$$

Tương ứng xác suất từ chối sẽ là:

$$Q(t) = \frac{N_2}{N_0} = \frac{N_2}{N_1 + N_2} \quad (2.51)$$

Như vậy ở bất cứ thời điểm nào ta cũng có: $R + Q = 1$

Xác suất tin cậy ban đầu của cấu kiện, kết cấu là: $P_r \geq [P_r]$, nghĩa là xác suất tin cậy thực tế ban đầu P_r phải bằng hoặc lớn hơn xác suất tin cậy cho phép $[P_r]$.

Xác suất tin cậy thực tế có thể lấy bằng xác suất tin cậy cho phép, được xác định bằng thực nghiệm trên cơ sở đánh giá thống kê sự biến động đặc trưng xác suất tin cậy ban đầu của cấu kiện, kết cấu cùng loại trong điều kiện lý tưởng. Điều kiện lý tưởng được hiểu là kết cấu làm việc theo đúng mô hình tính toán.

Tương tự, có thể đánh giá xác suất xuất hiện hư hỏng. Trong trường hợp này điều kiện bền lâu là: $H_b \geq [H_b]$, trong đó: H_b - độ bền lâu của cấu kiện, kết cấu; $[H_b]$ - độ bền lâu cho phép được xác định bằng thực nghiệm dựa vào đánh giá thống kê biến động đặc trưng độ bền lâu so với điều kiện lý tưởng (vật liệu không thay đổi cấu trúc, không bị tác động của môi trường).

Độ tin cậy của kết cấu xây dựng không bao giờ đạt 100%, vì trong thực tế không có gì là tuyệt đối, nó phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố ngẫu nhiên.

Khi tính toán kết cấu xây dựng theo trạng thái giới hạn, sự biến động của các đặc trưng tính toán được nhân với các hệ số tin cậy thành phần. Mức độ đồng nhất của vật liệu được nhân với hệ số tin cậy vật liệu, giá trị của hệ số này được xác định bằng phương pháp thống kê toán học, trên cơ sở thí nghiệm hàng loạt mẫu cùng loại. Kết quả chỉ ra rằng sự biến động của hệ số đồng nhất tuân theo luật phân bố chuẩn. Sự sai lệch kích thước hình học của các cấu kiện so với giá trị kỳ vọng, khối lượng vật liệu cũng tuân theo luật phân bố chuẩn [44], [67].

Tiêu chuẩn xây dựng của các nước khi tính toán tải trọng và tác động cũng được nhân với hệ số tin cậy. Nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy sự biến động của tải trọng cũng theo luật phân bố chuẩn. Có thể quan niệm một cách gần đúng rằng quan hệ giữa các yếu tố ảnh hưởng đến độ tin cậy ban đầu của cấu kiện, kết cấu là quan hệ tuyến tính. Như vậy, từ định lý phân phối thành phần Gauss rút ra kết luận: Có thể đánh giá độ tin cậy ban đầu của cấu kiện, kết cấu dựa trên cơ sở luật phân bố chuẩn.

Như đã nói ở trên, đa số các đặc trưng cơ lý của vật liệu, sự chênh lệch kích thước hình học, sự biến động của tải trọng thông thường v.v... đều có luật phân bố chuẩn. Để xác định được độ tin cậy của cấu kiện hay kết cấu thì phải đánh giá được sự ảnh hưởng của các tham số mang tính ngẫu nhiên thông qua việc xác định kỳ vọng và độ lệch chuẩn của chúng.

Theo [44] để đánh giá được độ lệch chuẩn tổng cộng $S_{(\sigma-\Delta\sigma_{gh})}$ của ứng suất thực trong cấu kiện hoặc kết cấu ta cần xác định được độ lệch chuẩn của các tham số thành phần (các biến thiết kế).

Trong trường hợp này có thể có các độ lệch chuẩn sau:

S_m - Độ lệch chuẩn các đặc trưng cơ - lý của vật liệu;

S_l - Độ lệch chuẩn của tải trọng và tác động;

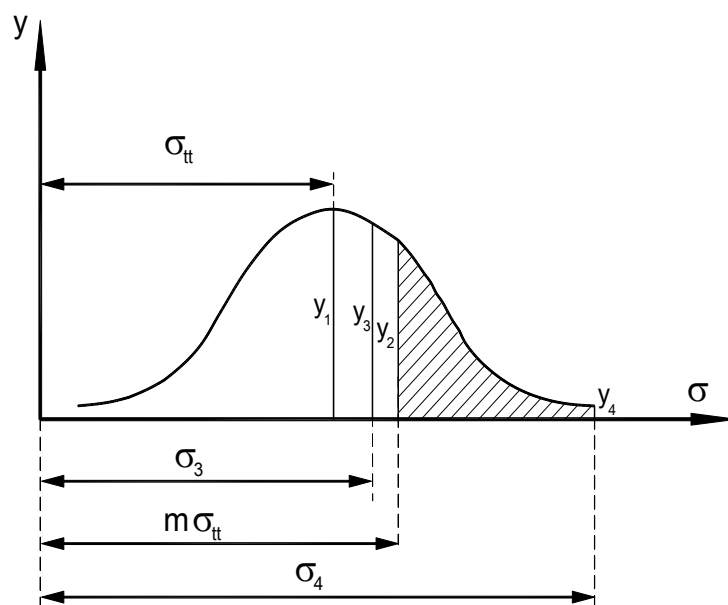
S_g - Độ lệch chuẩn của độ lệch tâm, kích thước hình học;

S_d - Độ lệch chuẩn do thiết kế chưa xét đến dung sai trong thi công.

Cũng thấy rằng giá trị bằng số của những đại lượng này có thể xác định được bằng phương pháp thống kê trên cơ sở số liệu thực nghiệm. Trong trường hợp các tham số có phân bố chuẩn, không tương quan và có sai lệch bé thì độ lệch chuẩn tổng hợp sẽ là:

$$S_{(\sigma-\Delta\sigma_{gh})} = \sqrt{S_m^2 + S_l^2 + S_g^2 + S_d^2} \quad (2.52)$$

Từ biểu thức (2.52) nhận thấy rằng về phải bao gồm độ lệch chuẩn của các tham số cơ bản ảnh hưởng đến độ bền của cầu kiện hoặc kết cấu. Trong những trường hợp cụ thể thì biểu thức (2.52) có thể thêm hoặc bớt một số thành phần. Trong thiết kế kết cấu xây dựng, ta sử dụng hệ số an toàn vào công thức tính toán và đã được thể hiện trong biểu thức (2.52), $(\sigma - \Delta\sigma_{gh}) \leq m\sigma_{tt}$.



Hình 2.12-Đường cong phân bố chuẩn của ứng suất

Hình 2.12 thể hiện đường cong mật độ phân bố chuẩn của ứng suất thực trong cầu kiện hoặc kết cấu.

Ở đây ứng suất tính toán σ_{tt} được lấy theo trục hoành tương ứng với đỉnh đường cong phân bố chuẩn và bằng giá trị kỳ vọng của phân bố ứng suất thực tế của cầu kiện hoặc kết cấu.

σ_3 và σ_4 - Các giá trị ứng suất trong cầu kiện (kết cấu);

y - Tần số phân bố ứng suất;

m - Hệ số an toàn (hệ số dự trữ).

Từ đây thấy rõ rằng cầu kiện hoặc kết cấu sẽ an toàn nếu ứng suất trong nó không vượt quá ứng suất tính toán có nhân với hệ số an toàn, có nghĩa là trong trường hợp $\sigma < m\sigma_{tt}$. Nếu $\sigma > m\sigma_{tt}$ thì cầu kiện hoặc kết cấu có thể xảy ra sự cố.

Xác suất xuất hiện sự cố có thể đánh giá bằng diện tích được giới hạn bởi đường cong mật độ phân bố chuẩn và tung độ y_2 (phần hình được gạch).

Do các đại lượng này có phân bố chuẩn vì vậy để tính xác suất ta sử dụng hàm Laplace [17,23]

$$\text{Xác suất để cho: } \sigma - \Delta\sigma_{gh} > m\sigma_{tt} \text{ sẽ là: } P(\sigma - \Delta\sigma_{gh} > m\sigma_{tt}) \quad (2.53)$$

Ta chứng minh rằng:

$$P(\sigma \pm \Delta\sigma_{gh} > m\sigma_{tt}) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \Phi \left[\frac{(m-1)\sigma_{tt}}{S_{(\sigma \pm \Delta\sigma_{gh})}} \right] \quad (2.54)$$

Ở đây: $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ (giá trị của hàm theo biến x đã được lập sẵn thành bảng).

Thật vậy, $m\sigma_{tt}$ là đại lượng tiền định $\sigma \pm \Delta\sigma_{gh}$ là đại lượng ngẫu nhiên. Theo giả thiết trong xây dựng thì đại lượng ngẫu nhiên này có phân phối chuẩn [15], [32], [82]. Theo công thức xác suất [31], [81], [82] ta có:

$$P[X \geq b] = \frac{1}{2} \left[\Phi \infty - \Phi \left(\frac{b-a}{S} \right) \right] = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\frac{b-a}{S} \right) \right]$$

Trong đó: a là kỳ vọng, S là độ lệch chuẩn. ở đây $X = \sigma \pm \Delta\sigma_{gh}$, $b = m\sigma_{tt}$, $a = \sigma_{tt}$ và $S = S_{(\sigma \pm \Delta\sigma_{gh})}$. Từ đó ta có:

$$P(\sigma \pm \Delta\sigma_{gh} \geq m\sigma_{tt}) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \Phi \left(\frac{m\sigma_{tt} - \sigma_{tt}}{S} \right) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \Phi \left[\frac{m-1}{S} \sigma_{tt} \right]$$

Xác suất an toàn với hệ số $m > 1$ là:

$$P(\sigma \pm \Delta\sigma_{gh} < m\sigma_{tt}) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \Phi \left[\frac{m-1}{S} \sigma_{tt} \right] \quad (2.55)$$

Như vậy sử dụng công thức (2.55) có thể xác định được xác suất mà ứng suất ở trong cấu kiện hoặc kết cấu vượt giá trị ứng suất cho phép. Đây là cơ sở giúp ta lựa chọn hệ số an toàn và thông qua nó quyết định chấp nhận tỷ lệ rủi ro có thể xảy ra. Trong thiết kế tùy thuộc vào tính chất và yêu cầu kinh tế - kỹ thuật của công trình mà quyết định lựa chọn hệ số này.

Từ những vấn đề đã nêu trên ta thấy rõ rằng để tính được độ tin cậy của cấu kiện cần phải xác định được kỳ vọng và phương sai của các tham số. Trên cơ sở độ tin cậy của các cấu kiện ta có thể đánh giá độ tin cậy của kết cấu.

Trong trường hợp tổng quát, ta biết rằng nội lực là một hàm của nhiều biến số mà các biến này đặc trưng cho tính chất cơ lý của vật liệu, kích thước hình học, tải trọng và tác động, vv..., có thể biểu diễn dưới dạng hàm:

$$F = Z(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (2.56)$$

Trong đó $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ là các đại lượng thay đổi tương ứng với các yếu tố được xét đến.

Do sự biến động của các yếu tố này không lớn nên ta có thể tuyến tính hoá mối quan hệ (2.56) quanh giá trị kỳ vọng và viết nó dưới dạng:

$$F_{(x-\Delta x)} - F_x = \Delta F = \frac{\partial Z}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial Z}{\partial x_2} \Delta x_2 + \frac{\partial Z}{\partial x_3} \Delta x_3 + \dots + \frac{\partial Z}{\partial x_n} \Delta x_n \quad (2.57)$$

Ở đây $\Delta F, \Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \dots, \Delta x_n$ là sai lệch của các đại lượng so với giá trị kỳ vọng của chúng, đây là các đại lượng ngẫu nhiên. Khi bỏ qua các số hạng bậc lớn hơn một (số hạng bậc cao) thì (2.56) là hàm tuyến tính của Δx_i .

Vì đại lượng được xác định là hàm tuyến tính của các biến số độc lập có phân phối chuẩn nên độ lệch chuẩn của nó được tính theo công thức sau:

$$F_{\Delta T} = \sqrt{\left(\frac{\partial Z}{\partial x_1}\right)^2 S_{\Delta x_1}^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial x_2}\right)^2 S_{\Delta x_2}^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial x_3}\right)^2 S_{\Delta x_3}^2 + \dots + \left(\frac{\partial Z}{\partial x_n}\right)^2 S_{\Delta x_n}^2} \quad (2.58)$$

Từ biểu thức (2.57) và (2.58) cho thấy độ lệch chuẩn của các tham số sẽ được xác định, ví dụ x_1 là đại lượng đặc trưng cho tính chất cơ lý của vật liệu thì $S_m = \left|\frac{\partial Z}{\partial x_1}\right| S_{\Delta x_1}$. Tương tự như vậy đối với các tham số khác $x_2, x_3, \dots, x_n$.

Bằng phương pháp này, giá trị tuyệt đối của đại lượng được đạo hàm có thể xem như là hệ số ảnh hưởng sự thay đổi tham số đến sự thay đổi của nội lực. Các giá trị này có thể xác định bằng phương pháp giải tích nếu biết mối quan hệ giữa nội lực F với các tham số liên quan ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) dưới dạng hàm số. Trường hợp không biết rõ (theo quy luật hàm số) mối liên hệ thì hệ số ảnh hưởng có thể xác định bằng phương pháp gần đúng. Để thực hiện mục tiêu này cần cho thông số phải tìm một giá số Δx so với giá trị kỳ vọng, còn các đại lượng khác thì vẫn giữ nguyên giá trị và sẽ xác định được độ lệch chuẩn của nội lực. Với giá trị gần đúng ta có thể viết:

$$\left|\frac{\partial Z}{\partial x}\right| \approx \left|\frac{\Delta Z}{\Delta x}\right| \quad (2.59)$$

2.7. Kết luận chương 2

Trong chương 2 của luận án, sau khi trình bày một số khái niệm cơ bản của lý thuyết xác suất thống kê và một số phương pháp tính ĐTC, nghiên cứu sinh phân tích làm rõ và lựa chọn phương pháp FORM để tính toán ĐTC trong các nghiên cứu của luận án.

Trong chương 2 cũng trình bày các giả thiết đã được chấp nhận để áp dụng tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu BTCT đó là các tham số là các đại lượng ngẫu nhiên, độc lập và tuân theo luật phân bố chuẩn. Từ đó lượng hóa cách tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu xây dựng. Đây là cơ sở để tính toán chi tiết ĐTC của cấu kiện, kết cấu trong chương 3.

CHƯƠNG 3. CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN XÁC ĐỊNH TUỔI THỌ CÒN LẠI CỦA CÔNG TRÌNH CÓ XÉT ĐẾN KHUYẾT TẬT, HƯ HỎNG

3.1. Đặt vấn đề

Trong cơ học công trình nói chung và cơ học kết cấu xây dựng nói riêng có 2 loại bài toán chính, đó là:

Bài toán thiết kế công trình và bài toán chẩn đoán kỹ thuật công trình (trong đó bao gồm bài toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình).

Hai bài toán này liên quan chặt chẽ với nhau, song cách thành lập và phương pháp giải quyết là khác nhau.

3.1.1. Bài toán thiết kế

Bài toán thiết kế kết cấu dựa trên cơ sở thiết kế kiến trúc, điều kiện địa chất công trình và nhu cầu sử dụng để lựa chọn hệ kết cấu chịu lực và các vật liệu chịu lực chính. Các bước tiếp theo là:

- Lựa chọn sơ bộ các tham số cho các cấu kiện và bộ phận chính của hệ kết cấu;
- Xác định tải trọng và tác động lên hệ kết cấu;
- Tính toán nội lực và tính toán lựa chọn cốt thép;
- Kiểm tra đáp ứng của hệ kết cấu theo các trạng thái giới hạn, các yêu cầu của tiêu chuẩn và của chủ đầu tư;

Nếu thỏa mãn thì chấp nhận, nếu không thỏa mãn thì lặp lại các bước trên.

3.1.2. Bài toán chẩn đoán kỹ thuật (bài toán đánh giá các công trình hiện hữu)

Đối với công trình đã được xây dựng (đã, đang và sẽ sử dụng), căn cứ theo tiêu chuẩn an toàn để xác định:

- Mức an toàn (xác suất tin cậy) hiện tại (lúc kiểm tra);
- Quy luật suy giảm khả năng chịu lực của công trình;
- Thời gian khai thác an toàn còn lại của công trình.

Ba vấn đề trên có liên quan chặt chẽ với nhau, song đều là những bài toán chẩn đoán kỹ thuật và khó thực hiện hơn bài toán thiết kế vì phải giải quyết các vấn đề sau:

- Đánh giá hiện trạng của công trình đã đưa vào khai thác, cần phải khảo sát, thu thập số liệu, xử lý số liệu, đánh giá hiện trạng và đưa ra kết luận như chương 1, chương 2 đã đề cập.

- Tìm phương pháp chẩn đoán (đánh giá);
- Tìm tiêu chuẩn đánh giá (không đồng nhất với tiêu chuẩn thiết kế).

Trong chương này chỉ tập chung vào bài toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình, sau khi đã xác định được các thông số chất lượng phản ánh mức độ hư hỏng. Cụ thể xét 2 vấn đề chính:

- Cơ sở lý luận của các phương pháp là dựa vào độ an toàn (độ tin cậy - ĐTC) để đánh giá;
- Trên cơ sở suy giảm ĐTC theo thời gian khai thác để đề xuất phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của công trình.

Việc xác định tuổi thọ còn lại của công trình đã được nhiều tác giả đề xuất như đã nêu trong chương 1. Chương này, sau khi tóm tắt kết quả đã được công bố, đánh giá ưu điểm và nhược điểm, từ đó đề xuất cách khắc phục các nhược điểm của phương pháp hiện có.

3.2. Cơ sở khoa học của các phương pháp xác định tuổi thọ còn lại

Để chẩn đoán (dự báo) một vấn đề nào đó người ta thường tiến hành theo 2 cách:

- Chẩn đoán định tính;
- Chẩn đoán định lượng.

Chẩn đoán định tính có ưu điểm là: đơn giản, dễ thực hiện, nhanh chóng đáp ứng yêu cầu thực tế khi khẩn cấp, song có nhược điểm là độ chính xác không cao. Vì diễn đạt bằng lời nên có thể hiểu theo các nghĩa khác nhau, từ đó dẫn đến khó quản lý và đưa ra các tiêu chuẩn.

Chẩn đoán định lượng có ưu điểm là chính xác hơn, thuận lợi cho việc phân cấp quản lý theo chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật, song khó khăn vì đòi hỏi nhiều số liệu, trong thực tế nhiều trường hợp không đáp ứng được. Chẩn đoán định lượng gồm 3 bước:

a. Chọn đại lượng đặc trưng cho chất lượng công trình

Vì có nhiều tham số ảnh hưởng đến chất lượng công trình nên có thể chọn là vectơ đặc trưng

$$\vec{\omega} = \{\omega_i\} = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\} \quad (3.1)$$

b. Theo thực trạng của công trình, tính toán (đánh giá) các giá trị ω_i

c. Căn cứ các quy định về điều kiện an toàn để đưa ra kết luận: an toàn, an toàn nhưng phải sửa chữa, không an toàn, v.v...

Thông thường 3 bước trên được tiến hành và kết luận tại thời điểm kiểm tra, kết luận theo hiện trạng, không (hay ít) quan tâm đến quá khứ và tương lai.

Chẩn đoán có tham gia của thời gian t là bài toán khó. Diễn hình của bài toán chẩn đoán có phụ thuộc thời gian t là bài toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình. Trong bài toán này, yếu tố thời gian t chiếm vị trí quan trọng, khi đó phải quan tâm đến số liệu của quá khứ, hiện tại và tương lai.

- Số liệu quá khứ: số liệu về thiết kế, thi công, khai thác trước thời điểm khảo sát;

- Số liệu hiện tại: số liệu về thực trạng tại thời điểm khảo sát (thời điểm bắt đầu cho quá trình xác định tuổi thọ còn lại);

- Số liệu tương lai: số liệu dự báo về quá trình suy giảm khả năng chịu lực, về quá trình khai thác, v.v...

Từ các số liệu trên, phải xử lý, tính toán, so sánh với tiêu chuẩn an toàn để đưa ra kết luận.

Số liệu thường thiếu do không theo dõi định kỳ trong khai thác, không được kiểm tra theo phương pháp phá hủy, khó lấy số liệu của các bộ phận công trình ở dưới đất, dưới nước, những khe hẹp, v.v...

Khi thiếu số liệu thì phải chấp nhận một số giả thiết đã được nhiều tài liệu khoa học sử dụng mà chưa đánh giá được sai số. Chẳng hạn, thường chấp nhận quy luật suy giảm độ tin cậy của công trình xây dựng theo quy luật hàm số mũ.

Trong thực tế, bài toán chẩn đoán yêu cầu phải có kết luận, không chờ kết quả nghiên cứu lý luận chính xác. Do đó, bài toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình là bài toán tổng hợp của: lý luận, số liệu (thực trạng), chấp nhận giả thiết, tính toán, so sánh kết quả với tiêu chuẩn an toàn.

Giả thiết véc tơ đặc trưng định lượng được chọn là:

$$K(t) = \varphi(t, K_0, \vec{\omega})$$

Trong đó K_0 là đặc trưng ban đầu $K_0 = K(t=0)$

$\vec{\omega} = \{\omega_i\}$ là véc tơ các tham số của công trình liên quan đến tuổi thọ.

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}(t) = \begin{Bmatrix} \omega_1(t) \\ \omega_2(t) \\ \dots\dots\dots \\ \omega_n(t) \end{Bmatrix} \quad (3.2)$$

$\omega_i(t)$ là các hàm số của thời gian.

Đại lượng đặc trưng $K(t)$, nói chung là hàm số giảm theo thời gian t . Công trình đạt đến tuổi thọ ở thời điểm T khi $K(T) = K_{min}$. Trong đó K_{min} được xác định theo tiêu chuẩn và yêu cầu của chủ đầu tư.

Tuổi thọ còn lại được xác định: $\Delta T = T - t^*$

Trong đó t^* là thời gian đã khai thác, kể từ thời điểm bắt đầu đưa vào khai thác, sử dụng ($t=0$).

Như vậy để xác định tuổi thọ còn lại của công trình phải:

- Chọn hàm đặc trưng $K(t)$;
- Xác định các hàm $\omega_i(t)$ $i = \overline{1, n}$;
- Xác định tham số $K(T) = K_{min}$

Tuổi thọ còn lại của công trình: $\Delta T = T - t^*$

Chúng ta thấy rằng: Xác định tuổi thọ còn lại của công trình, ngoài việc tìm số liệu còn phải xác định quy luật suy thoái $\omega_i(t)$, xác định K_{min} theo tiêu chuẩn. Trong đó, xác định các hàm $\omega_i(t)$ là khó khăn nhất, vì nó đòi hỏi số liệu đo đạc định kỳ của quá khứ và dự báo số liệu tương lai.

Thường tuổi thọ còn lại được xác định theo tải trọng thiết kế (tải trọng và tác động theo tiêu chuẩn) khi có tải trọng bất thường (va đập, động đất, hỏa hoạn...) thì phải đánh giá lại.

3.3. Xác định tuổi thọ còn lại theo hàm đặc trưng là ĐTC

Khi thiết kế hay đánh giá công trình hiện hữu, có nhiều tiêu chí phải quan tâm như: an toàn, tiện dụng, chi phí, môi trường, v.v.... Có những tiêu chí tổng hợp thỏa mãn được nhiều yêu cầu.

Trong các tiêu chí tổng hợp thì ĐTC là đầy đủ nhất (Độ tin cậy của công trình xây dựng là khả năng hoàn thành các chức năng yêu cầu chịu lực, độ bền, độ biến dạng trong quá trình sử dụng theo thời gian tính toán thiết kế [52]), vì vậy khi xác định tuổi thọ còn lại người ta thường chọn ĐTC làm đại lượng đặc trưng.

Từ quy luật suy giảm ĐTC theo thời gian, xác định được tuổi thọ còn lại của công trình. Khi sử dụng ĐTC, cần phân biệt ĐTC thiết kế và ĐTC khai thác

3.3.1. Độ tin cậy thiết kế

ĐTC thiết kế là xác suất an toàn được tính từ hồ sơ thiết kế. Căn cứ theo tầm quan trọng hay phân loại công trình, ĐTC thiết kế được chọn là: 0,99; 0,999; 0,9999;....

Nếu thiết kế đúng, thi công bảo đảm chất lượng thì có thể coi ĐTC thiết kế là ĐTC của công trình khi nghiệm thu đưa vào sử dụng. Trong thực tế khó đạt được điều đó, song người ta chấp nhận một sai số cho phép (điều này cũng được lưu ý trong các quy định của tiêu chuẩn thiết kế).

Khi thiết kế, căn cứ vào tuổi thọ T của công trình đã được quy định trong nhiệm vụ thiết kế để xác định các tham số cần thiết.

Chẳng hạn, với tải trọng gió theo TCVN [22], quan hệ giữa tải trọng gió thiết kế và thời gian sử dụng như sau:

Thời gian sử dụng giả định T (năm)	5	10	20	30	40	50
Hệ số điều chỉnh tải trọng gió	0,61	0,72	0,83	0,91	0,96	1

Như vậy tải trọng gió tính toán phụ thuộc vào tuổi thọ T và bản đồ phân vùng tải trọng gió của tiêu chuẩn.

Điều kiện an toàn của công trình theo ĐTC là:

$$P_s \geq [P_s] \quad (3.3)$$

trong đó P_s là xác suất an toàn của công trình, $[P_s]$ là xác suất cho phép được quy định trong tiêu chuẩn.

Trong thực tế thiết kế điều kiện (3.3) được thể hiện bằng các biểu thức hay các bảng biểu để dễ sử dụng.

Từ lý luận và thực tế quan sát, người ta thấy rằng mức độ an toàn (ĐTC) của công trình giảm theo thời gian. Sau gia cố hay sửa chữa lớn thì ĐTC có thể tăng, sau đó lại tiếp tục giảm.

Độ tin cậy thiết kế là ĐTC khi nghiệm thu công trình. $P_s = P_s(t = 0)$, do đó điều kiện an toàn là:

$$P_s(t = 0) \geq [P_s(t = 0)] \quad (3.4)$$

Ký hiệu $t = 0$ ở đây được hiểu là thời điểm nghiệm thu công trình đưa vào khai thác, hay thời điểm sau khi hoàn thành gia cố, sửa chữa lớn.

$P_s(t = 0)$ là xác suất an toàn của công trình tại thời điểm ban đầu (đã được xét trong chương 2), nghĩa là tại một thời điểm, vì không có sự tham gia của tham số thời gian t , nên khi tính toán không dùng đến công cụ toán học là các quá trình ngẫu nhiên (chuẩn, dừng, ê gô dic, v.v...).

Khi xét theo thời gian trong suốt quá trình sử dụng từ thời điểm ban đầu đến thời điểm công trình đạt tuổi thọ, thì điều kiện (3.3) trở thành:

$$P_s(t) \geq [P_s(t)] \quad \forall t \in [0, T] \quad (3.5)$$

Do $P_s(t)$ giảm theo thời gian, nên người ta thay điều kiện (3.5) bởi điều kiện:

$$P_s(t) \geq [P_s]_{min} \quad \forall t \in [0, T] \quad (3.6)$$

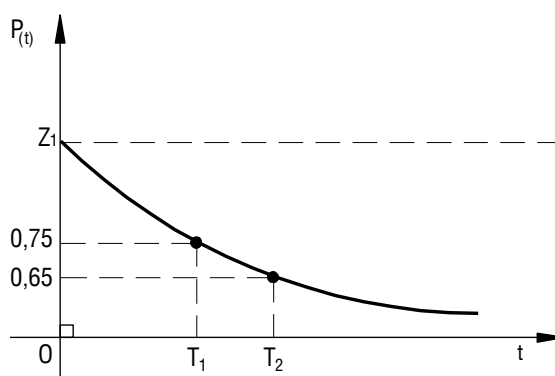
Trong đó $[P_s]_{min}$ là $[P_s]$ nhỏ nhất trong suốt thời gian tuổi thọ T . Hay nói cách khác $[P_s]_{min}$ là ĐTC khi hết tuổi thọ. Do đó, người thiết kế phải quan tâm đến hai giá trị $[P_s(t = 0)]$ và $[P_s]_{min} = P_s(T)$.

$P_s(t = 0)$ và $P_s(t = T)$ có liên quan với nhau qua quy luật suy giảm ĐTC $P(t)$, song việc tính toán rất phức tạp và đòi hỏi nhiều số liệu. Để dễ dàng áp dụng, trong tiêu chuẩn chỉ quy định $[P_s(t = 0)]$ cho từng loại công trình (kết cấu thép, bê tông cốt thép, gạch đá, v.v...).

Khi quy định giá trị $[P_s(t = 0)]$, cần đảm bảo lượng dự trữ cần thiết, để trong suốt quá trình khai thác ĐTC của công trình dù suy giảm nhưng vẫn thỏa mãn điều kiện (3.6). Chẳng hạn đối với nhà ở $P_s(t = T) = 0,75$ [82].

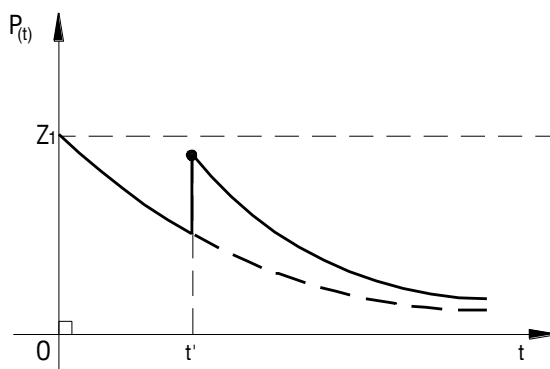
Vì vậy, khi thiết kế công trình theo độ tin cậy, người thiết kế chỉ cần thỏa mãn điều kiện kiểm tra ĐTC tại thời điểm ban đầu (3.4)

Ghi chú: khi thiết kế công trình theo ĐTC, để kiểm tra an toàn chỉ cần hai đại lượng $P_s(t = 0)$ và $[P_s(t = 0)]$, đó là quy định với hầu hết các công trình. Trường hợp đặc biệt hoặc do yêu cầu của chủ đầu tư, thì có thể tăng độ tin cậy $[P_s(t = 0)]$, còn nếu giảm ĐTC thì bắt buộc phải thỏa mãn (3.4). Khi thay đổi công năng thì $[P_s(t = 0)]$ có thể tăng hoặc giảm. Các điều này được minh họa trong hình vẽ sau:



Hình 3.1-Suy giảm ĐTC của công trình theo thời gian

Sau sửa chữa lớn thì ĐTC và quá trình suy giảm mới vẫn tiếp tục, song thời điểm ban đầu $t=0$ được thay đổi và $P_s(t=0)$ thay đổi.



Hình 3.2-ĐTC của công trình thay đổi sau sửa chữa lớn

Tại thời điểm t' có gia cố, độ tin cậy tăng, sau đó tiếp tục giảm. Vậy phải xét tới quá trình $t \geq t'$ và coi t' là $t=0$.

3.3.2. Độ tin cậy khai thác

Ở các phần trước đã trình bày đến độ tin cậy trong quá trình khai thác, trong mục này trình bày quá trình suy giảm ĐTC theo thời gian khai thác của công trình.

Trong bài toán thiết kế, các tham số ảnh hưởng tới ĐTC đã được cho trước. Để xác định ĐTC trong quá trình khai thác đòi hỏi một khối lượng số liệu thực nghiệm (quan sát, đo đạc) rất lớn, tập số liệu đó phải được theo dõi định kỳ theo thời gian khai thác. Khi đã đủ số liệu thì xử lý bằng cách tìm đường hồi quy theo thời gian, để suy ra quy luật suy giảm của ĐTC. Cách làm như vậy gặp khó khăn.

Trong thực tế, trừ các trường hợp đặc biệt (công trình đặc biệt quan trọng, công trình có khả năng xảy ra sự cố, v.v...), các công trình thông thường không được theo dõi định kỳ nên thiếu số liệu. Chính vì vậy, người ta thường tiếp cận bằng một cách khác. Theo kết quả quan sát suy giảm chất lượng của các hệ thống

phức tạp (trong đó có kết cấu công trình) thấy rằng: quá trình suy giảm tuân theo quy luật số mũ [49], [50], [75], [76]. Vì vậy người ta chấp nhận quy luật suy giảm ĐTC $P(t)$ theo hàm số mũ. Vì vậy tổng quát như sau:

$$P(t) = A \cdot e^{-\lambda t} \quad (3.7)$$

trong đó: A là hằng số thực nghiệm, λ là chỉ số hao mòn thường xuyên của công trình

Tại $t = 0$ thì $P(0) = A$, vì vậy người ta chọn gần đúng $A \approx 1$. Lúc này:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (3.8)$$

Rõ ràng là t tăng thì $P(t)$ giảm, λ lớn thì $P(t)$ giảm nhanh, λ bé thì $P(t)$ giảm chậm. Để xác định $P(t)$ ta chỉ cần phải xác định tham số λ . Xác định λ theo số liệu thực nghiệm như sau:

Khảo sát thực trạng công trình tại thời điểm t^* nào đó, ta xác định được ĐTC $P(t^*)$, thay giá trị $P(t^*)$ vào (3.8) ta xác định được λ .

$$y = P(t^*) = e^{-\lambda t^*}$$

$$\text{Suy ra: } \lambda t^* = -\ln y \Rightarrow \lambda = -\ln y / t^*$$

3.4. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo các biến thể của phương pháp chọn ĐTC làm đại lượng đặc trưng

Trong chương 1 đã trình bày một số phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo các chỉ tiêu ĐTC (độ an toàn) hay các biến thể của nó. Trong đó có nêu đánh giá và nhận xét các ưu nhược điểm.

Trong mục này luận án trình bày một lược đồ tính tuổi thọ còn lại của công trình, nó là một sự tổng quát hóa các biến thể của các phương pháp đã công bố. Nhận xét về các ưu và nhược điểm của các lược đồ tính đã công bố, từ đó đề nghị cách khắc phục các nhược điểm.

3.4.1. Cơ sở lý luận của các biến thể

3.4.1.1. Tính ĐTC dựa vào các quan niệm của lý thuyết xác suất.

Xác suất xuất hiện sự kiện ngẫu nhiên:

$$P_s = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{m}{n}$$

trong đó n là tổng phép thử độc lập, m là số lần xuất hiện hiện tượng ngẫu nhiên.

Xác suất không xuất hiện:

$$P_f = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n - m}{n}$$

Từ đó suy ra $P_s + P_f = 1$ hay $P_s = 1 - P_f$

Để khắc phục khó khăn về tính ĐTC của công trình, người ta chuyển ý tưởng xuất hiện và không xuất hiện sang “hur hồng” và “không hur hồng”. Trên quan điểm đó người ta đưa ra khái niệm “độ tin cậy tương đối”.

ĐTC tương đối là tỷ số của đại lượng chỉ mức độ hur hồng trên đại lượng chỉ mức độ hur hồng hoàn toàn.

3.4.1.2. Đại lượng chỉ mức độ hur hồng

- Mức độ không hur hồng được coi là trạng thái ban đầu $t = 0$, với điều kiện là thi công đúng thiết kế.

- Phân loại các cấu kiện của công trình: Công trình có nhiều loại cấu kiện và số lượng khác nhau. Các cấu kiện đó được phân thành các nhóm, có chức năng giống nhau như cột, dầm, sàn, mái, v.v...

- Đánh giá hur hồng của từng loại cấu kiện bằng cách chọn cấu kiện hur hồng nhiều nhất của loại làm đại diện, chỉ đánh giá cấu kiện kém nhất (thiên về an toàn).

Gọi ε_i là hur hồng đại diện của cấu kiện thứ i , $i = \overline{1, n}$. Xác định ε_i từ số liệu khảo sát hiện trường theo đánh giá chuyên gia hoặc theo tính toán, $\varepsilon_i = 1$ là hur hồng hoàn toàn, $\varepsilon_i = 0$ là không hur hồng, đáp ứng các yêu cầu của thiết kế. ε_i được xác định theo các chỉ dẫn kỹ thuật [70], [71], [82].

3.4.1.3. Đại lượng biểu thị độ tin cậy tương đối.

Các loại cấu kiện kết cấu có vai trò khác nhau trong ĐTC của công trình. Do đó hur hồng mỗi loại cấu kiện trong hur hồng tổng thể của hệ kết cấu là khác nhau, chúng có các trọng số α_i khác nhau. Nghĩa là loại cấu kiện thứ i tham gia vào hur hồng tổng thể của kết cấu là $\varepsilon_i \cdot \alpha_i$, $i = \overline{1, n}$.

Biểu thức định lượng hur hồng tổng thể của công trình là:
$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i \alpha_i$$

Khi $\varepsilon_i = 1, \forall i = \overline{1, n}$ thì ứng với hur hồng hoàn toàn, khi đó:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i \alpha_i = \sum_{i=1}^n \alpha_i$$
, có nghĩa là hur hồng lớn nhất. Do đó tỷ số giữa hur hồng ở

mức trung gian nào đó (với mức $0 \leq \varepsilon_i < 1, \forall i$) và mức độ hur hồng hoàn toàn là:

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i \alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (3.9)$$

Đại lượng ε được gọi là độ hư hỏng tương đối của kết cấu.

Xét trên các tỷ số mức định lượng về không hư hỏng là $1 - \varepsilon$. Từ đó người ta coi độ tin cậy tương đối của công trình tại thời điểm t^* là:

$$y = 1 - \varepsilon \quad (3.10)$$

3.4.1.4. Quy luật suy giảm độ tin cậy theo thời gian

Nhiều công trình khoa học và chỉ dẫn kỹ thuật thừa nhận quy luật suy giảm của chất lượng công trình (hay ĐTC công trình) theo thời gian tuân theo quy luật số mũ [49], [50], [75], [76] nên tại thời điểm t^* , ĐTC của công trình được xác định theo công thức (3.8):

$$y = e^{-\lambda t^*}$$

trong đó: λ là chỉ số hao mòn thường xuyên của công trình. Được xác định bằng cách lấy loga tự nhiên hai vế ta có:

$$\ln y = -\lambda t^*$$

$$\text{Suy ra: } \lambda = -\ln y / t^* = -\ln(1 - \varepsilon) / t^*$$

Như vậy từ quan sát, đo đạc số liệu hiện trường ta tìm được các ε_i ; từ ε_i suy ra được ε (khi đã có các α_i), từ ε suy ra:

$$\lambda = -\ln(1 - \varepsilon) / t^* \quad (3.11)$$

Cuối cùng độ tin cậy tương đối được biểu diễn là: $y = P_s(t) = e^{-\lambda t}$ trong đó: t là thời gian được tính từ lúc bắt đầu khai thác công trình.

3.4.1.5. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình

Trong phần trên đã trình bày độ tin cậy suy giảm theo thời gian đến mức nào đó thì hết tuổi thọ nghĩa là phải xác định: $P_s(T) = [P_s(t)]_{\min}$

Giá trị $[P_s(t)]_{\min} \forall t \in [0, T]$ do các tiêu chuẩn quy định. Từ giá trị $[P_s(t)]_{\min}$ xác định được tuổi thọ T .

Tuổi thọ còn lại của công trình tính từ thời điểm khảo sát t^* :

$$\Delta T = T - t^*$$

3.4.2. Nhận xét

Xác định mức độ hư hỏng và độ tin cậy tương đối của cầu kiện, kết cấu và của công trình là bước quan trọng nhất trong lược đồ tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình. Dựa vào kết quả khảo sát hiện trường, mức độ hư hỏng của cầu kiện, kết cấu được xác định thông qua đánh giá của chuyên gia hoặc theo tính toán.

Trong mục 3.5 sẽ trình bày chi tiết phương pháp xác định mức độ hư hỏng của cầu kiện, kết cấu dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài [82]. Rút ra ưu điểm, nhược điểm của phương pháp và đề xuất khắc phục.

3.5. Phương pháp xác định mức độ hư hỏng của cầu kiện, kết cấu

Như phân tích trong mục 3.4, việc xác định mức độ hư hỏng của cầu kiện, kết cấu có ý nghĩa quan trọng và ảnh hưởng lớn tới kết quả dự báo tuổi thọ còn lại của công trình.

Theo [82], mức độ hư hỏng của cầu kiện, kết cấu có thể được xác định nhanh dựa vào kết quả khảo sát các dấu hiệu hư hỏng bên ngoài, qua đó đánh giá được tình trạng kỹ thuật của cầu kiện, kết cấu hoặc của nhà và công trình.

Trong mục này sẽ trình bày chi tiết cách xác định mức độ hư hỏng của cầu kiện, kết cấu công trình theo phương pháp này. Từ đó, đánh giá ưu nhược điểm của phương pháp và đề xuất hướng khắc phục

3.5.1. Phương pháp đánh giá mức độ hư hỏng của cầu kiện, kết cấu dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài

Căn cứ vào kết quả khảo sát các dấu hiệu hư hỏng bên ngoài, dựa vào bảng tra phân loại mức độ hư hỏng của các cầu kiện, có thể xác định được mức độ hư hỏng và độ tin cậy tương đối của cầu kiện, trên cơ sở đó xác định tình trạng kỹ thuật của kết cấu công trình.

Bảng 3.1. Phân loại tình trạng kỹ thuật của kết cấu theo mức độ hư hỏng [82]

Phân loại tình trạng kỹ thuật	Mô tả tình trạng kỹ thuật	Độ tin cậy tương đối y	Mức độ hư hỏng ε
1. Tình trạng tiêu chuẩn	Không có hư hỏng nhìn thấy, tình trạng kỹ thuật bình thường. Đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn và tài liệu thiết kế hiện hành. Không cần tiến hành sửa chữa.	1,00	0,00
2. Tình trạng đủ khả năng làm việc	Tình trạng làm việc đạt yêu cầu, khả năng chịu lực của kết cấu được đảm bảo, các yêu cầu tiêu chuẩn về trạng thái giới hạn thứ hai và độ bền lâu có thể bị vi phạm nhưng vẫn đảm bảo điều kiện sử dụng bình thường. Cần có biện pháp chống ăn mòn và sửa chữa các hư hỏng nhỏ.	0,95	0,05
3. Tình trạng khả năng làm việc hạn chế	Chưa đáp ứng hoàn toàn yêu cầu sử dụng. Khả năng làm việc có hạn chế. Tồn tại những hư hỏng làm giảm khả năng chịu lực. Để tiếp tục sử dụng bình thường cần tiến hành sửa chữa các kết cấu bị hư hỏng.	0,85	0,15
4. Tình trạng không đủ khả năng làm việc	Tình trạng làm việc không đạt yêu cầu. Tồn tại những hư hỏng chứng tỏ không đáp ứng sử dụng của kết cấu. Yêu cầu sửa chữa lớn với sự gia cường kết cấu. Khi kết cấu chưa được gia cường cần hạn chế các tải trọng tác động. Kết cấu sau khi sửa chữa và gia cường mới đưa được vào sử dụng.	0,75	0,25
5. Tình trạng nguy hiểm	Tình trạng nguy hiểm. Tồn tại hư hỏng có thể dẫn đến sập đổ kết cấu. Yêu cầu giảm tải khẩn cấp và có biện pháp chống đỡ kịp thời, rào chắn vùng nguy hiểm. Sửa chữa chủ yếu là tiến hành thay thế các kết cấu nguy hiểm.	0,65	0,35

Bảng 3.2. Phân loại mức độ hư hỏng và độ tin cậy tương đối của kết cấu bê tông cốt thép [82]

Loại tình trạng kỹ thuật	Dấu hiệu hư hỏng (Theo một trong các dấu hiệu thu được từ khảo sát)	Độ tin cậy tương đối y	Mức độ hư hỏng ε
1	- Trong kết cấu bê tông cốt thép có một số vết nứt nhỏ bề rộng vết nứt không quá 0,1 mm. - Một vài chỗ bị rỗ	1,00	0,00
2	- Hình thành vết nứt ở vùng kéo các cấu kiện chịu uốn với bề rộng đến 0,3 mm. Vết nứt ở mối nối của các tấm sàn lắp ghép bề rộng đến 2 mm. - Cốt thép cấu tạo và thép đai bị rỉ, bề mặt bê tông ẩm bị đổi màu.	0,95	0,05
3	- Vết nứt trong vùng bê tông chịu kéo đến 0,5 mm. - Vết nứt chạy dọc theo cốt thép bị gỉ. Ăn mòn cốt thép đến 10% tiết diện. Bê tông trong vùng chịu kéo giữa các cốt thép dễ bị vỡ vụn đến hết lớp bảo vệ.	0,85	0,15
4	- Bề rộng vết nứt vuông góc với trục dầm không lớn hơn 1 mm và chiều dài vết nứt lớn hơn 3/4 chiều cao dầm. Vết nứt xuyên ngang ở cột không lớn hơn 0,5 mm. Độ võng của cấu kiện chịu uốn lớn hơn 1/75 khẩu độ. - Ở vùng kéo của các cấu kiện chịu uốn hình thành các vết nứt bề rộng đến 0,5 mm. Các tấm sàn bê tông cốt thép lắp ghép bị dịch chuyển lệch nhau theo chiều cao đến 3 cm. - Lớp bê tông bảo vệ bị bong tách cốt thép bị ăn mòn đến 15%. Cường độ bê tông giảm đến 30%.	0,75	0,25

5	- Bề rộng vết nứt vuông góc với trục dầm lớn hơn 1 mm và chiều dài vết nứt lớn hơn 3/4 chiều cao dầm. Vết nứt xuyên cắt qua vùng gối tựa và vùng neo cốt thép chịu kéo của dầm. - Trong các cấu kiện chịu nén có các vết nứt xuyên cấu kiện. Các vết nứt trong kết cấu chịu tác động đổi chiều. Cốt thép trong vùng chịu nén của cột bị phình. Một số cốt thép chịu lực trong vùng chịu kéo bị đứt, các cốt đai trong vùng vết nứt xiên bị đứt. Bê tông trong vùng chịu nén bị vỡ. - Độ võng trong các cấu kiện chịu uốn lớn hơn 1/50 khẩu độ đồng thời trong vùng chịu kéo có các vết nứt lớn hơn 0,5 mm. - Tiết diện cốt thép bị giảm đến 15% do bị ăn mòn. Cường độ bê tông bị giảm đến 30%. Mối nối bị hư hỏng. Diện tích tiết diện gối tựa của tấm giảm (nhỏ hơn 5 cm²).	0,65	0,35
---	--	------	------

Sau khi xác định được mức độ hư hỏng của cấu kiện, kết cấu, mức độ hư hỏng của nhà và công trình theo công thức (3.9) trong mục 3.4.1.3:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \dots + \alpha_i \varepsilon_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i}$$

trong đó: $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$ giá trị lớn nhất của các hư hỏng của loại kết cấu riêng lẻ;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$ – các trọng số của loại kết cấu riêng lẻ. Các trọng số của kết cấu được thiết lập trên cơ sở đánh giá chuyên gia có xét đến hậu quả kinh tế - xã hội do loại kết cấu riêng lẻ bị phá hủy và tính chất phá hủy (phá hủy với các dấu hiệu báo trước như có giai đoạn biến dạng dẻo hoặc phá hủy giòn tức thời). Khi không cơ sở để chọn giá trị trọng số thì có thể lấy như sau [82]:

- Sàn và mái: $\alpha = 2$;
- Dầm: $\alpha = 4$;
- Dàn: $\alpha = 7$;
- Cột: $\alpha = 8$;

- Tường chịu lực và móng: $\alpha = 3$;
- Các dạng kết cấu khác: $\alpha = 2$.

3.5.2. Nhận xét ưu nhược điểm của phương pháp xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện, kết cấu dựa theo dấu hiệu bên ngoài [82]

Ưu điểm: Dựa vào các dấu hiệu hư hỏng bên ngoài của cấu kiện, kết cấu, tra bảng 3.2 có thể dễ dàng xác định được mức độ hư hỏng và độ tin cậy tương đối của các cấu kiện, từ đó xác định nhanh tuổi thọ còn lại của công trình tính đến thời điểm phải sửa chữa lớn hoặc dừng khai thác.

Nhược điểm:

- Trong thực tế, các dấu hiệu hư hỏng bên ngoài nhiều khi chưa phản ánh đúng tình trạng chịu lực (hay mức độ hư hỏng) của cấu kiện, kết cấu. Do đó, xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện, kết cấu theo các dấu hiệu hư hỏng bên ngoài sẽ có sai số nhất định.

- Bảng phân loại mức độ hư hỏng được phân ra các khoảng: 0,05; 0,15; 0,25; 0,35, các khoảng này có độ chênh lệch khá lớn dẫn đến việc xác định tuổi thọ còn lại có thể có sai số tương đối lớn khi nằm giữa các mức độ đánh giá;

- Không đưa ra phương pháp xác định trọng số của nhóm cấu kiện, chỉ nêu khi không có cơ sở thì lựa chọn các giá trị cho sẵn.

Đề xuất:

- Mức độ hư hỏng của các cấu kiện, kết cấu được xác định theo độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu và hoàn toàn có thể tính toán dựa trên số liệu khảo sát, đo đạc, thí nghiệm nghiệm hiện trường. Vì vậy NCS đề xuất phương pháp xác định tuổi thọ còn lại theo tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu;

- Trong tính toán công trình, các tham số cơ bản có ảnh hưởng khác nhau đến ĐTC hay ảnh hưởng khác nhau tới lượng dự trữ an toàn của công trình. Vì vậy luận án đề xuất cách xác định trọng số của nhóm cấu kiện dựa vào phân tích độ nhạy của các tham số cơ bản tới ĐTC.

3.5.3. Phương pháp đề xuất đánh giá mức độ hư hỏng của cấu kiện thông qua tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu theo TCVN [20].

Các công trình nghiên cứu và thực nghiệm [3], [43], [67] đã chỉ ra rằng: các đại lượng về tính chất cơ lý của vật liệu, tải trọng, kích thước hình học đều

mang tính chất của đại lượng ngẫu nhiên và có luật phân bố chuẩn. Vì vậy khi có số liệu khảo sát chi tiết về cường độ của vật liệu bê tông, cốt thép; về tiết diện chịu lực; về hàm lượng cốt thép, áp dụng phương pháp tính toán độ tin cậy FORM đã trình bày trong chương 2 để tính toán ĐTC của cầu kiện, kết cấu.

Điều kiện an toàn về khả năng chịu lực tại tiết diện đang xét là:

$$F \leq F_{td} \quad (3.12)$$

trong đó: F - Giá trị nội lực bất lợi nhất có thể phát sinh trên mặt cắt dưới tác động của ngoại lực; F_{td} - Khả năng chịu lực của tiết diện đang xét.

Các đại lượng F, F_{td} có thể biểu diễn dưới dạng các hàm:

$$F = Z(q, p, l, b, a) \quad (3.13)$$

$$F_{td} = Z(R_b, R_s, b, h_o, A_s) \quad (3.14)$$

Khi xét đến các sai lệch ngẫu nhiên không tránh khỏi, nghĩa là tồn tại các gia số có giá trị âm hoặc dương của F và F_{td} , từ (3.12) có thể viết:

$$(F + \Delta F) \leq (F_{td} + \Delta F_{td}) \quad (3.15)$$

Ở đây: $\Delta F, \Delta F_{td}$ là các đại lượng biến thiên của F và F_{td} . Các đại lượng này có thể xem là các đại lượng ngẫu nhiên có phân phối chuẩn. Thực hiện chuyển về ta có:

$$F - F_{td} \leq \Delta F_{td} - \Delta F$$

Trong biểu thức này vế trái là một đại lượng xác định còn vế phải là một đại lượng ngẫu nhiên. Áp dụng công thức (2.54) ta có xác suất sự cố là:

$$P_f = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \Phi \left[\frac{F_{td} - F}{S_{(\Delta F_{td} - \Delta F)}} \right] \quad (3.16)$$

$$\text{Xác suất an toàn sẽ là: } P_s = 1 - P_f \quad (3.17)$$

Theo tính chất của phương sai đối với biến độc lập ta có:

$$S_{(\Delta F_{td} - \Delta F)}^2 = S_{\Delta F_{td}}^2 + S_{\Delta F}^2$$

Từ (2.57) và (2.58) có thể tính:

$$S_{\Delta F_{td}}^2 = S_{R_b}^2 + S_{R_s}^2 + S_{A_s}^2 + S_{h_o}^2 + S_b^2$$

$$S_{\Delta F}^2 = S_q^2 + S_p^2 + S_l^2$$

Khi không xét tới sự thay đổi về tải trọng (công trình không có sự thay đổi về công năng sử dụng) có thể bỏ qua thành phần $S_{\Delta F}^2$. Khi đó:

$$S_{(\Delta F_{td} - \Delta F)}^2 = S_{\Delta F_{td}}^2$$

Trong đó $S'_{R_b}; S'_{R_s}; S'_b; S'_{h_0}; S'_{A_s}; S'_q; S'_p; S'_l$ là độ lệch chuẩn thành phần của từng tham số đối với nội lực đang xét (các giá trị này được xác định bằng tích của đạo hàm riêng theo từng tham số với độ lệch chuẩn tương ứng của các tham số đó) và được xác định như sau:

$$S'_{R_b} = \left| \frac{\partial F_{td}}{\partial R_b} \right| S_{R_b}; S'_{R_s} = \left| \frac{\partial F_{td}}{\partial R_s} \right| S_{R_s}; S'_{A_s} = \left| \frac{\partial F_{td}}{\partial A_s} \right| S_{A_s}; S'_{h_0} = \left| \frac{\partial F_{td}}{\partial h_0} \right| S_{h_0}$$

$$S'_b = \left| \frac{\partial F_{td}}{\partial b} \right| S_b; S'_q = \left| \frac{\partial F_{td}}{\partial q} \right| S_q; S'_p = \left| \frac{\partial F_{td}}{\partial p} \right| S_p; S'_l = \left| \frac{\partial F_{td}}{\partial l} \right| S_l.$$

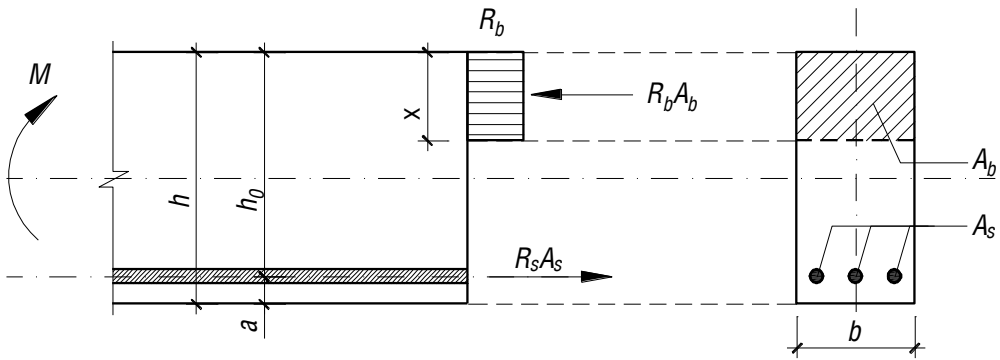
ở đây $S_{R_b}; S_{R_s}; \dots S_l$ là độ lệch chuẩn của các tham số xác định được từ số liệu thống kê kết quả đo đạc, thí nghiệm thực tế.

Trong kết cấu nhà khung bê tông cốt thép các cấu kiện cột, dầm, sàn thường được kiểm tra ở trạng thái cấu kiện chịu nén uốn (nén lệch tâm), chịu uốn, và chịu cắt. Việc tính toán ĐTC của các cấu kiện tại các trạng thái chịu lực sẽ được trình bày chi tiết trong các mục dưới đây.

3.5.3.1. Cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn

a) Cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn đặt cốt đơn

Sơ đồ ứng suất của tiết diện chữ nhật đặt cốt đơn được thể hiện trên hình 3.3.



Hình 3.3-Sơ đồ nội lực và biểu đồ ứng suất của tiết diện chữ nhật đặt cốt đơn [20]

Điều kiện để đảm bảo cho tiết diện không vượt quá trạng thái giới hạn về cường độ là [20]:

$$M \leq M_{td} \rightarrow M \leq R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (3.18)$$

Từ điều kiện cân bằng lực [20]: $R_b b x = R_s A_s \Rightarrow x = \frac{R_s A_s}{R_b b}$ (3.19)

Từ (3.18) và (3.19) có thể viết:

$$M_{td} = R_b b \frac{R_s A_s}{R_b b} \left(h_0 - \frac{R_s A_s}{2 R_b b} \right) = R_s A_s h_0 - \frac{R_s^2 A_s^2}{2 R_b b} \quad (3.20)$$

Lần lượt xét các tham số khi chúng là các biến ngẫu nhiên và xác định độ lệch chuẩn của chúng:

$$S'_{R_b} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial R_b} \right| S_{R_b} = \left| \frac{R_s^2 A_s^2}{2 R_b^2 b} \right| S_{R_b}; S'_{R_s} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial R_s} \right| S_{R_s} = \left| A_s h_0 - \frac{R_s A_s^2}{R_b b} \right| S_{R_s};$$

$$S'_{A_s} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial A_s} \right| S_{A_s} = \left| R_s h_0 - \frac{R_s^2 A_s}{R_b b} \right| S_{A_s}; S'_{h_0} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial h_0} \right| S_{h_0} = |R_s A_s| S_{h_0};$$

$$S'_b = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial b} \right| S_b = \left| \frac{R_s^2 A_s^2}{2 R_b b^2} \right| S_b.$$

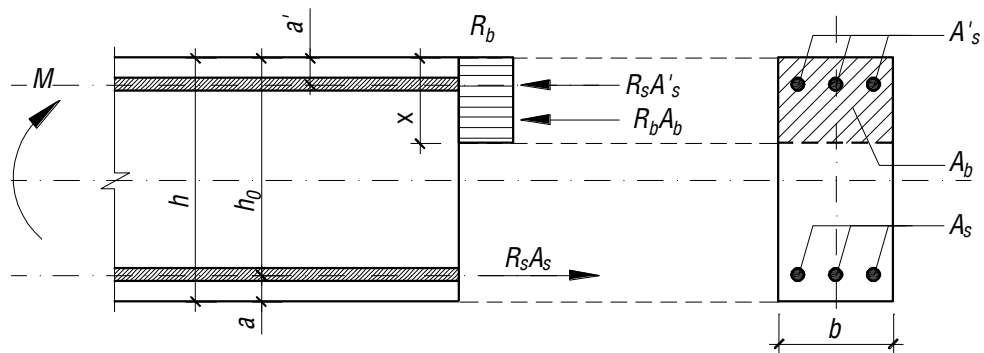
Phương sai tổng hợp của M_{td} sẽ bằng tổng các phương sai thành phần:

$$S_{\Delta M_{td}}^2 = S_{R_b}^2 + S_{R_s}^2 + S_{A_s}^2 + S_{h_0}^2 + S_b^2$$

Như vậy từ đây sẽ xác định được độ lệch chuẩn tổng hợp của mô men giới hạn $S_{\Delta M_{td}}$.

b) Cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn đặt cốt kép

Sơ đồ ứng suất của tiết diện chữ nhật đặt cốt kép được thể hiện trên hình 3.4.



Hình 3.4-Sơ đồ nội lực và biểu đồ ứng suất của tiết diện chữ nhật đặt cốt kép [20]

Điều kiện để đảm bảo cho tiết diện không vượt quá trạng thái giới hạn về cường độ là [20] $M \leq M_{td}$

$$M_{td} = R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') \quad (3.21)$$

Từ điều kiện cân bằng lực [20]:

$$R_s A_s = R_b b x + R_{sc} A'_s \quad (3.22)$$

Từ (3.22) rút ra :

$$x = \frac{R_s A_s}{R_b b} - \frac{R_{sc} A'_s}{R_b b}$$

Thay giá trị của x vào (3.21) thực hiện biến đổi ta có :

$$\begin{aligned} M_{td} &= R_b b \left(\frac{R_s A_s}{R_b b} - \frac{R_{sc} A'_s}{R_b b} \right) \left(h_0 - \frac{R_s A_s}{2 R_b b} + \frac{R_{sc} A'_s}{2 R_b b} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') \\ &= (R_s A_s - R_{sc} A'_s) \left(h_0 - \frac{R_s A_s}{2 R_b b} + \frac{R_{sc} A'_s}{2 R_b b} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') \\ M_{td} &= R_s A_s h_0 - R_{sc} A'_s h_0 - \frac{R_s^2 A_s^2}{2 R_b b} - \frac{R_{sc}^2 A_s'^2}{2 R_b b} + \frac{R_s A_s R_{sc} A'_s}{R_b b} + R_{sc} A'_s (h_0 - a') \\ M_{td} &= R_s A_s h_0 - \frac{R_s^2 A_s^2}{2 R_b b} - \frac{R_{sc}^2 A_s'^2}{2 R_b b} + \frac{R_s A_s R_{sc} A'_s}{R_b b} - R_{sc} A'_s a' \end{aligned} \quad (3.23)$$

Để xác định được ảnh hưởng của các tham số, thực hiện việc xác định đạo hàm riêng theo từng tham số và xác định độ lệch chuẩn của chúng. Sử dụng tính độc lập của các tham số để xác định phương sai tổng hợp của mô men giới hạn

Từ (3.23) ta có :

$$\begin{aligned} \frac{\partial M_{td}}{\partial R_s} &= A_s h_0 - \frac{R_s A_s^2}{R_b b} + \frac{A_s R_{sc} A'_s}{R_b b}; \quad \frac{\partial M_{td}}{\partial A_s} = R_s h_0 - \frac{R_s^2 A_s}{R_b b} + \frac{R_s R_{sc} A'_s}{R_b b} \\ \frac{\partial M_{td}}{\partial h_0} &= R_s A_s; \quad \frac{\partial M_{td}}{\partial R_{sc}} = -\frac{R_{sc} A_s'^2}{R_b b} + \frac{R_s A_s A'_s}{R_b b} - A'_s a'; \quad \frac{\partial M_{td}}{\partial a'} = -R_{sc} A'_s \\ \frac{\partial M_{td}}{\partial R_b} &= \frac{R_s^2 A_s^2}{2 R_b^2 b} + \frac{R_{sc}^2 A_s'^2}{2 R_b^2 b} - \frac{R_s A_s R_{sc} A'_s}{R_b^2 b}; \quad \frac{\partial M_{td}}{\partial b} = \frac{R_s^2 A_s^2}{2 R_b b^2} + \frac{R_{sc}^2 A_s'^2}{2 R_b b^2} - \frac{R_s A_s R_{sc} A'_s}{R_b b^2} \\ \frac{\partial M_{td}}{\partial R_{sc}} &= -\frac{R_{sc} A_s'^2}{R_b b} + \frac{R_s A_s A'_s}{R_b b} - A'_s a'; \quad \frac{\partial M_{td}}{\partial A_s'} = -\frac{R_{sc}^2 A_s'}{R_b b} + \frac{R_s A_s R_{sc}}{R_b b} - R_{sc} a' \end{aligned}$$

Căn cứ vào số liệu đo đạc, khảo sát thí nghiệm có thể xác định được độ lệch chuẩn của các tham số $R_s, A_s, R_{sc}, A'_s, R_b, b, h_0, a'$ là $S'_{R_s}, S'_{A_s}, S'_{R_{sc}}, S'_{A'_s}, S'_{R_b}, S'_{b}, S'_{h_0}, S'_{a'}$.

Khi đó:

$$S'_{R_s} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial R_s} \right| S_{R_s}; \quad S'_{A_s} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial A_s} \right| S_{A_s}; \quad S'_{R_b} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial R_b} \right| S_{R_b}; \quad S'_{R_{sc}} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial R_{sc}} \right| S_{R_{sc}}$$

$$S'_{A'_s} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial A'_s} \right| S_{A'_s}; S'_b = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial b} \right| S_b; S'_{h_0} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial h_0} \right| S_{h_0}; S'_{a'} = \left| \frac{\partial M_{td}}{\partial a'} \right| S_{a'}$$

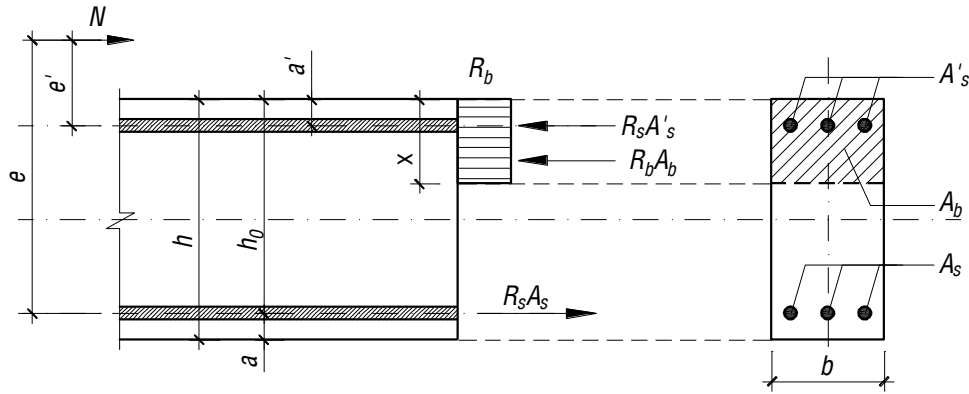
Phương sai tổng hợp của momen giới hạn mà tiết diện có thể chịu được được xác định:

$$S_{\Delta M_{td}}^2 = S_{R_s}^2 + S_{A_s}^2 + S_{R_{sc}}^2 + S_{A'_s}^2 + S_{R_b}^2 + S_{h_0}^2 + S_b^2 + S_{a'}^2$$

Từ đó xác định được độ lệch chuẩn tổng hợp $S_{\Delta M_{td}}$.

3.5.3.2. Cấu kiện bê tông cốt thép chịu nén lệch tâm

Sơ đồ nội lực và biểu đồ ứng suất của tiết diện chữ nhật đặt chịu nén lệch tâm thể hiện trên hình 3.5.



Hình 3.5-Sơ đồ nội lực và biểu đồ ứng suất trong tiết diện chữ nhật chịu nén lệch tâm [20]

Việc tính toán cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật theo điều kiện bền được kiểm tra theo công thức [20]:

$$N.e \leq R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') \quad (3.24)$$

Trong đó chiều cao vùng nén x được xác định như sau [20]:

- khi $\xi = x/h_0 \leq \xi_R$

$$N + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_b b x$$

$$\text{Suy ra: } x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b} \quad (3.25)$$

- khi $\xi = x/h_0 > \xi_R$

$$N + \sigma_s A_s - R_{sc} A'_s = R_b b x$$

$$\text{Trong đó: } \sigma_s = \left(2 \frac{1 - x/h_0}{1 - \xi_R} - 1 \right) R_s$$

$$\text{Suy ra: } x = \frac{N + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} A'_s}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 - \xi_R)}} \quad (3.26)$$

Từ công thức (3.24) rút ra:

$$N_{td} = \frac{R_b b x h_0}{e} - \frac{R_b b x^2}{2e} + \frac{R_{sc} A'_s h_0}{e} - \frac{R_{sc} A'_s a'}{e} \quad (3.27)$$

Tính đạo hàm theo từng tham số:

$$\frac{\partial N_{td}}{\partial R_b} = \frac{b x h_0}{e} - \frac{b x^2}{2e}; \quad \frac{\partial N_{td}}{\partial b} = \frac{R_b x h_0}{e} - \frac{R_b x^2}{2e}; \quad \frac{\partial N_{td}}{\partial h_0} = \frac{R_b b x}{e} + \frac{R_{sc} A'_s}{e}$$

$$\frac{\partial N_{td}}{\partial x} = \frac{R_b b h_0}{e} - \frac{R_b b x}{e}; \quad \frac{\partial N_{td}}{\partial R_{sc}} = \frac{A'_s h_0}{e} - \frac{A'_s a'}{e}; \quad \frac{\partial N_{td}}{\partial A'_s} = \frac{R_{sc} h_0}{e} - \frac{R_{sc} a'}{e}$$

$$\frac{\partial N_{td}}{\partial e} = -\frac{R_b b x h_0}{e^2} + \frac{R_b b x^2}{2e^2} - \frac{R_{sc} A'_s h_0}{e^2} + \frac{R_{sc} A'_s a'}{e^2};$$

$$\frac{\partial N_{td}}{\partial a'} = -\frac{R_{sc} A'_s}{e}$$

Căn cứ vào số liệu đo đạc, khảo sát thí nghiệm có thể xác định được độ lệch chuẩn của các tham số R_{sc} , A'_s , R_b , b , h_0 , x , e là $S_{R_{sc}}$, $S_{A'_s}$, S_{R_b} , S_b , S_{h_0} , S_e , S_x . Từ đó xác định được:

$$S'_{R_{sc}} = \left| \frac{\partial N_{td}}{\partial R_{sc}} \right| S_{R_{sc}}; \quad S'_{A'_s} = \left| \frac{\partial N_{td}}{\partial A'_s} \right| S_{A'_s}; \quad S'_{R_b} = \left| \frac{\partial N_{td}}{\partial R_b} \right| S_{R_b};$$

$$; S'_b = \left| \frac{\partial N_{td}}{\partial b} \right| S_b; \quad S'_{h_0} = \left| \frac{\partial N_{td}}{\partial h_0} \right| S_{h_0}; \quad S'_e = \left| \frac{\partial N_{td}}{\partial e} \right| S_e; \quad S'_x = \left| \frac{\partial N_{td}}{\partial x} \right| S_x$$

Phương sai tổng hợp của lực dọc giới hạn của tiết diện được xác định:

$$S_{\Delta N_{td}}^2 = S_{R_{sc}}'^2 + S_{A'_s}'^2 + S_{R_b}'^2 + S_b'^2 + S_{h_0}'^2 + S_e'^2 + S_x'^2$$

Từ đó xác định được độ lệch chuẩn tổng hợp của lực dọc giới hạn $S_{\Delta N_{td}}$

3.5.3.3. Cấu kiện bê tông cốt thép chịu kéo đúng tâm

Khi tính toán cấu kiện bê tông cốt thép chịu kéo đúng tâm phải tuân thủ điều kiện [20]:

$$N \leq R_{sc} A_{s,tot} \quad (3.28)$$

Như vậy ta có:

$$N_{td} = R_{sc} A_{s,tot} \quad (3.29)$$

Tính đạo hàm theo từng tham số:

$$\frac{\partial N_{td}}{\partial R_{sc}} = A_{s,tot}; \quad \frac{\partial N_{td}}{\partial A_{s,tot}} = R_{sc}$$

Độ lệch chuẩn của các tham số tương ứng:

$$S'_{R_{sc}} = \left| \frac{\partial N_{td}}{\partial R_{sc}} \right| S_{R_{sc}}; \quad S'_{A_{s,tot}} = \left| \frac{\partial N_{td}}{\partial A_{s,tot}} \right| S_{A_{s,tot}}$$

Phương sai tổng hợp của lực dọc giới hạn của tiết diện:

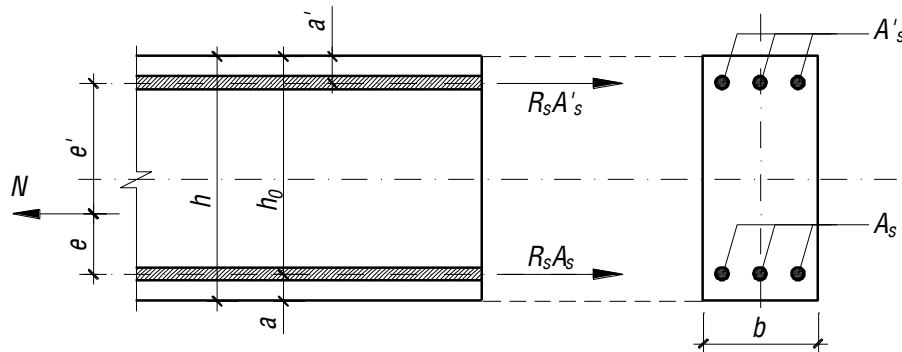
$$S_{\Delta N_{td}}^2 = S_{R_{sc}}'^2 + S_{A_{s,tot}}'^2$$

Từ đó xác định được độ lệch chuẩn tổng hợp của lực dọc giới hạn $S_{\Delta N_{td}}$

3.5.3.4. Cấu kiện bê tông cốt thép chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật

Tính toán cấu kiện bê tông cốt thép chịu kéo lệch tâm được tiến hành tùy thuộc và vị trí đặt lực dọc N:

a) Nếu lực dọc N đặt trong khoảng giữa các hợp lực trong cốt thép S và S'



Hình 3.6-lực dọc đặt giữa các hợp lực của các nội lực trong các cốt thép S, S'[20]

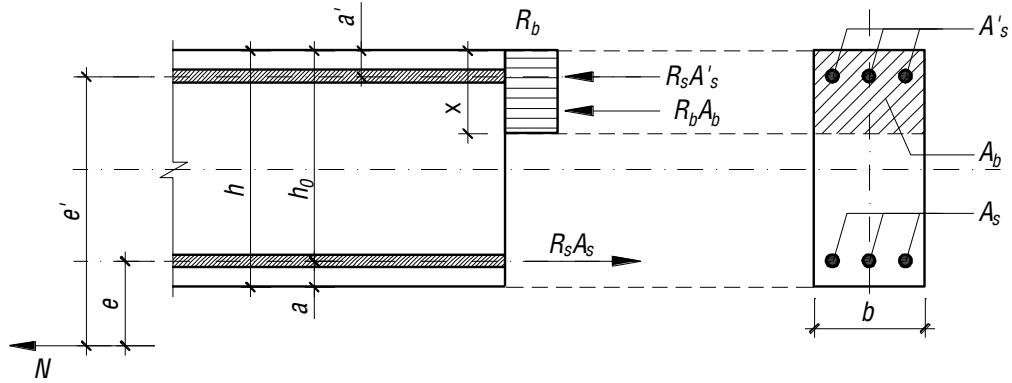
Lực dọc giới hạn được kiểm tra theo công thức [20]:

$$N.e \leq R_s A'_s (h_0 - a) \quad (3.30)$$

$$N.e' \leq R_s A_s (h_0 - a') \quad (3.31)$$

Sau khi xác định lực dọc giới hạn lớn nhất trong hai công thức trên, tính đạo hàm riêng của lực dọc giới hạn theo các tham số và xác định được độ lệch chuẩn của các tham số tương ứng. Từ đó xác định được phương sai tổng hợp và độ lệch chuẩn tổng hợp của lực dọc giới hạn

b) Nếu N đặt ngoài khoảng cách giữa các hợp lực trong cốt thép S và S'



Hình 3.7-lực dọc đặt ngoài khoảng cách giữa các hợp lực của các nội lực trong các cốt thép S, S' [20]

Lực dọc giới hạn được tính theo công thức [20]:

$$N.e \leq R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') \quad (3.32)$$

Trong đó chiều cao vùng nén x được xác định theo công thức [20]:

$$N + R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_b b x \quad (3.33)$$

Nếu trong công thức (3.33) khi $x > \xi_R h_0$ thì x được xác định theo công thức (3.26), khi $x < \xi_R h_0$ thì x được xác định theo công thức (3.25).

Tương tự như trường hợp cấu kiện chịu nén lệch tâm, có thể xác định được phương sai thành phần và phương sai tổng hợp, độ lệch chuẩn tổng hợp của lực dọc giới hạn.

3.5.3.5. Cấu kiện bê tông cốt thép chịu tác dụng của lực cắt

a) Kiểm tra cấu kiện bê tông cốt thép chịu tác dụng của lực cắt theo dải bê tông giữa các tiết diện nghiêng

Điều kiện kiểm tra [20]:

$$Q \leq \varphi_{b1} R_b b h_0 \quad (3.34)$$

Trong đó:

Q là lực cắt trong tiết diện thẳng góc;

φ_{b1} : là hệ số, kể đến ảnh hưởng của đặc điểm trạng thái ứng suất của bê tông trong dải nghiêng, lấy bằng 0,3.

$$\text{Như vậy: } Q_{td} = 0.3 R_b b h_0 \quad (3.35)$$

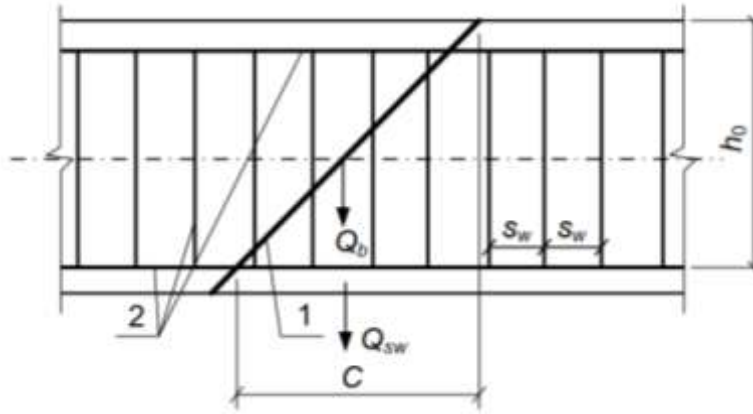
Tính đạo hàm theo từng tham số:

$$\frac{\partial Q_{td}}{\partial R_b} = 0.3bh_0; \frac{\partial Q_{td}}{\partial b} = 0.3R_b h_0; \frac{\partial Q_{td}}{\partial h_0} = 0.3R_b b$$

Độ lệch chuẩn của các tham số tương ứng:

$$S'_{R_b} = \left| \frac{\partial Q_{td}}{\partial R_b} \right| S_{R_b}; S'_b = \left| \frac{\partial Q_{td}}{\partial b} \right| S_b; S'_{h_0} = \left| \frac{\partial Q_{td}}{\partial h_0} \right| S_{h_0};$$

b) Kiểm tra cầu kiện bê tông cốt thép chịu tác dụng của lực cắt theo tiết diện nghiêng



Hình 3.8-Sơ đồ nội lực cầu kiện btct theo tiết diện nghiêng chịu cắt [20]

Điều kiện kiểm tra [20]:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw} \quad (3.36)$$

Trong đó:

Q_b : lực cắt chịu bởi bê tông trong tiết diện nghiêng [20]:

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2} R_{bt} b h_0^2}{C} \quad (3.37)$$

Q_b không lớn hơn $2,5R_{bt}bh_0$ và không nhỏ hơn $0,5R_{bt}bh_0$ tương ứng với việc C nằm trong khoảng $(0,6h_0; 3h_0)$.

Q_{sw} : là lực cắt chịu bởi cốt thép ngang trong tiết diện nghiêng [20]:

$$Q_{sw} = \varphi_{sw} q_{sw} C = \varphi_{sw} \frac{R_{sw} A_{sw}}{S_w} C \quad (3.38)$$

φ_{b2} : là hệ số, kể đến ảnh hưởng của cốt thép dọc, lực bám dính và đặc điểm trạng thái ứng suất của bê tông nằm phía trên vết nứt xiên, lấy bằng 1,5.

φ_{sw} : là hệ số, kể đến sự suy giảm nội lực dọc theo chiều dài hình chiếu của tiết diện nghiêng C, lấy bằng 0,75.

Chiều dài C xét trong khoảng $(h_0; 2h_0)$.

Như vậy lực cắt giới hạn:

$$Q_{td} = 1,5 \frac{R_{bt} b h_0^2}{C} + 0,75 \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w} C \quad (3.39)$$

Nhận xét: Hàm Q_{td} tăng dần khi $C > \sqrt{\frac{2R_{bt} b h_0^2 s_w}{R_{sw} A_{sw}}}$ và giảm dần khi

$$C < \sqrt{\frac{2R_{bt} b h_0^2 s_w}{R_{sw} A_{sw}}}.$$

Như vậy khi kiểm tra khả năng chịu cắt của tiết diện cần kiểm tra tại các vị trí đặt C tương ứng với cách xác định Q_{td} phù hợp:

$$Q_{td}(0) = 2,5 R_{bt} b h_0 + 0,75 \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w} h_0; \quad (3.40)$$

$$Q_{td}(h_0) = 1,5 R_{bt} b h_0 + 0,75 \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w} h_0; \quad (3.41)$$

$$Q_{td}(2h_0) = 0,75 R_{bt} b h_0 + 1,5 \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w} h_0; \quad (3.42)$$

$$Q_{td}(3h_0) = 0,5 R_{bt} b h_0 + 1,5 \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w} h_0; \quad (3.43)$$

$$Q_{td}(C_1) = \sqrt{4,5 R_{bt} b h_0^2 q_{sw}} = \sqrt{\frac{4,5 R_{bt} b h_0^2 R_{sw} A_{sw}}{s_w}}; \quad (3.44)$$

Tìm $Q_{td} = \min(Q_{td}(0), Q_{td}(h_0), Q_{td}(2h_0), Q_{td}(3h_0), Q_{td}(C_1))$

Thấy rằng: $Q_{td} = \min(Q_{td}(h_0), Q_{td}(3h_0), Q_{td}(C_1))$

Sau khi tìm được Q_{td} sẽ xác định được hàm công năng của Q_{td} là một trong các hàm số nêu trên.

$$\text{Khi: } Q_{td} = Q_{td}(h_0) = 1,5 R_{bt} b h_0 + 0,75 \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w} h_0$$

Tính đạo hàm riêng theo từng tham số:

$$\frac{\partial Q_{td}}{\partial R_{bt}} = 1,5 b h_0; \quad \frac{\partial Q_{td}}{\partial b} = 1,5 R_{bt} h_0 \quad \frac{\partial Q_{td}}{\partial h_0} = 1,5 R_{bt} b + 0,75 \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w};$$

$$\frac{\partial Q_{td}}{\partial R_{sw}} = 0,75 \frac{A_{sw}}{s_w} h_0; \quad \frac{\partial Q_{td}}{\partial A_{sw}} = 0,75 \frac{R_{sw}}{s_w} h_0; \quad \frac{\partial Q_{td}}{\partial s_w} = -0,75 \frac{A_{sw} R_{sw}}{s_w^2} h_0$$

$$\text{Khi: } Q_{td}(3h_0) = 0,5 R_{bt} b h_0 + 1,5 \frac{R_{sw} A_{sw}}{s_w} h_0$$

Tính đạo hàm riêng theo từng tham số:

$$\frac{\partial Q_{td}}{\partial R_{bt}} = 0,5bh_0; \frac{\partial Q_{td}}{\partial h_0} = 0,5R_{bt}b + 1,5\frac{R_{sw}A_{sw}}{s_w}; \frac{\partial Q_{td}}{\partial R_{sw}} = 1,5\frac{A_{sw}}{s_w}h_0;$$

$$\frac{\partial Q_{td}}{\partial A_{sw}} = 1,5\frac{R_{sw}}{s_w}h_0; \frac{\partial Q_{td}}{\partial s_w} = -1,5\frac{A_{sw}R_{sw}}{s_w^2}h_0.$$

$$\text{Khi: } Q_{td} = Q_{td}(C_1) = \sqrt{4,5R_{bt}bh_0^2q_{sw}} = \sqrt{\frac{4,5R_{bt}bh_0^2R_{sw}A_{sw}}{s_w}}$$

Tính đạo hàm riêng theo từng tham số:

$$\frac{\partial Q_{td}}{\partial R_{bt}} = \sqrt{\frac{4,5bh_0^2R_{sw}A_{sw}}{4R_{bt}s_w}}; \quad \frac{\partial Q_{td}}{\partial b} = \sqrt{\frac{4,5R_{bt}h_0^2R_{sw}A_{sw}}{4bs_w}};$$

$$\frac{\partial Q_{td}}{\partial h_0} = \sqrt{\frac{4,5R_{bt}bR_{sw}A_{sw}}{s_w}}; \quad \frac{\partial Q_{td}}{\partial R_{sw}} = \sqrt{\frac{4,5R_{bt}bh_0^2A_{sw}}{4R_{sw}s_w}};$$

$$\frac{\partial Q_{td}}{\partial A_{sw}} = \sqrt{\frac{4,5R_{bt}bh_0^2R_{sw}}{4A_{sw}s_w}}; \quad \frac{\partial Q_{td}}{\partial s_w} = -\sqrt{\frac{4,5R_{bt}bh_0^2R_{sw}A_{sw}}{s_w^3}}$$

Độ lệch chuẩn của các tham số tương ứng:

$$S'_{R_{bt}} = \left| \frac{\partial Q_{td}}{\partial R_{bt}} \right| S_{R_{bt}}; \quad S'_b = \left| \frac{\partial Q_{td}}{\partial b} \right| S_b; \quad S'_{h_0} = \left| \frac{\partial Q_{td}}{\partial h_0} \right| S_{h_0}$$

$$S'_{R_{sw}} = \left| \frac{\partial Q_{td}}{\partial R_{sw}} \right| S_{R_{sw}}; \quad S'_{A_{sw}} = \left| \frac{\partial Q_{td}}{\partial A_{sw}} \right| S_{A_{sw}}; \quad S'_{s_w} = \left| \frac{\partial Q_{td}}{\partial s_w} \right| S_{s_w}$$

Phương sai của lực cắt giới hạn mà tiết diện có thể chịu được:

$$S_{\Delta Q_{td}}^2 = S_{R_{bt}}'^2 + S_b'^2 + S_{h_0}'^2 + S_{R_{sw}}'^2 + S_{A_{sw}}'^2 + S_{s_w}'^2$$

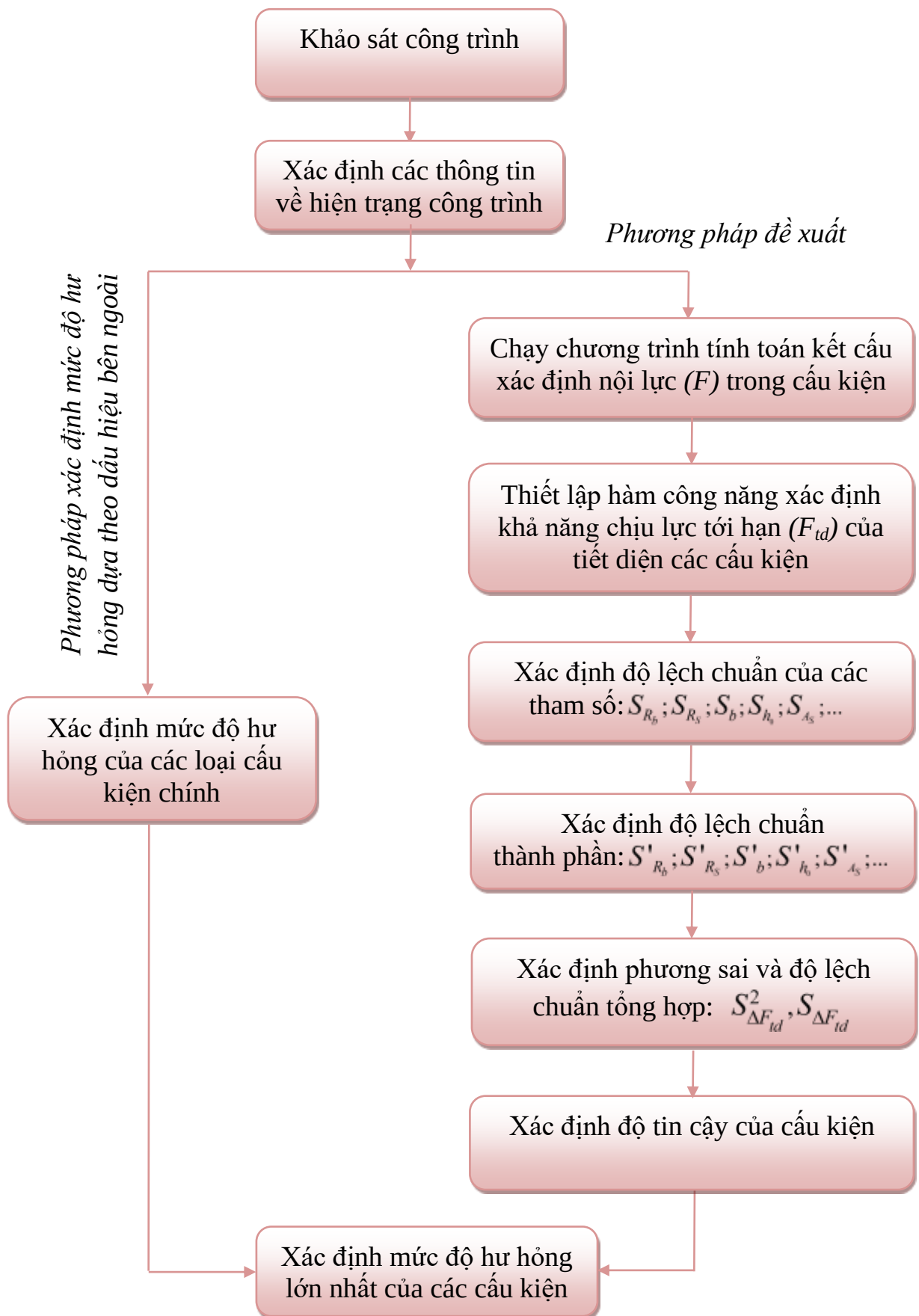
3.5.3.6. Nhận xét về tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu

Với cấu kiện, kết cấu, tại bất kỳ trạng thái chịu lực nào, dựa theo điều kiện kiểm tra khả năng chịu lực, sau khi thiết lập được hàm công năng, có thể tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu.

Việc tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu hoàn toàn có thể tự động hóa bằng phần mềm thông dụng như excel cho từng loại cấu kiện ở các trạng thái chịu lực khác nhau.

3.5.4. Trình tự tính toán mức độ hư hỏng của cấu kiện theo phương pháp dựa theo dấu hiệu bên ngoài và phương pháp đề xuất tính toán theo ĐTC

Tổng hợp mục 3.5.1, 3.5.3, trình tự tính toán xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện theo 2 phương pháp được thể hiện như sơ đồ sau:



Hình 3.9-Sơ đồ tính toán xác định mức độ hư hỏng của cầu kiện

3.6. Phương pháp xác định trọng số α_i

Trong tính toán công trình, các tham số cơ bản có ảnh hưởng khác nhau đến ĐTC hay ảnh hưởng khác nhau tới lượng dự trữ an toàn của công trình.

Vì vậy, theo độ nhạy của các tham số cơ bản đối với ĐTC, có thể dự đoán về ảnh hưởng của chúng đến ĐTC. Do đó, sau đây luận án đề nghị cách xác định các trọng số α_i theo độ nhạy của các tham số cơ bản.

3.6.1. Chọn tham số cơ bản đại diện cho nhóm cấu kiện

Các nhóm cấu kiện tham gia vào chịu lực (hư hỏng) chung của công trình là khác nhau nên chúng có vai trò (trọng số) khác nhau. Khi phân tích kết cấu thì việc chọn các tham số cơ bản của các cấu kiện đã được quy định trong cơ học kết cấu và phụ thuộc vào sơ đồ kết cấu công trình. Mỗi nhóm (cột, dầm, sàn, v.v...) có thể có nhiều tham số cơ bản. Vì vậy trước khi tính độ nhạy ta cần xác định các tham số cơ bản của từng nhóm x_{ij} trong đó i là chỉ số nhóm $i = \overline{1, n}$, j là chỉ số các tham số cơ bản của từng nhóm $j = \overline{1, m}$.

3.6.2. Xác định độ nhạy của các tham số cơ bản và tham số đại diện nhóm

- Độ nhạy của hàm một biến số $f(x)$ tại giá trị x_0 .

Xét sự tăng giảm của $f(x)$ tại x_0 khi x_0 nhận một giá số nào đó Δx_0 (Δx_0 có thể âm hoặc dương). Giá số tương ứng của hàm $f(x)$ tại x_0 là:

$$\Delta f_{x_0} = f(x_0 + \Delta x_0) - f(x_0)$$

Khi đó độ nhạy tỷ đối của $f(x)$ tại x_0 với giá số Δx_0 là:

$$k(x_0) = \frac{\Delta f(x_0)}{f(x_0)}$$

Đối với hàm nhiều biến $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ cũng có biểu thức tương tự:

$$k(\vec{x}_0) = \frac{\Delta f(\vec{x}_0 + \Delta \vec{x}_0)}{f(\vec{x}_0)}$$

Độ nhạy thể hiện sự nhạy cảm của sự thay đổi của hàm số. Khi kết cấu bị hư hỏng, tức các tham số ban đầu bị thay đổi. Nếu tham số có độ nhạy lớn, tức nó có vai trò quan trọng trong sự đánh giá định lượng sự hư hỏng của hệ.

- Lượng dự trữ của nhóm cấu kiện.

Từ điều kiện an toàn, có thể tìm được lượng dự trữ an toàn chẳng hạn, trường hợp ứng suất L một chiều, điều kiện an toàn là:

$$\sigma_{max} \leq [\sigma]$$

Khi đó lượng dự trữ an toàn là: $[\sigma] - \sigma_{max} = q$

Lượng dự trữ an toàn tỷ số là: $l = \frac{q}{\sigma_{max}}$

Trường hợp nhiều chiều thì σ_{max} là một hàm nào đó, song vẫn có thể tính toán được giá trị. Lượng dự trữ có thể ảnh hưởng trực tiếp đến ĐTC của công trình.

- Căn cứ vào độ nhảy để chọn các tham số tính toán, trường hợp nhiều tham số, tham số độ nhảy kém thì có thể không xét sự nhạy cảm. Như vậy, khi độ nhảy của hư hỏng thấp thì nó có vai trò nhỏ trong hư hỏng tổng thể.

- Chúng ta cũng thấy rằng: khi q lớn thì mức độ an toàn cao và ngược lại. Do đó các cấu kiện, kết cấu (đại diện là các tham số) đóng góp lượng dự trữ cao thì chúng có ảnh hưởng lớn đến độ an toàn.

Ghi chú: Do đơn vị và thứ nguyên của các đại lượng tính toán khác nhau nên khi tính toán đã dùng đại lượng tỷ đối (hay đại lượng tương đối).

3.6.3. Cơ sở chọn trọng số

Từ các nhận xét trên, thấy rằng: nếu các nhóm cấu kiện có độ nhảy cao là nguy hiểm hơn nhóm độ nhảy thấp. Cho nên với nhóm có độ nhảy cao được chọn trọng số cao và ngược lại. Với nhóm có lượng dự trữ cao thì ít nguy hiểm hơn nhóm có lượng dự trữ an toàn thấp. Vì vậy nhóm có lượng dự trữ thấp được chọn trọng số cao và ngược lại.

Bảng 3.3. Quan hệ giữa độ nhảy và độ dự trữ

Độ nhảy k		Độ dự trữ q	
Giá trị k tăng dần ↑	k_1	q_1	Giá trị q giảm dần ↓
	k_2	q_2	
	k_3	q_3	
			
	k_{n-1}	q_{n-1}	
	k_n	q_n	

$$\{\vec{\alpha}\} = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n\}^T$$

Việc chọn $\sum_{i=1}^n \alpha_i = a$ bằng bao nhiêu là tùy theo người nghiên cứu, sao cho n giá trị α_i có tổng a , cũng không ảnh hưởng đến mức độ hư hỏng của công trình ε vì tính theo tỷ số.

Nhận xét:

- Lượng dự trữ q liên quan chặt chẽ với ĐTC, song tính ĐTC nói chung rất phức tạp và đòi hỏi nhiều số liệu. Vì vậy trong trường hợp có thể tính được ĐTC của các loại yếu tố thì không dùng q . Nếu không thì phải dùng q .

- Các phương pháp chỉ dùng cho một loại công trình (ngay trong nhà khung BTCT cũng có nhiều loại). Vì vậy, không thể áp dụng một loại phương pháp nào đó cho nhiều loại công trình khác nhau. Song khi cần hoặc không đòi hỏi yêu cầu chính xác cao thì vẫn dùng được.

Vì vậy, trong phạm vi của luận án, phần xác định trọng số của nhóm cấu kiện chỉ đề xuất phương pháp tính toán, không thực hiện tính toán chi tiết.

3.7. Các bước tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo phương pháp dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài và phương pháp đề xuất theo tính toán ĐTC

Dựa theo theo kết quả đã trình bày trong mục 3.4, 3.5, trình tự tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình được thể hiện qua các bước và sơ đồ tính toán dưới đây:

Bước 1: Xác định mức độ hư hỏng của các cấu kiện.

Mức độ hư hỏng của các cấu kiện tại một thời điểm khảo sát được xác định theo hai phương pháp thể hiện trong sơ đồ tính toán xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện trong hình 3.9 tại mục 3.5.4.

Bước 2: Xác định mức độ hư hỏng của nhà và công trình.

Hệ kết cấu của nhà và công trình gồm nhiều cấu kiện và bộ phận kết cấu, đánh giá tổng hợp mức độ hư hỏng của nhà và công trình theo công thức [82]:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \dots + \alpha_i \varepsilon_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i} \quad (3.46)$$

trong đó: $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$ giá trị lớn nhất của các hư hỏng của loại kết cấu riêng lẻ. Các giá

trị này được tổng hợp từ toàn bộ các số liệu hư hỏng của các cấu kiện trong nhà hoặc công trình, xác định trong bước 1;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$ – các trọng số của loại kết cấu riêng lẻ. Khi không cơ sở để chọn giá trị trọng số thì có thể lấy các giá trị α như sau [82]:

- Sàn và mái: $\alpha = 2$;
- Dầm: $\alpha = 4$;
- Dàn: $\alpha = 7$;
- Cột: $\alpha = 8$;
- Tường chịu lực và móng: $\alpha = 3$;
- Các dạng kết cấu khác: $\alpha = 2$.

Bước 3: Xác định độ tin cậy tương đối của nhà hoặc công trình theo công thức:

$$y = 1 - \varepsilon \quad (3.47)$$

Bước 4: Xác định hao mòn thường xuyên của nhà hoặc công trình.

Hư hỏng của các kết cấu xây dựng sau thời gian t^* năm sử dụng được xác định theo công thức (3.11):

$$\lambda = -\ln y / t^* = -\ln(1 - \varepsilon) / t^* \quad (3.48)$$

Bước 5: Xác định thời hạn sử dụng kết cấu từ thời điểm khảo sát đến khi cần tiến hành sửa chữa lớn và đến khi có thể xảy ra sự cố.

Thời hạn sử dụng kết cấu (tính bằng năm) từ thời điểm khảo sát đến khi cần tiến hành sửa chữa lớn được xác định theo công thức [82]:

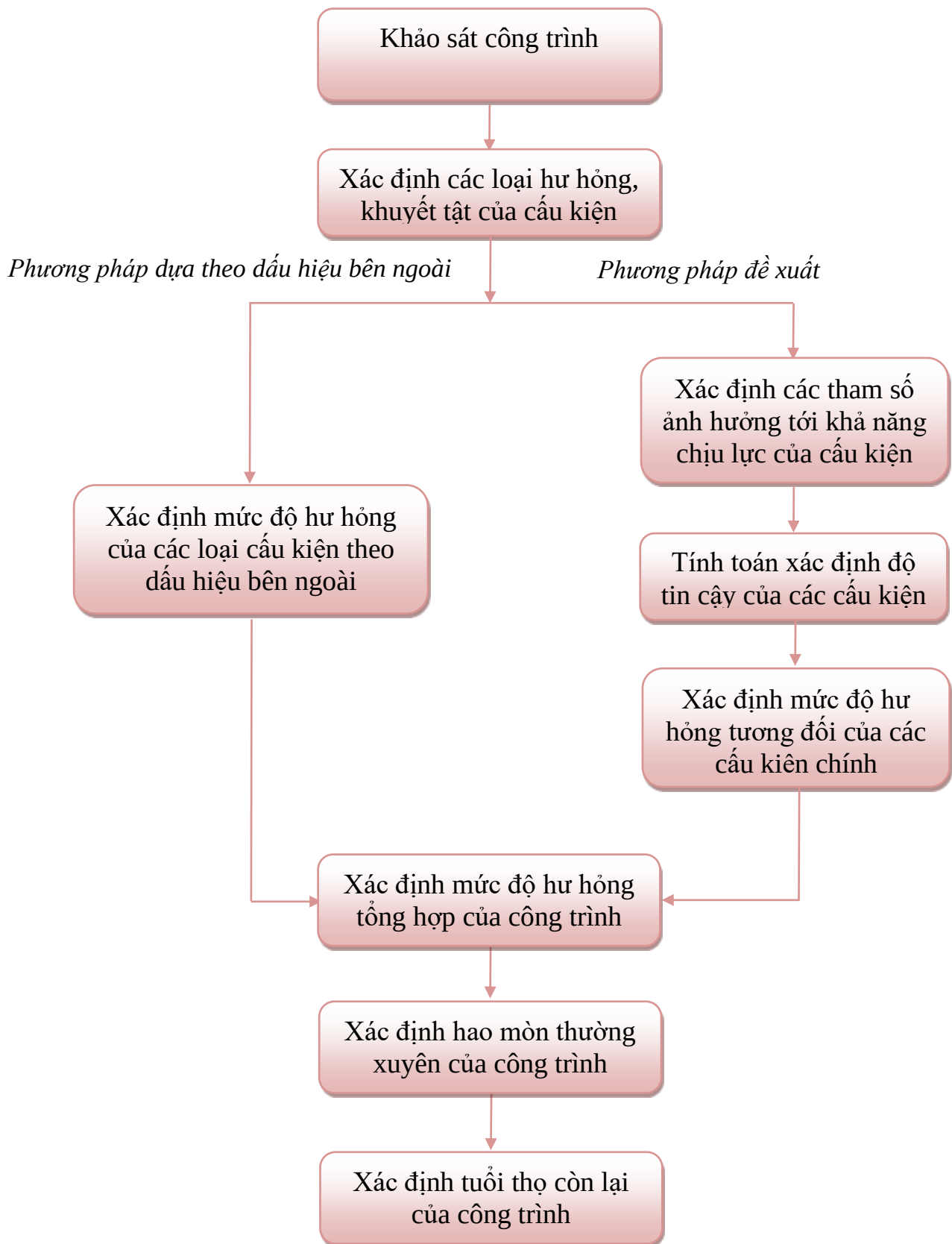
$$T_1 = \frac{0,16}{\lambda} \quad (3.49)$$

Thời hạn sử dụng kết cấu từ thời điểm khảo sát đến khi tình trạng có thể xảy ra sự cố được tính theo công thức [82]:

$$T_0 = \frac{0,22}{\lambda} \quad (3.50)$$

$$\text{Tuổi thọ còn lại của công trình: } \Delta T = T - t^* \quad (3.51)$$

Các bước tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình được thể hiện theo sơ đồ sau:



Hình 3.10-Sơ đồ tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình

3.8. Kết luận chương 3

Trong chương 3, trên cơ sở các nghiên cứu về một số phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của công trình được nêu trong chương 1, NCS đã tổng hợp và đưa ra cơ sở khoa học của các phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của công trình.

Trên cơ sở phân tích ưu nhược điểm của phương pháp xác định tuổi thọ còn lại dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài của liên bang Nga, đã đề xuất phương pháp xác định tuổi thọ còn lại theo tính toán ĐTC của cầu kiện, kết cấu và đề xuất hướng xác định trọng số của nhóm cầu kiện mà trong phương pháp xác định tuổi thọ còn lại dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài chưa đề cập cách tính toán.

Đã xây dựng quy trình xác định mức độ hư hỏng của cầu kiện, kết cấu và quy trình xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo hai phương pháp.

Các nội dung nghiên cứu trong chương 3 sẽ được áp dụng vào tính toán tuổi thọ còn lại cho một công trình cụ thể trong chương 4.

CHƯƠNG 4. KHẢO SÁT ĐÁNH GIÁ, XÁC ĐỊNH TUỔI THỌ CÒN LẠI CỦA CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

4.1. Mở đầu

Trong chương 3, luận án đã phân tích cơ sở lý luận về xác định tuổi thọ còn lại của công trình. Cùng với phương pháp tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài của kết cấu [82], NCS đề xuất phương pháp tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu khi xét đến các yếu tố thay đổi và suy giảm của kết cấu thông qua kết quả khảo sát hiện trường và thí nghiệm kiểm định.

Để đánh giá mức độ áp dụng thực hành trong thực tế đồng thời rút ra những so sánh đánh giá ưu nhược điểm của hai phương pháp, các mục tiếp theo sẽ trình bày quy trình và kết quả tính toán xác định tuổi thọ còn lại của một công trình cụ thể theo hai phương pháp.

4.2. Thông tin chung hiện trạng công trình theo kết quả khảo sát

4.2.1. Thông tin chung hiện trạng công trình

- Công trình là trụ sở văn phòng trên địa bàn Hà Nội được xây dựng và hoàn thành vào năm 1995. Đến thời điểm khảo sát, công trình đã khai thác sử dụng được 27 năm. Công trình có diện tích xây dựng là 344 m², gồm 04 tầng mỗi tầng cao 3.6m² với chiều cao công trình là 14.4m. Tổng diện tích sàn xây dựng là 1376 m²;

- Tình trạng tại thời điểm khảo sát: Công trình đã xuống cấp, xuất hiện nhiều hư hỏng cục bộ trên kết cấu công trình như: xuất hiện các vết nứt, lớp bê tông bảo vệ bị bong tróc, cốt thép bị ăn mòn nặng ở một số vị trí.

4.2.2. Quy trình khảo sát hiện trạng

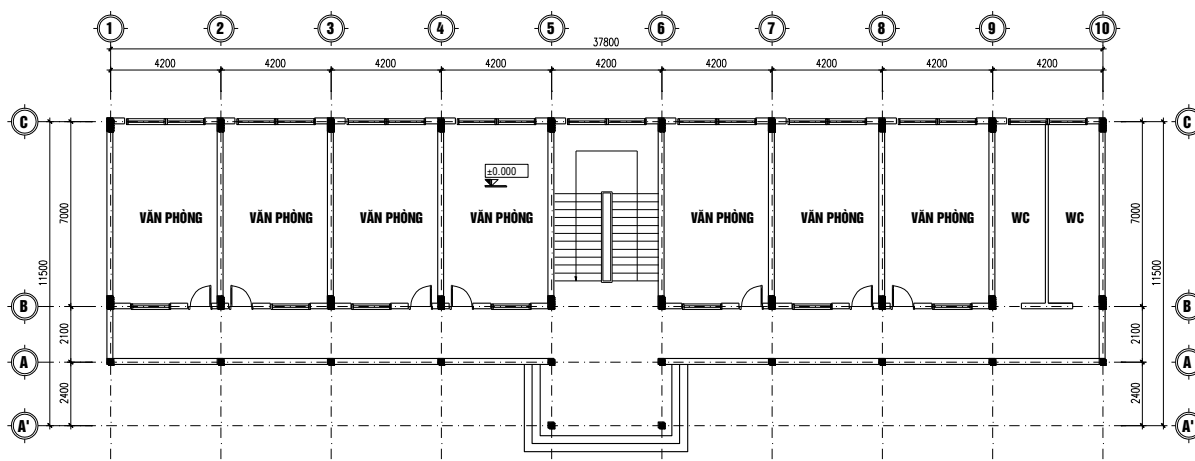
Công việc khảo sát hiện trạng, kiểm tra đánh giá bao gồm các bước sau:

- Khảo sát sơ bộ công trình, thu thập các thông tin liên quan đến công trình;
- Khảo sát trực quan kiến trúc, hệ thống cơ điện của công trình;
- Kiểm tra, xác định kích thước cấu kiện, lập mặt bằng kết cấu hiện trạng;
- Khảo sát, ghi nhận hiện trạng hư hỏng của công trình;

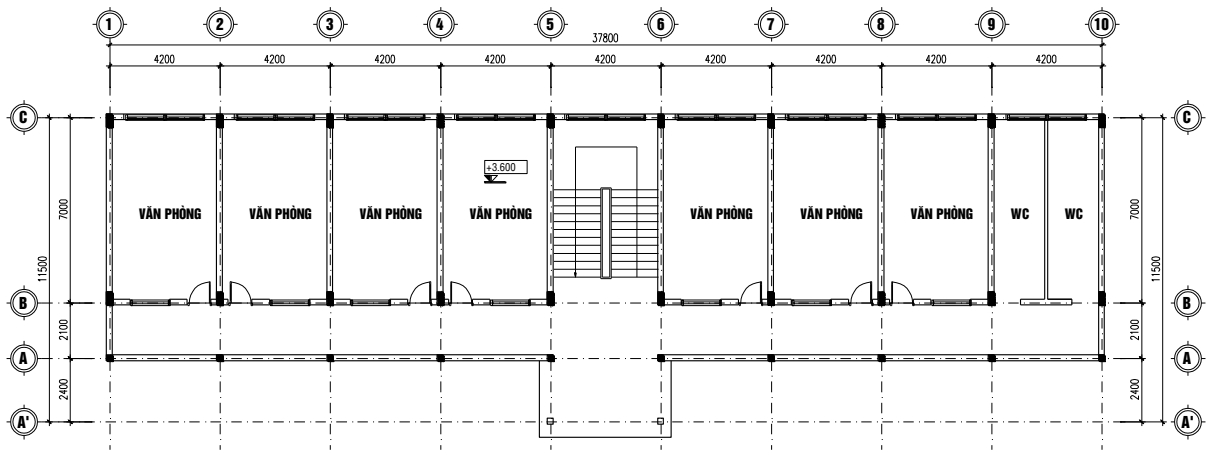
- Quan trắc lún, đo độ nghiêng tổng thể, độ nghiêng của một số kết cấu chịu lực;
- Khảo sát các vết nứt xuất hiện trên công trình;
- Kiểm tra cường độ bê tông (đối với kết cấu bê tông) bằng các phương pháp khoan lấy lõi, siêu âm kết hợp súng bật nảy;
- Kiểm tra cường độ cốt thép bằng phương pháp lấy mẫu thí nghiệm hiện trường. Xác định bố trí cốt thép trong cấu kiện bằng phương pháp siêu âm và đối chiếu với hồ sơ hoàn công;
- Kiểm tra cường độ gạch, vữa bằng phương pháp thí nghiệm mẫu lấy từ kết cấu tường gạch chịu lực;
- Kiểm tra mức độ ăn mòn của cốt thép đối với các kết cấu chịu lực bê tông cốt thép;
- Kiểm tra độ pH của bê tông vùng cận cốt thép cho một số kết cấu bê tông cốt thép.

4.2.3. Kết quả khảo sát hiện trạng

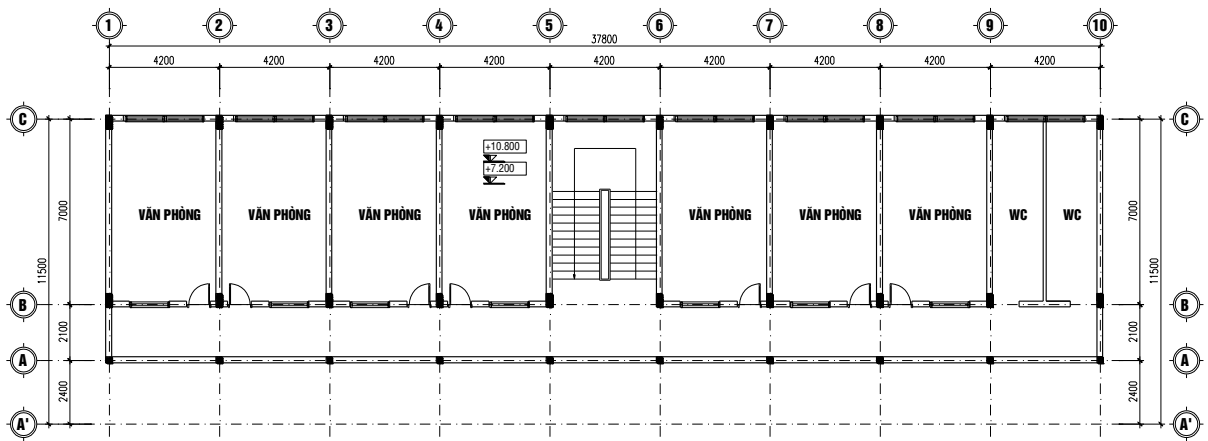
- Về giải pháp kiến trúc: Công trình với công năng là văn phòng, giao thông theo phương đứng là cầu thang bộ bố trí giữa nhà, giao thông trên một mặt bằng là hành lang bên. Các phòng được ngăn chia bởi các tường xây 220mm. Trong quá trình khai thác sử dụng công trình không thay đổi công năng so với thiết kế ban đầu. Do đó khi tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu không xét đến sự thay đổi của tải trọng.



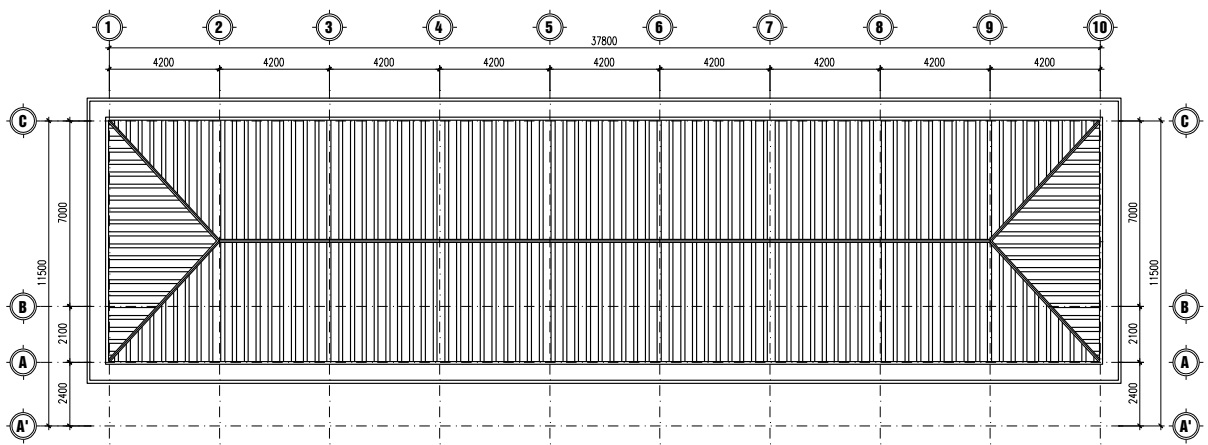
Hình 4.1-Mặt bằng kiến trúc tầng 1



Hình 4.2-Mặt bằng kiến trúc tầng 2



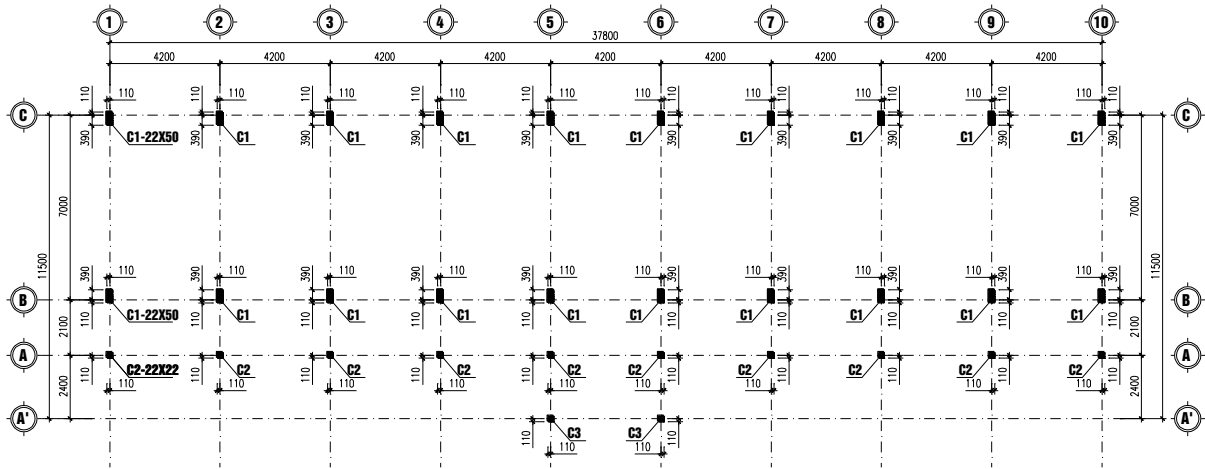
Hình 4.3-Mặt bằng kiến trúc tầng 3,4



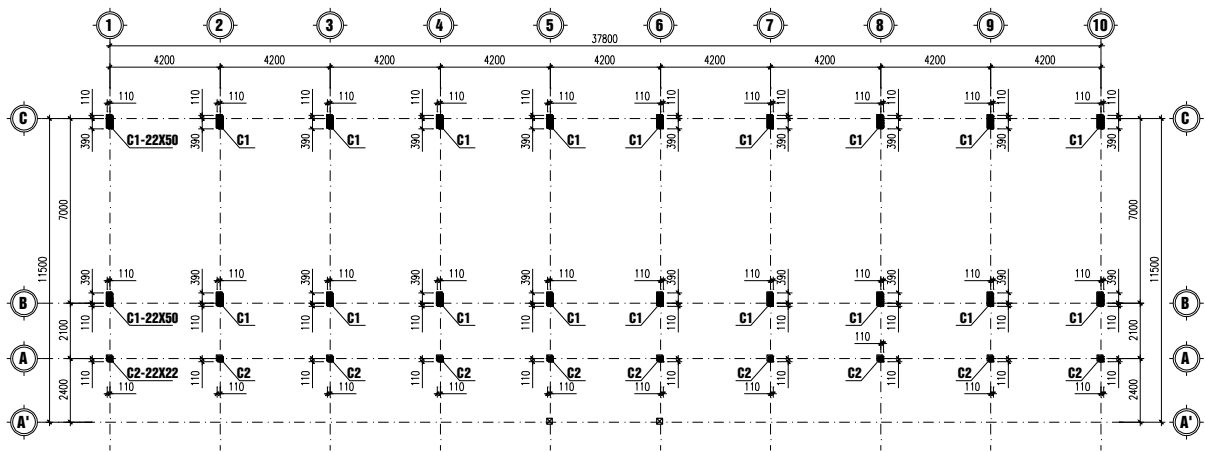
Hình 4.4-Mặt bằng kiến trúc tầng mái

- Về giải pháp kết cấu: là dạng kết cấu khung bê tông cốt thép, bao gồm hệ lưới cột đỡ kết cấu dầm, sàn bê tông cốt thép. Đối với kết cấu móng, qua kết quả quan trắc lún, nghiêng thấy rằng công trình không có hiện tượng lún nghiêng, kết hợp với kết quả khảo sát đánh giá chất lượng kết cấu móng đảm bảo yêu cầu thiết

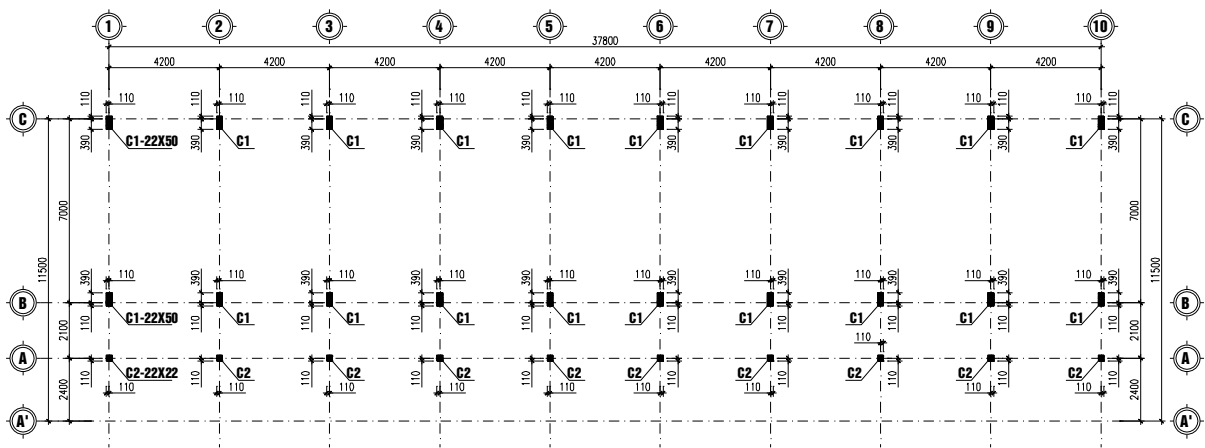
kế. Vì vậy, không xét tới hư hỏng của kết cấu móng trong hư hỏng của công trình.
Giải pháp kết cấu phân thân của công trình được thể hiện như sau:



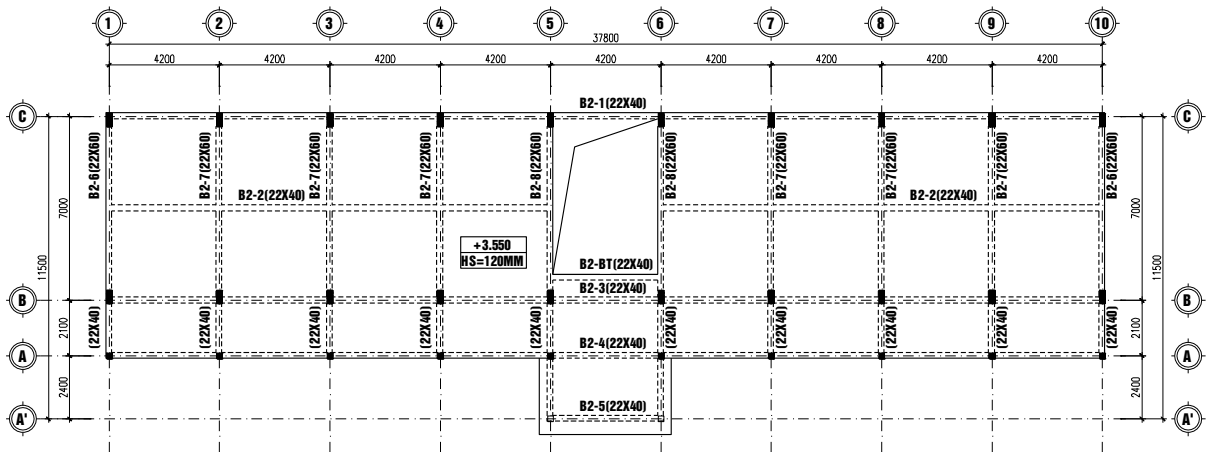
Hình 4.5-Mặt bằng định vị cột tầng 1



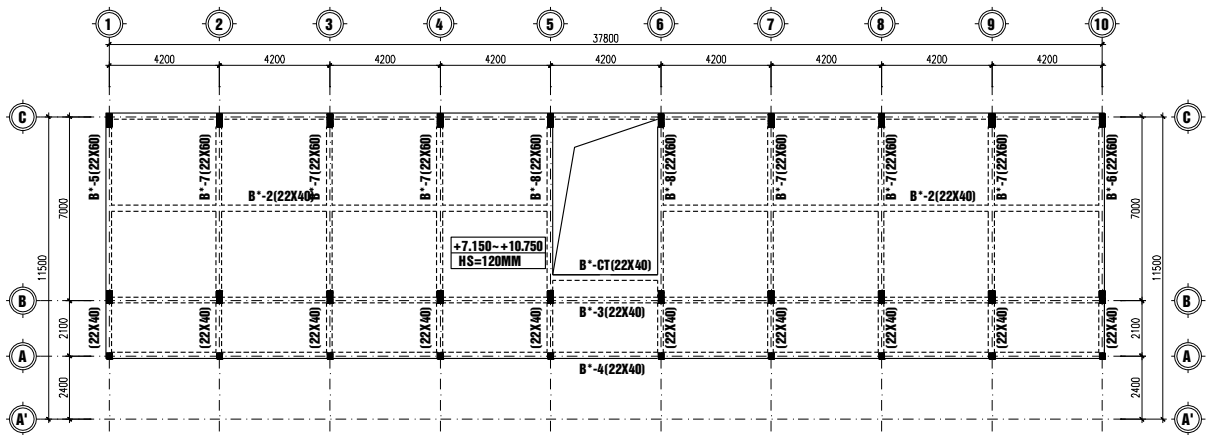
Hình 4.6-Mặt bằng định vị cột tầng 2



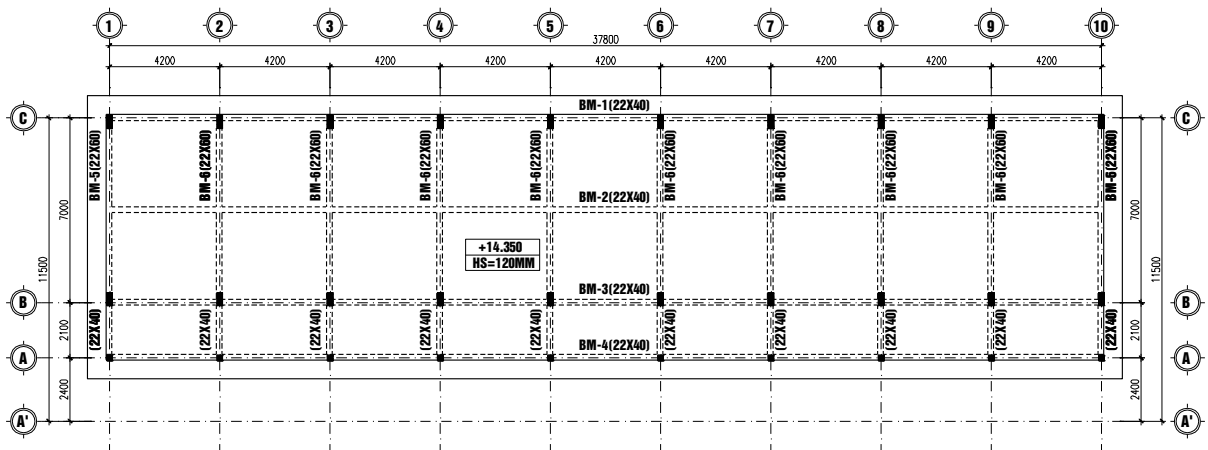
Hình 4.7- Mặt bằng định vị cột tầng 3,4



Hình 4.8-Mặt bằng kết cấu tầng 2



Hình 4.9-Mặt bằng kết cấu tầng 3,4



Hình 4.10-Mặt bằng kết cấu tầng mái

- Kết quả khảo sát về hư hỏng theo dấu hiệu bên ngoài và số liệu sai khác hoặc suy giảm của kích thước tiết diện, cường độ bê tông, cốt thép so với thiết kế ban đầu, mức độ ăn mòn cốt thép được thể hiện chi tiết trong mục 4.3, 4.4.

4.3. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo phương pháp đánh giá mức độ hư hỏng qua dấu hiệu bên ngoài

Tài liệu [82] đã đưa ra phương pháp xác định nhanh tuổi thọ còn lại của công trình theo các dấu hiệu hư hỏng bên ngoài như: vết nứt, mức độ bong tróc lớp bê tông bảo vệ, mức độ ăn mòn cốt thép trên kết cấu, vv...

Các bước tính toán tuổi thọ còn lại của công trình theo dấu hiệu bên ngoài được thể hiện theo sơ đồ như sau:



Hình 4.11-Sơ đồ tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài

Bước 1: Dựa trên bảng 3.2 chương 3 phân loại mức độ hư hỏng và độ tin cậy tương đối của kết cấu bê tông cốt thép, lập bảng tổng hợp hiện trạng và mức độ hư hỏng của các cấu kiện trên công trình như sau:

Bảng 4.1. Tổng hợp hiện trạng và mức độ hư hỏng của cấu kiện

STT	Cấu kiện	Vị trí	Hiện trạng	Hình ảnh khảo sát	độ tin cậy tương đối	Mức độ hư hỏng
1	Sàn bê tông cốt thép	Tầng 2 Trục A-B-4-5	Bê tông bị nứt, vỡ, phong hóa lộ cốt thép. Cốt thép bị ăn mòn nặng, gỉ nở bong tróc gỉ nặng		0,75	0,25
2	Sàn bê tông cốt thép	Tầng 2 Trục B-C-6-7	Sàn bị nứt, bề rộng vết nứt đến 0.3 mm		0,95	0,05
3	Sàn bê tông cốt thép	Tầng 3 Trục B-C-5-6	Bê tông bị nứt, vỡ, phong hóa lộ cốt thép. Cốt thép bị ăn mòn nặng, gỉ nở bong tróc gỉ nặng		0,75	0,25
4	Mái hiên	Tầng 2 Trục A-5-6	Bê tông bị nứt, vỡ, phong hóa lộ cốt thép. Cốt thép bị ăn mòn nặng, gỉ nở		0,75	0,25

STT	Cấu kiện	Vị trí	Hiện trạng	Hình ảnh khảo sát	độ tin cậy tương đối	Mức độ hư hỏng
5	Dầm sàn tầng 2	Tầng 2 Trục A-B-4	Dầm bị bong vữa, có khe nứt giữa dầm và sàn, bề rộng khe nứt đến 0.6 mm		0,85	0,15
6	Cột	Tầng 1 Trục A-5	Bê tông bị nứt, vỡ, phong hóa lộ cốt thép. Cốt thép bị ăn mòn nặng, gỉ nở		0,85	0,15
7	Sàn bê tông cốt thép	Tầng 2 Trục A-B-7-8	Sàn bị nứt, bề rộng vết nứt đến 0.3 mm		0,95	0,05
8	Cột	Tầng 1 Trục A-3	Bê tông bị nứt, vỡ, phong hóa lộ cốt thép.		0,95	0,05
9	Sàn bê tông cốt thép	Tầng 3 Trục B-C-9-10	Sàn bị nứt, vữa trần bị bong tróc nặng, các góc tiếp giáp với tường bị thấm ẩm		0,95	0,05

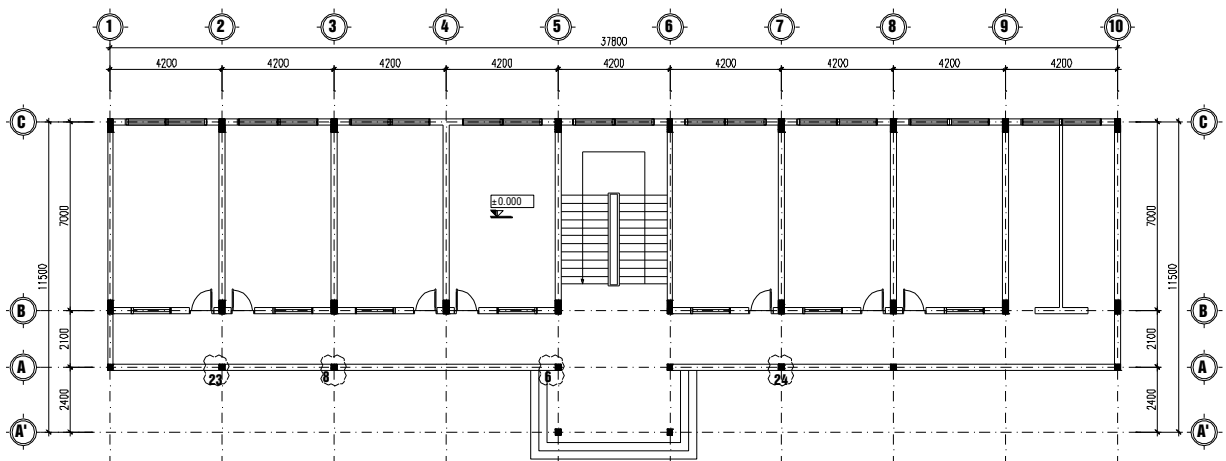
STT	Cấu kiện	Vị trí	Hiện trạng	Hình ảnh khảo sát	độ tin cậy tương đối	Mức độ hư hỏng
10	Sàn bê tông cốt thép	Tầng 3 Trục B-C, 2-3	bong tróc vữa, rêu mốc, thấm ẩm		0,95	0,05
11	Lan can	Tầng 2 Trục A-9-10	Bê tông bị nứt vỡ, cốt thép liên kết bị gỉ, lộ thép		0,95	0,05
12	Lan can	Tầng 2 Trục A-3-4	Bê tông bị nứt vỡ, cốt thép liên kết bị gỉ, lộ thép		0,95	0,05
13	Sàn bê tông cốt thép	Tầng 4 Trục A-B-3-4	Sàn bị nứt bề rộng vết nứt đến 0.3 mm. Trên dầm và sàn bị ẩm rêu mốc nặng		0,95	0,05
14	Sàn bê tông cốt thép	Tầng 3 Trục A-B-4-5	Sàn bị nứt bề rộng vết nứt đến 0.3 mm		0,95	0,05

STT	Cấu kiện	Vị trí	Hiện trạng	Hình ảnh khảo sát	độ tin cậy tương đối	Mức độ hư hỏng
15	Cột	Tầng 3 Trục A-3	Bê tông bị nứt, vỡ, phong hóa lộ cốt thép. Cốt thép bị ăn mòn nặng, bong tróc gỉ nặng		0,85	0,15
16	Sàn bê tông cốt thép	Tầng 4 Trục A-B-6-7	Sàn bị nứt, bề rộng vết nứt đến 0.2 mm. Vữa trần bị bong tróc		0,95	0,05
17	Dầm bê tông	Tầng 4 Trục A-B-8	Kết cấu bị xâm thực nghiêm trọng, thấm, ẩm, rêu mốc nặng.		0,95	0,05
18	Sàn bê tông cốt thép	Tầng mái Trục B-C-2-3	Sàn bị nứt, bề rộng vết nứt đến 0.6 mm.		0,85	0,15
19	Dầm	Tầng 2 Trục 8-B-C	Bề mặt thân dầm xuất hiện vết nứt xiên, bề rộng 0.2 mm		0,95	0,05

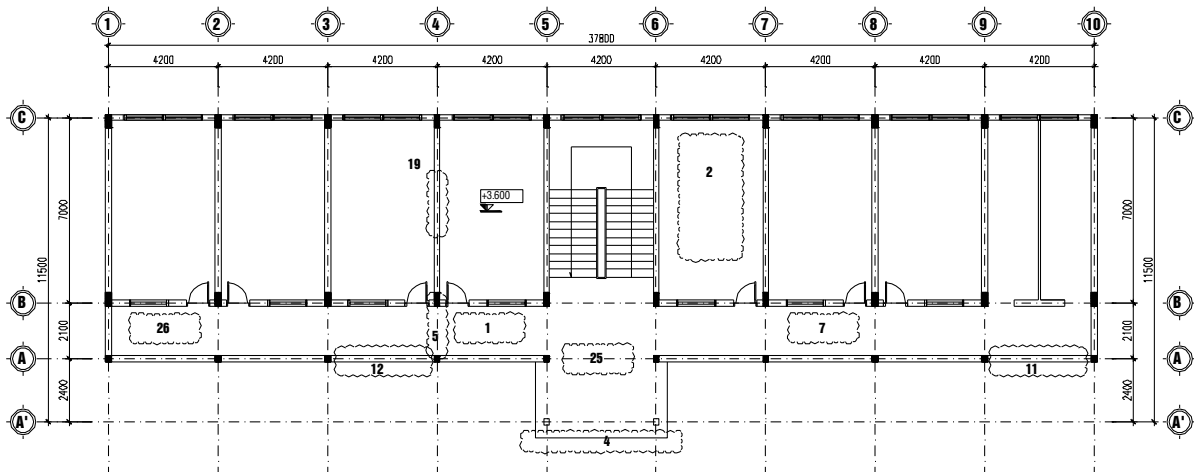
STT	Cấu kiện	Vị trí	Hiện trạng	Hình ảnh khảo sát	độ tin cậy tương đối	Mức độ hư hỏng
20	Sàn bê tông cốt thép	Tầng mái Trục B-C-4-5	Sàn bị nứt, bề rộng vết nứt đến 0.6 mm.		0,85	0,15
21	Dầm	Tầng 3 Trục 4-B-C	Nứt điểm tiếp xúc giữa dầm và sàn, bề rộng vết nứt đến 0.4 mm		0,85	0,15
22	Dầm	Tầng mái dầm B-C-6	Bê tông bị nứt, vỡ, thép bị gỉ và ăn mòn nặng.		0,85	0,15
23	Cột	Tầng 1 Trục 9-A	Chân cột bị nứt, vỡ lớp bê tông bảo vệ. Cốt thép bị gỉ và ăn mòn nặng		0,85	0,15
24	Cột	Tầng 1 Trục 7-A	Chân cột bị nứt, vỡ lớp bê tông bảo vệ. Cốt thép bị gỉ và ăn mòn nặng.		0,85	0,15

STT	Cấu kiện	Vị trí	Hiện trạng	Hình ảnh khảo sát	độ tin cậy tương đối	Mức độ hư hỏng
25	Ô sàn	Trục 5,6-A',B Tầng 2	Sàn bị nứt, bề rộng vết nứt 0,4mm. Lớp bê tông bị thấm mốc.		0,95	0,05
26	Ô sàn	Trục 1,2-A-B Tầng 2	Lớp bê tông sàn bị bong tróc, lộ thép lớp dưới, cốt thép bị ăn mòn nặng.		0,85	0,15
27	Ô Sàn	Tầng 4 Trục B-C-9-10	Bê tông bị nứt, vỡ, phong hóa lộ cốt thép. Cốt thép bị ăn mòn nặng, bong tróc gỉ nặng		0,75	0,25

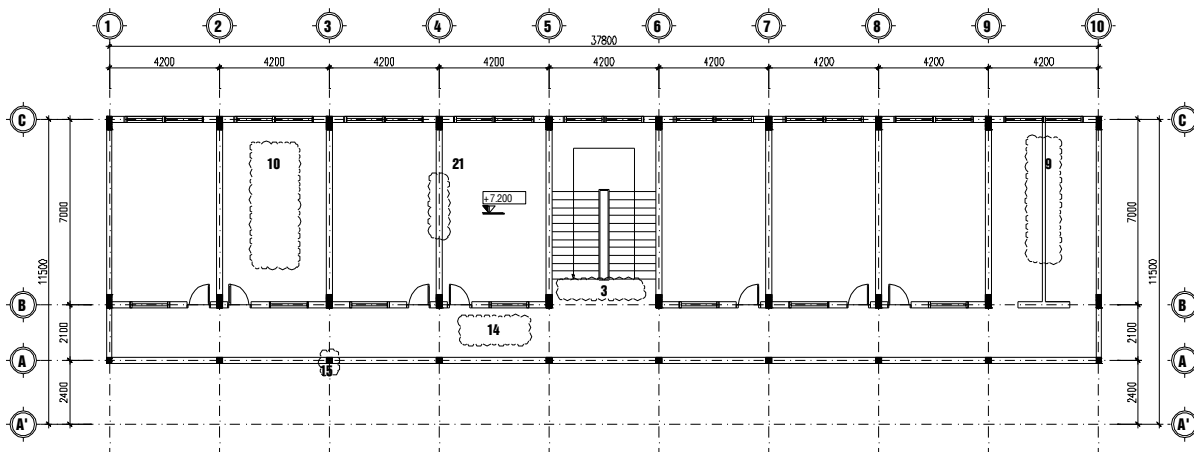
Vị trí hư hỏng của các cấu kiện được thể hiện trong các hình vẽ sau:



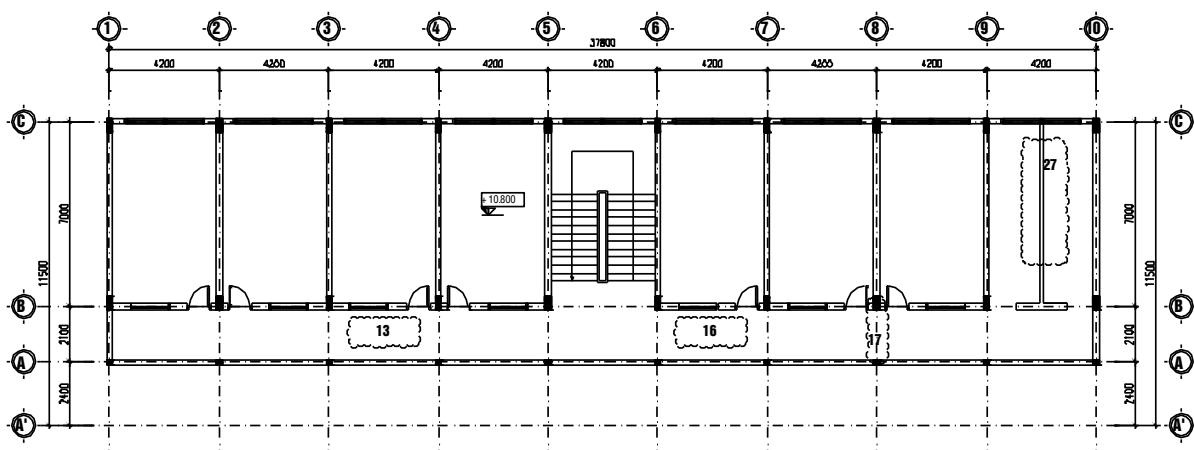
Hình 4.12-Mặt bằng vị trí hiện trạng hư hỏng tầng 1



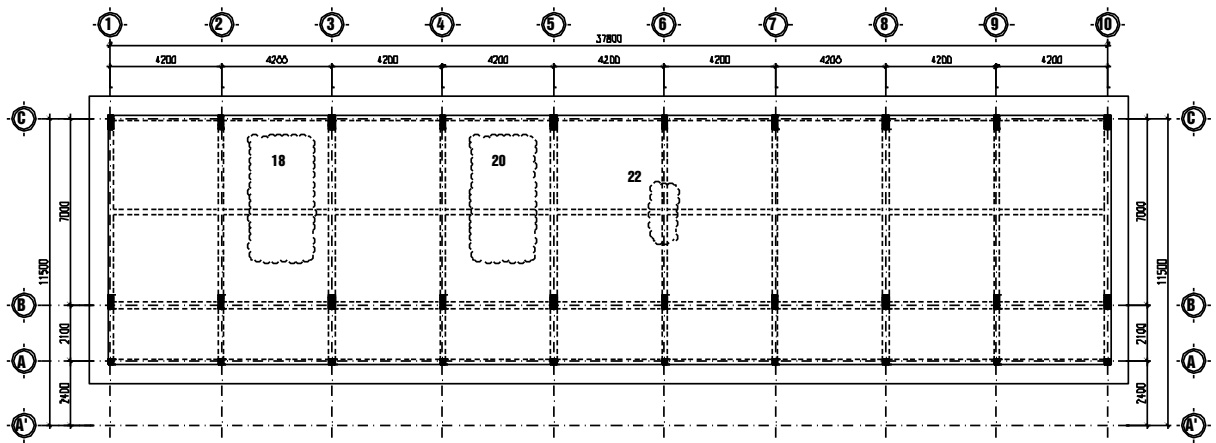
Hình 4.13-Mặt bằng vị trí hiện trạng hư hỏng tầng 2



Hình 4.14-Mặt bằng vị trí hiện trạng hư hỏng tầng 3



Hình 4.15-Mặt bằng vị trí hiện trạng hư hỏng tầng 4



Hình 4.16-Mặt bằng vị trí hiện trạng hư hỏng tầng mái

Bước 2: Kết quả phân loại mức độ hư hỏng và độ tin cậy tương đối của kết cấu công trình theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài được tổng hợp trong bảng 4.2 như sau:

Bảng 4.2. Tổng hợp mức độ hư hỏng của các cấu kiện

TT	Loại cấu kiện	Số lượng (cái, tấm)	Mức độ hư hỏng lớn nhất
1	Cột tầng 1	32	0,15
2	Cột tầng 2	30	-
3	Cột tầng 3	30	0,15
4	Cột tầng 4	30	-
5	Dầm tầng 2	59	0,15
6	Dầm tầng 3	56	0,15
7	Dầm tầng 4	56	0,05
8	Dầm tầng mái	55	0,15
9	sàn tầng 2	71	0,25
10	sàn tầng 3	69	0,25
11	sàn tầng 4	69	0,25
12	Sàn tầng mái	76	0,15

Bước 3: Xác định hư hỏng tổng hợp của nhà theo công thức (3.46):

$$\varepsilon = (\varepsilon_1 \alpha_1 + \varepsilon_2 \alpha_2 + \dots + \varepsilon_i \alpha_i) / (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i)$$

Trong đó: $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$ là các trọng số của loại kết cấu riêng lẻ.

- Với kết cấu sàn: $\alpha = 2$;
- Với kết cấu dầm: $\alpha = 4$;
- Với kết cấu cột: $\alpha = 8$;

$$\varepsilon = (0,15 \times 8 + 0,15 \times 4 + 0,25 \times 2) / (8 + 4 + 2) = 0,164$$

Xác định độ tin cậy tương đối của nhà theo công thức (3.47):

$$y = 1 - \varepsilon = 1 - 0,164 = 0,836$$

Bước 4: Xác định hao mòn thường xuyên của nhà theo công thức (3.48):

$$\lambda = -\ln y / t$$

$$\lambda = -\ln 0,836 / 27 = 0,00664.$$

Bước 5: Xác định tuổi thọ và tuổi thọ còn lại của nhà theo công thức (3.50):

$$T = \frac{0,22}{\lambda} = \frac{0,22}{0,00664} = 33,1 \text{ năm}$$

Tuổi thọ còn lại của công trình theo công thức (3.51):

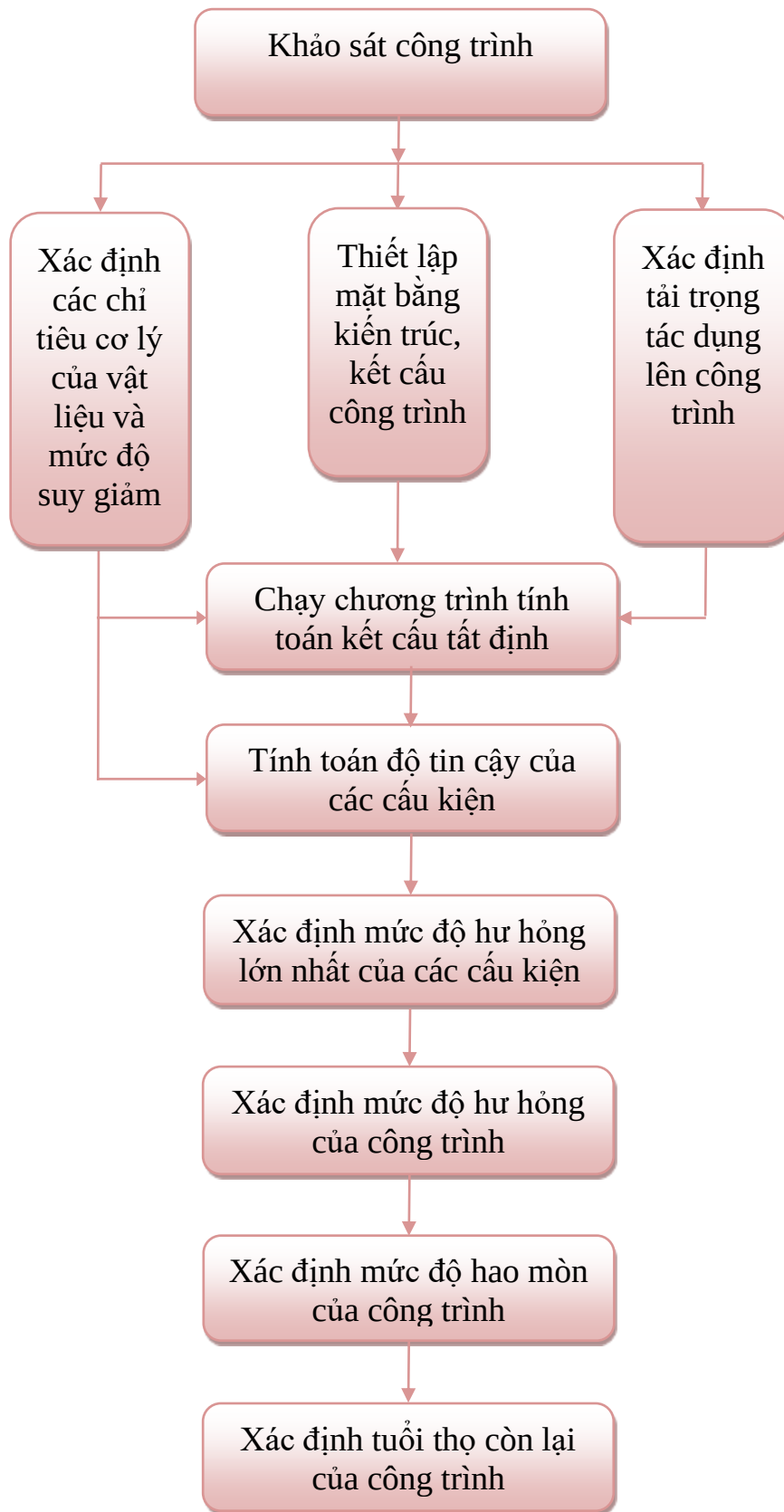
$$\Delta T = 33,1 - 27 = 6,1 \text{ năm}$$

Nhận xét: Việc xác định tuổi thọ còn lại của nhà theo kết quả khảo sát hư hỏng thông qua dấu hiệu bên ngoài có thể được thực hiện một cách đơn giản và nhanh chóng, có thể đánh giá nhanh về tình trạng kỹ thuật và thời hạn sử dụng còn lại của công trình.

4.4. Xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo phương pháp tính toán độ tin cậy của cấu kiện kết cấu

Trên cơ sở kết quả khảo sát hiện trạng công trình, ngoài các số liệu hư hỏng theo dấu hiệu bên ngoài, thông qua kết quả của các công tác: đo đạc chi tiết, lấy mẫu và thí nghiệm chuyên ngành kết quả khảo sát còn cung cấp các số liệu chi tiết về mức độ sai khác hoặc suy giảm tính chất cơ lý của vật liệu bê tông, cốt thép, tiết diện của cấu kiện, diện tích cốt thép so với thiết kế ban đầu. Đây là các tham số phục vụ quá trình tính toán độ tin cậy của các cấu kiện theo trạng thái giới hạn thứ nhất (khả năng chịu lực), từ đó xác định mức độ hư hỏng của các cấu kiện và tuổi thọ còn lại của công trình.

Các bước toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình được thể hiện theo sơ đồ sau:



Hình 4.17-Sơ đồ tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo tính toán độ tin cậy

4.4.1. Kết quả khảo sát phục vụ công tác tính toán và xác định tuổi thọ còn lại của công trình

4.4.1.1. Thiết lập mặt bằng kiến trúc, kết cấu công trình

Mặt bằng kiến trúc, kết cấu công trình được thể hiện trong mục 4.2.3.

Qua kết quả đo đạc chi tiết kích thước tiết diện thấy rằng kích thước tiết diện có mức độ sai lệch trung bình 4% so với thiết kế ban đầu. Kết quả chi tiết xem trong phụ lục tính toán.

4.4.1.2. Tính chất cơ lý vật liệu và mức độ suy giảm

Qua kết quả khảo sát và hồ sơ hoàn công, vật liệu sử dụng tại công trình có thông số như sau:

- Bê tông:

+ Bê tông cột: B25;

+ Bê tông dầm, sàn: B22,5

+ Cường độ bê tông của các mẫu thí nghiệm có độ lệch so với cường độ thiết kế. Độ lệch trung bình được xác định là 2%. Kết quả chi tiết xem trong phụ lục tính toán.

- Cốt thép:

+ Cốt thép cột: AII

+ Cốt thép dầm: AII

+ Cốt thép sàn: AI

Trong đó AI, AII, là loại thép được quy định trong phụ lục C của TCVN [20]

+ Cường độ cốt thép của các mẫu thí nghiệm có độ lệch so với cường độ thiết kế. Độ lệch trung bình được xác định là 3%. Kết quả chi tiết xem trong phụ lục tính toán.

Theo tổng hợp các số liệu khảo sát ăn mòn cốt thép đường kính cốt thép suy giảm so với thiết kế đối với kết cấu cột, dầm là 10%, với kết cấu sàn là 15%.

4.4.1.3. Xác định tải trọng tác dụng lên công trình

Tĩnh tải

Tải trọng tĩnh tải lấy theo [22].

Tải trọng tĩnh tải, $TT = \sum_{i=1}^n G_i * h_i * n_i$

Trong đó G_i là trọng lượng riêng của lớp vật liệu thứ i , h_i là chiều dày của lớp vật liệu thứ i , n_i là hệ số vượt tải. Tải trọng bản thân được khai báo trong Etabs. Chỉ xác định giá trị tải trọng phụ thêm như sau:

Sàn điển hình

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	γ (kG/m ³)	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán (kG/m ²)
- Lớp gạch lát	15	2000	30	1.1	33
- Lớp vữa lót	20	1800	36	1.3	46.8
- Vữa trát trần	15	2000	30	1.3	39
- Tổng cộng các lớp hoàn thiện:			96	1.24	118.8

Sàn khu vệ sinh

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	γ (kG/m ³)	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán (kG/m ²)
- Lớp gạch lát	15	2000	30	1.1	33
- Lớp chống thấm	15	2000	30	1.3	39
- Lớp vữa lót	20	1800	36	1.3	46.8
- Vữa trát trần	15	2000	30	1.3	39
- Tổng cộng các lớp hoàn thiện:			126	1.25	157.8

Sàn cầu thang

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	γ (kG/m ³)	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán (kG/m ²)
- Lớp gạch lát	20	2000	40	1.1	44
- Lớp vữa lót	20	2000	40	1.3	52
- Bậc xây gạch	150	1800	270	1.1	297
- Trát đáy bản thang	15	2000	30	1.3	39
- Tổng cộng các lớp hoàn thiện:			380	1.14	432

Ban công

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	γ (kG/m ³)	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán (kG/m ²)
- Lớp gạch lát	10	2000	20	1.1	22
- Lớp vữa lót	20	1800	36	1.3	46.8
- Vữa trát	15	2000	30	1.3	39
- Tổng cộng các lớp hoàn thiện:			86	1.25	107.8

Mái bằng

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	γ (kG/m ³)	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán (kG/m ²)
- Lớp bê tông chống nóng	100	2200	220	1.3	286
- Lớp bê tông chống thấm	40	2200	88	1.3	114.4
- Vữa trát	15	2000	30	1.3	39
- Tổng cộng các lớp hoàn thiện:			338	1.30	439.4

Tường xây gạch rỗng dày 110mm

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	γ (kG/m ³)	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán (kG/m ²)
- 2 lớp trát	30	1800	54	1.3	70.2
- Gạch xây	110	1500	165	1.1	181.5
- Tải tường phân bố trên 1m dài:			219	1.15	251.7

Tường xây gạch rỗng 220mm

Các lớp hoàn thiện	Chiều dày lớp	γ (kG/m ³)	TT tiêu chuẩn	Hệ số vượt tải	TT tính toán (kG/m ²)
- 2 lớp trát	30	1800	54	1.3	70.2
- Gạch xây	220	1500	330	1.1	363
- Tải tường phân bố trên 1m dài:			384	1.13	433.2

Hoạt tải

Hoạt tải tác dụng lên công trình được xác định theo [22]. Hoạt tải được phân chia thành hoạt tải dài hạn và hoạt tải ngắn hạn và phụ thuộc vào công năng sử dụng của từng khu vực cụ thể trên công trình. Giá trị của hoạt tải được đưa ra trong phần phụ lục tải trọng.

Các phòng chức năng	TTTC toàn phần	TTTC dài hạn	TTTC ngắn hạn	Hệ số vượt tải	TT tính toán
-Văn phòng	200	50	150	1.2	240
- Sảnh, hành lang	300	100	200	1.2	360
- Thang	300	100	200	1.2	360
- Ban công	200	70	130	1.2	240
- Mái bằng không sử dụng	75	-	-	1.3	97.5
- Mái tôn	30	-	-	1.3	39

Tải trọng gió

Tải trọng gió tác dụng lên công trình được tính theo [22]. Do chiều cao công trình dưới 40m nên tải trọng gió chỉ tính đến thành phần tĩnh của tải trọng gió. Thành phần tĩnh của tải trọng gió được xác định theo công thức:

$$W_{dj} (W_{hj}) = W_o . \gamma . k . H_i . C_i$$

Trong đó:

$W_{dj} (W_{hj})$: tải trọng phân bố quy đổi trên các dầm biên tương ứng với mặt đón gió (mặt hút gió) tại tầng thứ i ;

Theo phân cấp vùng và khu vực xây dựng, công trình được xây dựng tại Thành Phố Hà Nội thuộc vùng II.B, địa hình B có áp lực gió tiêu chuẩn: $W_o = 0,95 \text{ kN/m}^2$;

γ : Hệ số độ tin cậy, $\gamma = 1,2$;

k : Hệ số kể đến sự thay đổi áp lực gió theo độ cao và địa hình;

H_i : Chiều cao gồm một nửa chiều cao của tầng dưới và tầng trên tính với mức sàn đang xét;

C_i : Hệ số khí động tương ứng với mặt đứng: Đón gió $C_i = 0,8$, hút gió $C_i = 0,6$.

Tải trọng gió tác dụng lên các sàn được tính theo bảng sau:

Bảng 4.3-Tải trọng gió tác dụng lên các mức sàn

STT	Tầng	h_j	Z_j	k_j	W_1	W_2
		(m)	(m)		(kN/m)	(kN/m)
1	TANG MAI	3.6	14.4	1.068	1.858	1.493
2	TANG 4	3.6	10.8	1.014	2.773	2.080
3	TANG 3	3.6	7.2	0.942	2.578	1.934
4	TANG 2	3.6	3.6	0.832	2.276	1.707

Ghi chú:

- Z_j là cao độ của tầng thứ j so với mặt đất;
- W_1 và W_2 lần lượt là tải trọng gió đẩy và gió hút.

Tổ hợp tính toán

Tổ hợp tính toán kết cấu công trình bao gồm các tổ hợp sau:

Bảng 4.4-Các tổ hợp tính toán kết cấu

TH1:	TT+HT
TH2:	TT+GX
TH3:	TT-GX
TH4:	TT+GY
TH5:	TT-GY
TH6:	TT+0,9xHT+0,9xGX
TH7:	TT+0,9xHT-0,9xGX
TH8:	TT+0,9xHT+0,9xGY
TH9:	TT+0,9xHT-0,9xGY
BAO	EVL(TH1;TH2;TH3;TH4;TH5;TH6;TH7;TH8;TH9)

4.4.2. Lập mô hình phân tích kết cấu và xác định nội lực trong cấu kiện.

Sử dụng phần mềm Etabs để phân tích kết cấu, xác định nội lực trong các cấu kiện của công trình.

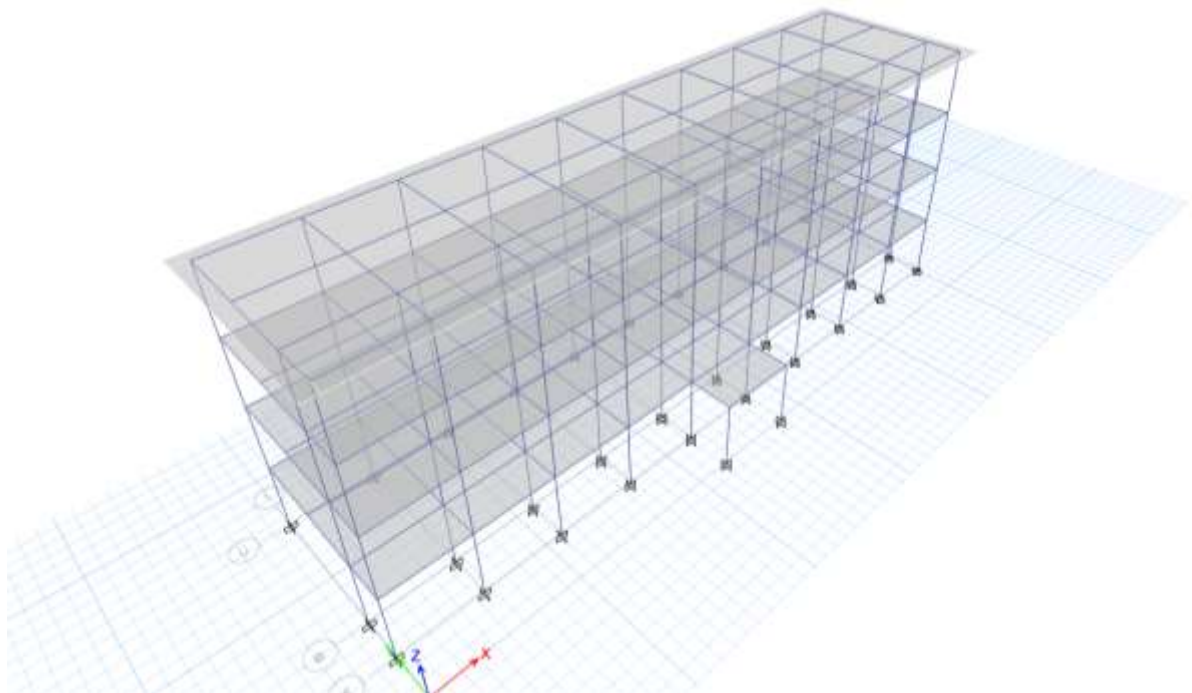
**Hình 4.18-Mặt bằng mô hình kết cấu tầng 2****Hình 4.19-Mặt bằng mô hình kết cấu tầng 3**



Hình 4.20-Mặt bằng mô hình kết cấu tầng 4



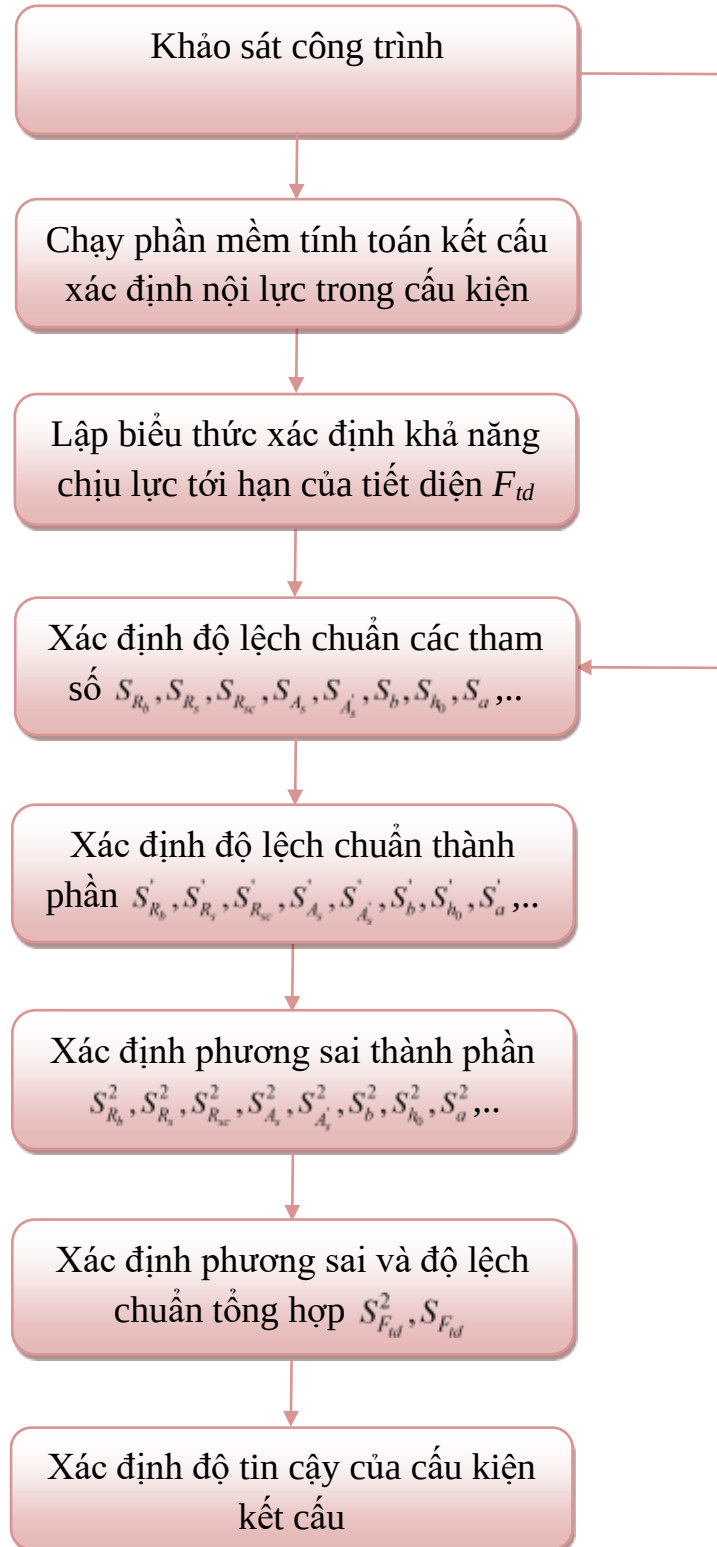
Hình 4.21-Mặt bằng mô hình kết cấu tầng mái



Hình 4.22-Mô hình kết cấu tổng thể công trình

4.4.3. Tính toán độ tin cậy của các cấu kiện

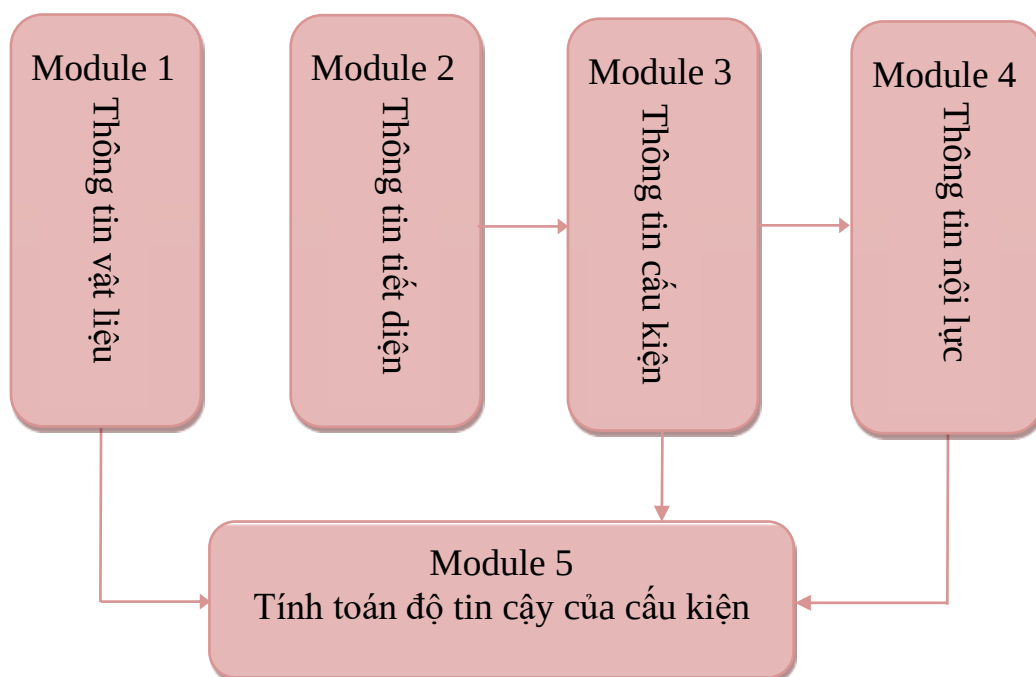
Các bước tính toán độ tin cậy của các cấu kiện kết cấu được thể hiện qua sơ đồ sau:



Hình 4.23- Sơ đồ các bước xác định độ tin cậy của cấu kiện

Dựa trên các bước tính toán độ tin cậy của các cấu kiện, kết cấu và các công thức tính toán cho các trường hợp chịu lực trong mục 3.5.2 trong chương 3. Nghiên cứu sinh thiết lập chương trình tính toán độ tin cậy của các cấu kiện cột, dầm, sàn bằng phần mềm excel. Đối với các cấu kiện cột, ĐTC được xác định theo điều kiện lệch tâm phẳng của từng phương. Trong công trình cụ thể này, cột chủ yếu làm việc theo phương cạnh dài (phương Y) nên ĐTC của cột được xác định theo trường hợp lệch tâm phẳng theo phương Y.

Sơ đồ khối của phần mềm được thể hiện như sau:



Hình 4.24-Sơ đồ khối phần mềm tính toán độ tin cậy của kết cấu

Module 1: Thông tin về vật liệu: trong module này thể hiện thông tin về vật liệu bê tông, cốt thép sử dụng trong công trình.

Vật liệu sử dụng:

Bê tông: B22.5

$R_b = 1.3 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta R_b = 2\%$ $S'_{Rb} = 0.03 \text{ KN/cm}^2$

Cốt thép: AII

$R_s = 26 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta R_s = 3\%$ $S'_{Rs} = 0.78 \text{ KN/cm}^2$

$R_{sc} = 26 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta R_{sc} = 3\%$ $S'_{Rs} = 0.78 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta A_s = 10\%$

$\Delta bh = 4\%$

- Trong bảng này khi nhập thông tin về cấp độ bền của bê tông, và mác thép (trên là B22.5 và AII) sẽ có ô thông tin liên quan tới cường độ tính toán của bê tông, cốt thép R_b, R_s, R_{sc} .

- Các giá trị ΔR_b , ΔR_s , ΔR_{sc} , ΔR_{sc} , ΔA_s , Δb_h là độ lệch tương ứng thu được từ kết quả kiểm tra và thí nghiệm so với giá trị thiết kế về cường độ bê tông, cốt thép, diện tích cốt thép, kích thước hình học của tiết diện.

Module 2: Thông tin về tiết diện (Frame Sections): Đây là module thể hiện các thông tin về tiết diện cấu kiện: tên tiết diện, vật liệu sử dụng, kích thước tiết diện. Các thông tin này trong mục Frame Sections được xuất ra từ kết quả tính toán của Etabs. Thông tin trong module 2 được thể hiện như trong bảng sau:

Bảng 4.5. Bảng minh họa module 2

TABLE: Frame Sections				
Name	Material	Shape	t3 m	t2 m
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
C22X22	B20	Concrete Rectangular	0.22	0.22
C22X50	B20	Concrete Rectangular	0.22	0.5
D22X40	B20	Concrete Rectangular	0.4	0.22
D22X60	B20	Concrete Rectangular	0.6	0.22

Module 3: Thông tin về cấu kiện (Frame Assignments): Thể hiện các thông tin về tầng, nhãn, dạng cấu kiện, tên cấu kiện, kích thước và cốt thép bố trí tại các mặt cắt cần kiểm tra.

Bảng 4.6. Bảng minh họa module3

TABLE: Frame Assignments - Summary												
Story	Label	Design Type	Length	Analysis Section	Cấu kiện	b	h	L	Cốt thép tại Mmax		cốt thép tại Mmin	
									As	A's	As	A's
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
						m	m	m	cm2	cm2	cm2	cm2
TANG MAI	B1	Beam	4.2	D22X40	IB1	0.22	0.4	4.2	5.09	6.28	6.28	5.09
TANG MAI	B2	Beam	4.2	D22X40	IB2	0.22	0.4	4.2	5.09	6.28	6.28	5.09
TANG MAI	B3			D22X40	IB3	0.22	0.4	4.2	5.09	6.28	6.28	5.09
TANG MAI	B4			D22X40	IB4	0.22	0.4	4.2	5.09	6.28	6.28	5.09
TANG MAI	B5			D22X40	IB5	0.22				6.28	6.28	5.09
TANG MAI	B6	Beam			IB6	0.22				6.28	6.28	5.09
TANG MAI	B7	Beam			IB7	0.22	0.4	4.2	5.09	6.28	6.28	5.09
TANG MAI	B8	Beam	4.2	D22X40	IB8	0.22				6.28	6.28	5.09
TANG MAI	B9	Beam	4.2			0.22				6.28	6.28	5.09
TANG MAI	B10	Beam	4.2			0.22				6.28	6.28	5.09
TANG MAI	B11	Beam	4.2			0.22	0.4	4.2	5.09			5.09
TANG MAI	B12	Beam	4.2	D22X40	IB12	0.22	0.4	4.2	5.09			5.09
TANG MAI	B13	Beam	4.2	D22X40	IB13	0.22	0.4	4.2	5.09			5.09
TANG MAI	B14	Beam	4.2	D22X40	IB14	0.22	0.4	4.2	5.09	6.28	6.28	5.09

- Các thông tin từ cột (1) đến cột (5) trong bảng được xuất ra từ mục frame assignments của cấu kiện từ phần mềm Etabs, thể hiện thông tin về tên tầng, tên cấu kiện, dạng cấu kiện, chiều dài (chiều cao của cấu kiện) và kích thước của cấu kiện.

- Thông tin trong cột (6): tên cấu kiện. Sử dụng hàm Right để tạo tên cấu kiện. Ví dụ: J6= Right(A6,1)&B6=Right(TANG MAI,1)&(B1)= IB1. IB1biểu thị cấu kiện dầm B1 tại tầng mái. Câu lệnh được thể hiện trong ghi chú trên bảng 4.6.

- Giá trị trong cột (7), (8) là cột về kích thước tiết diện của cấu kiện. Dùng hàm lọc vlookup để lọc: bề rộng, chiều cao của tiết diện của cấu kiện trong cột (4), (5) của module 2. Câu lệnh lọc tại mỗi cột được thể hiện trong ghi chú của cột (7), (8) trên bảng 4.6.

- Giá trị diện tích cốt thép tại cột (10), (11), (12), (13): được xác định theo bố trí cốt thép trong cấu kiện tại các mặt cắt cần kiểm tra ứng với trường hợp nội lực lớn nhất. Giá trị cốt thép này được lọc theo kích thước dầm tương ứng. Câu lệnh lọc tại mỗi cột được thể hiện trong ghi chú của cột (7), (8) trên bảng 4.6.

Module 4: nội lực cấu kiện (Beam forces): Trong module này sẽ lọc nội lực nguy hiểm nhất trong cấu kiện. Đối với cấu kiện kiểm tra chịu uốn (dầm, sàn) là giá trị $M_{\max}$ (mô men dương lớn nhất), $M_{\min}$ (mô men âm lớn nhất); với cấu kiện chịu nén lệch tâm (cột) là: $P_{\min}$ (lực nén lớn nhất) + $M_{t.ứng}$ (mô men tương ứng), $M_{\max} + P_{t.ứng}$ và $M_{\min} + P_{t.ứng}$. Bảng 4.7 dưới đây là module 4 của bảng tính đối với cấu kiện dầm.

Bảng 4.7. Bảng minh họa Module 4

TABLE: Beam Forces																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- Trong bảng 4.7 các thông tin từ cột (1) đến cột (14) là kết quả xuất ra từ phần mềm tính toán kết cấu Etabs. Phần mềm xuất ra nội lực tại rất nhiều vị trí tiết diện trong cấu kiện. Vì vậy cần lọc ra tiết diện tương ứng với nội lực nguy hiểm nhất.

- Các cột từ (15) tới (18) là các bước để lọc ra tên cấu kiện và giá trị mô men tại tiết diện có $M_{\max}$, $M_{\min}$. Sử dụng các hàm IF trong excel để lọc. Cấu trúc câu lệnh tại mỗi cột được thể hiện ghi chú trong bảng 4.7. Trong bảng ta thấy tại dòng cuối cùng của nội lực dầm B1 ở tầng mái, trong cột (16) ta xác định được tên cấu kiện IB1 có giá trị $M_{\max}=2.154$ tonf-m tại cột (17) và giá trị $M_{\min} = -2.27$ tonf-m tại cột (18).

- Cột (22), (23), (24) sắp xếp lại tên cấu kiện, nội lực theo thứ tự. Sử dụng hàm vlookup để lọc. Cấu trúc câu lệnh tại mỗi cột được ghi chú trong bảng 4.7 đây là các thông tin được liên kết với module 5.

Module 5: tính toán độ tin cậy của cấu kiện

- Thông tin về vật liệu và mức độ suy giảm cường độ tính toán bê tông, cốt thép, diện tích cốt thép và kích thước cấu kiện được lấy từ module 1.

- Thông tin về kích thước tiết diện, diện tích cốt thép bố trí tại tiết diện cần kiểm tra của cấu kiện được lấy từ module 3.

- Thông tin về nội lực kiểm tra được lấy từ module 4.

- Giá trị nội lực tới hạn, độ lệch chuẩn của từng tham số, đạo hàm riêng của từng tham số, độ lệch chuẩn thành phần, phương sai và độ lệch chuẩn tổng hợp được tính toán theo công thức đại số cho từng trạng thái chịu lực được thiết lập tại mục 3.5.2 trong chương 3.

- Giá trị độ tin cậy của cấu kiện được tính toán dựa trên hàm mật độ xác suất.

Bảng 4.8 là bảng minh họa tính toán độ tin cậy của cấu kiện dầm khi kiểm tra chịu uốn.

Bảng 4.8. Tính toán độ tin cậy của cầu kiện

TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY CỦA CẦU KIỆN DÀM CHỊU UỐN

Vật liệu sử dụng:

Bê tông: B22.5

$R_b = 1.3 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta R_b = 2\%$ $S'_{Rb} = 0.03 \text{ KN/cm}^2$

Cốt thép: AII

$R_s = 26 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta R_s = 3\%$ $S'_{Rs} = 0.78 \text{ KN/cm}^2$

$R_{sc} = 26 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta R_{sc} = 3\%$ $S'_{Rs} = 0.78 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta A_s = 10\%$

$\Delta h/h = 4\%$

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn								$S_{\Delta M_{td}}$	$S_{\Delta M_{td}}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _{s'}																												
(1)	(2)	b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m	T.m (8)	cm ² (9)	cm ² (10)	KN.cm (11)	cm (12)	cm (13)	cm (14)	cm ² (15)	cm ² (16)	cm ³ (17)	KN/cm (18)	KN (19)	cm ³ (20)	cm ³ (21)	KN (22)	KN/cm (23)	KN (24)	KN.cm (25)	KN.cm (26)	KN.cm (27)	KN.cm (28)	KN.cm (29)	KN.cm (30)	KN.cm (31)	KN.cm (32)	(KN.cm) ² (33)	KN.cm (34)	 (35)	 (36)		
2b1	max	22	40	4	36	4.2	2.06	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.0	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.89	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.8	1.000		
2b2	max	22	40	4	36	4.2	1.16	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.57	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000		
2b3	max	22	40	4	36	4.2	1.17	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.47	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.2	1.000		
2b4	max	22	40	4	36	4.2	1.11	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.7	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.79	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000		
2b5	max	22	40	4	36	4.2	1.91	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.1	1.000		
	min	22	40	4	36		-3.32	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.6	0.999		
2b6	max	22	40	4	36	4.2	1.11	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.7	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.79	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	9.000		
2b7	max	22	40	4	36	4.2	1.17	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.47	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.2	1.000		
2b8	max	22	40	4	36	4.2	1.16	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.57	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000		

- Tại cột (1) là tên cầu kiện cần kiểm tra được đặt theo tên cầu kiện trong module (3), (4) là cơ sở để lọc các thông tin trong cầu kiện: kích thước tiết diện, nội lực, bố trí cốt thép.

- Các thông tin trong bảng từ cột (3), (4), (7) và cột (9), (10) được lọc bằng hàm lọc Vlookup với giá trị muốn tra cứu là tên cầu kiện ở cột (1) và giá trị cần tìm tại cột từ (7), (8), (9) và cột (10), (11), (12), (13) trong bảng 4.8 của module 3.

- Thông tin về nội lực tại cột (8) được lọc bằng hàm Vlookup với giá trị muốn tra cứu là tên cầu kiện ở cột (1) và giá trị cần tìm tại cột (15), (16) trong bảng 4.7 của module 4.

- Cột (11) là giá trị giới hạn chịu lực của tiết diện được tính toán theo công thức trong mục 3.5.3 của chương 3 ứng với từng trạng thái chịu lực.

- Cột (12) đến (16) là độ lệch chuẩn thành phần được tính toán theo các công thức trong mục 3.5.3 của chương 3.

- Cột (17) đến (24) là đạo hàm riêng của từng tham số được tính toán theo các công thức trong mục 3.5.3 chương 3.

- Cột (25) đến (32) là các giá trị độ lệch chuẩn của các thành phần trong hàm công năng.

- Cột (33), (34) là giá trị phương sai và độ lệch chuẩn tổng hợp.

- Cột (35) là tỷ số giữa M_{td}/M

- Cột (36) là giá trị độ tin cậy của cầu kiện được tính toán bằng hàm NORM.DIST(x,mean,standard_dev,cumulative) là hàm mật độ xác suất của một giá trị cho trung bình số học và độ lệch chuẩn đã cho. Trong đó:

- x được lấy giá trị M_{td} tại cột 11 là giá trị khả năng chịu lực của tiết diện;
- mean được lấy giá trị tại cột 8 giá trị nội lực của tiết diện;
- Standard_dev: là độ lệch chuẩn được lấy tại cột 34;
- Cumulative: True để trả giá trị của hàm phân phối tích lũy.

Kết quả tính toán độ tin cậy của các cầu kiện cột, dầm, sàn tại các trạng thái chịu lực được thể hiện trong phụ lục tính toán

Trên cơ sở tính toán toàn bộ cấu kiện của của công trình, kết quả tổng hợp độ tin cậy cấu kiện và mức độ hư hỏng cấu kiện như sau:

Bảng 4.9. Tổng hợp kết quả tính toán

TT	Loại cấu kiện	Số lượng (cái, tấm)	Độ tin cậy thấp nhất	Mức độ hư hỏng lớn nhất
1	Cột tầng 1	32	0,831	0,169
2	Cột tầng 2	30	0,985	0,015
3	Cột tầng 3	30	1	-
4	Cột tầng 4	30	1	-
5	Dầm tầng 2	59	0,834	0,166
6	Dầm tầng 3	56	0,891	0,109
7	Dầm tầng 4	56	0,897	0,103
8	Dầm tầng mái	55	0,933	0,067
9	sàn tầng 2	71	0,769	0,231
10	sàn tầng 3	69	0,769	0,231
11	sàn tầng 4	69	0,769	0,231
12	Sàn tầng mái	76	0,769	0,231

4.4.4. Xác định tuổi thọ còn lại của kết cấu công trình

Hư hỏng tổng hợp của nhà tính theo công thức (3.46):

$$\varepsilon = (\varepsilon_1 \alpha_1 + \varepsilon_2 \alpha_2 + \dots + \varepsilon_i \alpha_i) / (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i)$$

$$\varepsilon = (0,169 \times 8 + 0,166 \times 4 + 0,231 \times 2) / (8 + 4 + 2) = 0,177.$$

Độ tin cậy tương đối của nhà tính theo công thức (3.47):

$$y = 1 - \varepsilon = 1 - 0,177 = 0,823$$

Hao mòn thường xuyên của nhà theo công thức (3.48):

$$\lambda = -\ln y / t = -\ln 0,823 / 27 = 0,00722$$

Xác định tuổi thọ của nhà theo công thức (3.50):

$$T = \frac{0,22}{\lambda} = \frac{0,22}{0,00722} = 30,5 \text{ năm}$$

Tuổi thọ còn lại của công trình theo công thức (3.51)

$$\Delta T = 30,5 - 27 = 3,5 \text{ năm}$$

4.5. Đánh giá kết quả tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình theo hai phương pháp

Kết quả tính toán tuổi thọ còn lại của công trình theo phương pháp [82] và phương pháp đề xuất lần lượt là 6,1 năm và 3,5 năm, chênh lệch 2,6 năm (tương ứng khoảng 42% so với kết quả của phương pháp [82] và khoảng 74% so với phương pháp đề xuất), là mức độ chênh lệch tương đối lớn. Nguyên nhân do việc xác định mức độ hư hỏng của cấu kiện của hai phương pháp có sự khác nhau. Dưới đây là phân tích các kết quả tính toán khác nhau của hai phương pháp và rút ra những đánh giá nhận xét:

- Hư hỏng lớn nhất của cột, dầm, sàn theo phương pháp [82] lần lượt là: 0,15; 0,15; 0,25, theo phương pháp đề xuất là: 0,169; 0,177; 0,231. Chênh lệch kết quả tính toán giữa hai phương pháp lần lượt là: 0,019; 0,027; 0,019, là không lớn so với bước phân loại là 0,1 giữa các khoảng phân chia mức độ hư hỏng theo phương pháp [82] (0,05; 0,15; 0,25; 0,35). Như vậy, có thể đánh giá rằng trong phương pháp [82] các khoảng phân loại mức độ hư hỏng của cấu kiện là lớn, dẫn tới kết quả tính toán tuổi thọ còn lại của công trình có sai số lớn.

- Hư hỏng lớn nhất của kết cấu dầm tầng 2, dầm tầng mái, của kết cấu cột tầng 3 xác định theo phương pháp [82] là 0,15, theo phương pháp đề xuất lần lượt là 0,169 và 0,067, ≈ 0 (độ tin cậy bằng 1). Phân tích thực tế làm việc của kết cấu thấy rằng: Do tải trọng tác dụng lên kết cấu dầm tầng 2 lớn hơn nhiều so với kết cấu dầm mái nên thực tế mức độ hư hỏng (độ tin cậy) sẽ lớn hơn dù biểu hiện hư hỏng bên ngoài như nhau. Với kết cấu cột tầng 3, do lượng dự trữ trong thiết kế lớn (theo yêu cầu kiến trúc, tiết diện cột không thay đổi nên tại tầng 3 khả năng chịu lực của tiết diện cột lớn hơn nhiều nội lực tác dụng) nên thực tế cột vẫn đảm bảo độ an toàn khi chịu lực ngay cả khi xuất hiện hư hỏng bên ngoài. Điều này khẳng định: ***đánh giá mức độ hư hỏng bên ngoài chưa phản ánh đúng tình trạng chất lượng của kết cấu.***

Như vậy, khi có số liệu khảo sát đầy đủ việc tính toán ĐTC của cấu kiện sẽ cho kết quả tin cậy hơn so với phương pháp tra bảng phân loại cho trước.

4.6. Kết luận chương 4

NCS đã xây dựng được quy trình tính toán độ tin cậy của cầu kiện, kết cấu khi có số liệu khảo sát hiện trường, trên cơ sở đó xác định được tình trạng kỹ thuật, tuổi thọ còn lại của công trình.

Đã thiết lập được các bảng tính toán độ tin cậy của cầu kiện, kết cấu và tuổi thọ còn lại của công trình. Bảng tính được lập bằng phần mềm excel, dễ sử dụng và dễ nhập, kiểm tra số liệu đầu vào đầu ra.

Trên cơ sở những kết quả đạt được khi tính toán tuổi thọ còn lại của một công trình cụ thể bằng hai phương pháp, rút ra những nhận xét về ưu nhược điểm của hai phương pháp. Cụ thể:

a. Phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình dựa trên dấu hiệu hư hỏng bên ngoài [82].

- Ưu điểm:

+ Dễ thực hiện vì sử dụng các bảng tra có sẵn;

+ Đánh giá nhanh được tình trạng kỹ thuật của công trình.

- Nhược điểm:

+ Độ tin cậy chưa cao do dấu hiệu hư hỏng bên ngoài chưa phản ánh đúng tình trạng chất lượng của kết cấu (cường độ vật liệu, khả năng chịu lực của kết cấu, vv...);

+ Mức độ hư hỏng của cầu kiện được phân loại với khoảng khá rộng (0,05; 0,15; 0,25; 0,35) dẫn đến kết quả tính toán có thể có sai số khá lớn.

b. Phương pháp đề xuất xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình dựa vào tính toán độ tin cậy của cầu kiện, kết cấu theo các số liệu khảo sát thực tế hiện trường (không theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài).

Ưu điểm của phương pháp này là:

+ Xác định được độ tin cậy của từng cầu kiện kết cấu, trên cơ sở sử dụng các chương trình tính toán kết cấu BTCT thông dụng và các quy định khác của tiêu chuẩn thiết kế hiện hành;

+ Khả năng áp dụng của phương pháp đề xuất là cao vì hiện nay, có đầy đủ thiết bị và tiêu chuẩn để khảo sát, thí nghiệm và trong tính toán các kỹ sư chỉ cần dùng các chương trình quen thuộc;

- Phân tích kết quả xác định tuổi thọ còn lại của hai phương pháp cho thấy: khi có số liệu khảo sát tương đối đầy đủ cho phép tính toán được độ tin cậy của các cấu kiện, kết cấu với các giá trị xác định chứ không phải ở trong các khoảng như theo dấu hiệu bên ngoài. Vì vậy có thể nói phương pháp xác định tuổi thọ còn lại dựa theo tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu thông qua số liệu khảo sát đảm bảo được độ tin cậy và có thể áp dụng vào thực tế.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Những kết quả đạt được

1.1. Hệ thống hóa và tóm lược các phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng khi xét đến ảnh hưởng của khuyết tật, hư hỏng. Phân tích đánh giá các ưu nhược điểm của các phương pháp, từ đó rút ra được những vấn đề cần nghiên cứu hoàn thiện.

1.2. Tập trung phân tích đánh giá phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của nhà và công trình đang được sử dụng phổ biến của liên bang Nga “Hướng dẫn đánh giá độ tin cậy của kết cấu nhà và công trình theo dấu hiệu bên ngoài” và các tài liệu liên quan. Làm rõ được những ưu nhược điểm của phương pháp này, trên cơ sở đó đề xuất một cách tiếp cận khác để nâng cao độ tin cậy của phương pháp.

1.3. Những đóng góp mới của luận án

1.3.1. Đề xuất phương pháp tính toán tuổi thọ còn lại của công trình theo tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu. Phương pháp này là một cải tiến của phương pháp tính toán tuổi thọ còn lại của công trình dựa theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài của liên bang Nga để nâng cao độ tin cậy trong tính toán.

1.3.2. Thiết lập được các thuật toán và quy trình tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu BTCT theo tiêu chuẩn thiết kế hiện hành (TCVN).

1.3.3. Thiết lập các bảng tính toán độ tin cậy của cấu kiện, kết cấu. Bảng tính được lập bằng phần mềm excelle, dễ sử dụng và dễ nhập, kiểm tra số liệu đầu vào đầu ra.

1.3.4. Xây dựng được quy trình tính toán tuổi thọ còn lại của công trình theo hai phương pháp và áp dụng tính toán trên một công trình cụ thể để đánh giá mức độ thực hành và rút ra ưu nhược điểm của hai phương pháp. Cho thấy phương pháp đề xuất có độ tin cậy và khả năng ứng dụng vào thực tế (vì sử dụng các phần mềm tính toán thông dụng).

2. Kiến nghị

2.1. Với phương pháp tính toán tuổi thọ còn lại của công trình theo dấu hiệu hư hỏng bên ngoài chỉ nên sử dụng để đánh giá nhanh tuổi thọ còn lại và tình trạng kỹ thuật của nhà và công trình.

2.2. Khi cần đánh giá một cách đầy đủ và bảo đảm độ tin cậy cao hơn thì nên tiến hành khảo sát chi tiết hiện trạng công trình và có thể sử dụng phương pháp xác định tuổi thọ còn lại theo tính toán ĐTC của cấu kiện, kết cấu.

3. Hướng phát triển của đề tài luận án

3.1. Trên cơ sở các nghiên cứu về tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình đối với dạng công trình kết cấu bê tông cốt thép, có thể nghiên cứu bổ sung để thiết lập quy trình tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình kết cấu thép.

3.2. Trong tính toán xác định tuổi thọ còn lại của công trình đại lượng độ hư hỏng tương đối của công trình ngoài phụ thuộc vào mức độ hư hỏng của từng loại cấu kiện còn phụ thuộc vào giá trị trọng số của từng loại cấu kiện. Khi không có tính toán thì có thể lựa chọn theo các giá trị cho trước. Thực tế ngay trong một nhóm cấu kiện sự tham gia của các cấu kiện vào ĐTC chung của công trình cũng khác nhau, hơn nữa với mỗi dạng kết cấu ảnh hưởng của mỗi nhóm kết cấu tới ĐTC chung của công trình cũng khác nhau. Trong luận án đã đề xuất cách xác định trọng số theo độ nhảy của các tham số cơ bản. Vì vậy, có thể phát triển hướng nghiên cứu này để xác định trọng số của nhóm cấu kiện cho các dạng công trình.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

- [1] Nguyễn Xuân Chính, Nguyễn Hoàng Anh (2016), “*Tính toán sự cố rủi ro của công trình xây dựng*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, (Số 4/2016).
- [2] Nguyễn Xuân Chính, Nguyễn Hoàng Anh (2017), “*Ảnh hưởng của mức độ hư hỏng đến tuổi thọ của công trình xây dựng*”, Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ X, Tập 3 Hà Nội 12/2017.
- [3] Nguyễn Xuân Chính, Nguyễn Hoàng Anh (2019), “*Đánh giá độ tin cậy và dự báo xác suất sự cố của nhà và công trình xây dựng*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, (Số 3/2019).
- [4] Nguyễn Hoàng Anh, Nguyễn Xuân Chính (2021), “*Một số phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của công trình xây dựng*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, (Số 2/2021), Trang 3-11.
- [5] Nguyễn Hoàng Anh (2022), “*Phương pháp xác định tuổi thọ còn lại của công trình bê tông cốt thép theo độ tin cậy của cấu kiện*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, (Số 3/2022), Trang 11-20.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] Hồ Xuân Ba (2019), “Phân tích các phương pháp tính toán dự báo tuổi thọ các công trình bằng bê tông cốt thép theo tiêu chí khởi đầu ăn mòn cốt thép trong bê tông”, *Tạp chí Giao thông vận tải*, (Số 5/2019).
- [2] Nguyễn Xuân Chính (2004), “Dự báo tuổi thọ còn lại của nhà nhiều tầng”, *Tuyển tập công trình Hội nghị toàn quốc Cơ học vật rắn biến dạng lần thứ 7*”, *Đồ Sơn* 8/2004.
- [3] Nguyễn Xuân Chính (2000), *Phương pháp đánh giá độ tin cậy của khung bê tông cốt thép thiết kế theo tiêu chuẩn Việt Nam*, Luận án tiến sĩ, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, Hà Nội.
- [4] Vũ Đàm Chính, Đinh Quang Cường (2014), “Đánh giá ảnh hưởng của ứng suất tĩnh đến tuổi thọ mỏi của kết cấu công trình biển cố định bằng thép trong điều kiện biển Việt Nam”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng Đại học Xây dựng*, (Số 21/10/2014).
- [5] Trần Tuấn Diệp, Lý Hoàng Tú (1977), *Lý thuyết xác suất thống kê toán học*, NXB ĐH và THCN, Hà Nội.
- [6] Đào Văn Dinh (2014), *Dự báo tuổi thọ sử dụng kết cấu cầu bê tông cốt thép ở ven biển Việt Nam do xâm nhập Clo*, Luận án tiến sĩ, trường đại học Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [7] Nguyễn Văn Huân, Phùng Vĩnh An (2003), “Ứng dụng lý thuyết độ tin cậy để đánh giá mức độ an toàn và dự báo tuổi thọ công dưới đê”, *Tuyển tập báo cáo khoa học - Hội nghị Khoa học toàn quốc lần thứ hai về sự cố và hư hỏng công trình xây dựng*. 12/2003.
- [8] Nguyễn Văn Hùng (2006), “Một phương pháp xác định tuổi thọ và tuổi thọ còn lại của công trình”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, (Số 2/2006).
- [9] Nguyễn Hữu Hưng, Trần Thị Thu Hằng, Trần Minh Long (2007), “Đánh giá tuổi thọ mỏi còn lại của kết cấu nhịp cầu giàn thép thông qua kết quả đo”, *Tạp chí Cầu đường Việt Nam*, (Số 1 và 2/2007).
- [10] Lê Xuân Huỳnh (2006), *Lý thuyết độ tin cậy và tuổi thọ công trình*, Bài giảng cao học, Đại học Xây dựng, Hà Nội.

- [11] Nguyễn Tuấn Khải (2008), *Dự báo tuổi thọ của dầm bê tông cốt thép theo lý thuyết độ tin cậy*, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Đại học Xây dựng.
- [12] Hoàng Văn Khánh, Hoàng Phương Hoa, Nguyễn Văn Châu (2018), “Các nhân tố ảnh hưởng đến tuổi thọ cầu và công tác quản lý khai thác cầu ở Việt Nam hiện nay”, *Tạp chí Giao thông vận tải*, (Số 2/2018).
- [13] Phan Văn Khôi, *Tuổi thọ mới của kết cấu thép ngoài biển*, NXB KHKT. Hà Nội 1997.
- [14] Cao Văn Lâm, Thân Đức Phúc (2018) “*Dự đoán tuổi thọ còn lại của kết cấu nhịp thép theo lý thuyết mỏi thông qua kết quả thực nghiệm*”, *Tạp chí Giao thông vận tải*, (Số 12/2018).
- [15] Hoàng Ngọc Nhậm (2003), *Giáo trình lý thuyết xác suất và thống kê toán*, NXB Thống kê.
- [16] Huỳnh Quang, *Dự báo tuổi thọ cầu giàn thép tại KM 2+250, quốc lộ 14 E theo chỉ số độ tin cậy, xét đến thay đổi tiết diện do ăn mòn*, luận văn thạc sỹ kỹ thuật, trường Đại học Bách Khoa - Đại học Đà Nẵng.
- [17] Tổng Đình Quý (2002), *Giáo trình xác suất thống kê*, NXB Giáo dục.
- [18] Vũ Lệ Quyên (2021), “*Tính toán tuổi thọ còn lại của bể chứa trụ thép có khuyết tật dạng nứt tại bản dưới cùng của thành bể*”, *Tạp chí Khoa học kiến trúc và xây dựng - Đại học kiến trúc Hà Nội*, (Số 42/2021).
- [19] Nguyễn Xuân Tươi, Hồ Văn Quân, Trần Thế Truyền và cs (2018), “*Dự báo tuổi thọ của kết cấu bê tông cốt thép theo tiêu chí ăn mòn cốt thép do carbonat hóa và xâm nhập ion Clo*”, *Tạp chí Giao thông vận tải*, (Số 9/2018).
- [20] TCVN 5574:2018, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [21] TCVN 9381:2012, *Hướng dẫn đánh giá mức độ nguy hiểm của kết cấu nhà*.
- [22] TCVN 2737:1995, *Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [23] Nguyễn Văn Vi (2018), *Độ tin cậy của công trình xây dựng*, NXB Khoa học tự nhiên và công nghệ.

Tiếng Anh

- [24] Augusti G, Barrata A. and Casciati F, *Probabilistic Methods in Structural Engineering*. London NewYork . Chapman & Hall 1993.

- [25] BS EN ISO 14040:2006, *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*.
- [26] CONTECVET, *A validated Users Manual assessing the residual service life of concret structures*, IN 30902I.
- [27] Dimitri Val, Fiodor Bljuger, David Yankelevsky, *Reliability Evaluation in Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Structures Structural Safety* Vol.19, 1997.
- [28] Ditlevsen O., Madsen O.H, *Structural Reliability Methods*. John and Sons. 1996.
- [29] Fabio Biondini & Elsa Garavalia, Markovian “Modeling for Lifetime Prediction and Maintenance Planning of Deteriorating Structures”, *ICOSSAR, Rome, June 19-22, 2005*.
- [30] Fabio Biondini, Franco Bontempi, Dan M. Frangopol, Pier Giorgio Malerba, “Probabilistic Service Life Assessment and Maintenance Planning of Concrete Structures”, *Journal of Structural Engineering ASCE / May 2006*.
- [31] Finkelstein. M, “Failure Rate and Mean Remaining Lifetime, Failure Rate Modelling for Reliability and Risk”, *Hardcover, 2008*.
- [32] Gollwitzer S., Rackwitz R, *Equivalent Components in First-Order System Reliability*. Reliability Engineering, 1983.
- [33] Hasofer, Lind, *An exact and invariant first- order reliability format*. J.of the Engineering Mech. ASCE Vol.100-1974.
- [34] International Standard ISO 2394. *General Principles on Reliability for Structures*
- [35] ISO 15686 – 2:2012 (E), *Buildings and constructed assets – Service life planning. Part2: Service life prediction procedures*.
- [36] Joost Gulikers, “Predicting residual service life of concrete infrastructure: a considerably controversial subject”, *Concrete Solutions 2019*.
- [37] Milenko S. Stasevic, Stevan Maksimovic, Katarina D. Geric, “Methodology for residual life estimation of damaged structural elements of the tower installations for oil and gas exploitation”, *New Trends in Fatigue and Fracture, Belgrade, Serbia, 2014*.

- [38] Murotsu Y, Okada H, Yonezawa M, Taguchi K. “Reliability Assessment of Redundant Structures. Structural Safety and Reliability”, *ICOSSAR 81. Amsterdam-1981*.
- [39] Murotsu Y, Yonezawa M, Okada H, Matsuzaki S, Matsumoto, *A Study on First- Order Second- Moment Methods in Structural Reliability*, Bulletin of University of Osaka Prefecture. Vol.33, 1984.
- [40] P.D. Mayer, P. Wornell, “Assessing the remaining service life of existng building components for insurance”, *National Research Council Canada 1999*
- [41] R. Blok, F.V. Herwijnen, *Service life and life cycle of building structures*, University of Eindhoven, PO 513, 5600 MB Eindhoven, Netherlands.
- [42] Sanjeev Kuma Verma, Sudhir Singh Bhadauria, Saleem Akhtar, “Probabilistic Evalution of Service Life for Reinforced Conrete Structures”, *Chinese Journal of Engineering*, 2014.
- [43] Siti Aisyah, Akhmad Aminullah, and H. Muslikh, “Prediction analysis of the degradation and the service life building components in artificial method neural network and ISO factor 15686-2”, *MATEC Web of Conferences 258, SCESCM 2018*.

Tiếng Nga

- [44] Л.С Авиром, *Надёжность консрукций сборных зданий и сооружений*, Издательство литературы по строительству, ленинград 1971.
- [45] А.С Акулов, Ю.В Гудзь, И.В Кремер, *Выбор метода расчёта остаточного ресурса зданий и сооружений*, Научные труды КубГТУ, 2015.
- [46] С.М Беляев, *Расчёт остаточного ресурса зданий с учётом запаса несущей способности конструкций*. Вестник СГАСУ 2013.
- [47] Болотин В.В, *Методы теории вероятностей и теории надёжности в расчётах сооружений*, Стройиздат, Москва 1982.
- [48] А.А Васильев, *Дефекты и повреждения строительных конструкций*. Гомель 2012.
- [49] Гаврильев И.М, Корольков Д.И, Гравит М.В, *Модифицированная методика расчёта остаточного ресурса с использованием*

экспоненциального распределения, Вестник Евразийской науки No2, 2019.

- [50] Голубев К.В, Шестакова Е.А, *Особенности определения остаточного ресурса зданий и сооружений исторической застройки, УДК 699.88.*
- [51] Голубев К.В, *Остаточный ресурс зданий и сооружений исторической застройки как один из критериев обеспечения их надёжности. УДК 699.88.*
- [52] ГОСТ 27751-2014 *Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения.*
- [53] Гроздов В.Т. *Техническое обследование строительных конструкций, зданий и сооружений.* Санкт – Петербург – 2000 г.
- [54] Гроздов В.Т. 2000 г. *Признаки аварийного состояния несущих конструкций зданий и сооружений.*
- [55] Добромыслов В.Т, *Оценка надёжности зданий и сооружений по внешним признакам,* Москва Изд. АСВ 2004.
- [56] Золина Т.В, *Развитие теории и методологии оценки остаточного ресурса промышленных зданий с мостовым кранами,* Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, Москва – 2016.
- [57] Р.Г Касимов, *Дефекты и повреждения строительных конструкций, методы и приборы для их количественной и качественной оценки,* Оренбург 2016.
- [58] Козлов В.А, *Обоснование интервального метода прогнозирования и оценки остаточного ресурса строительных конструкций зданий и сооружений,* Научный вестник, Строительство и архитектура 2013.
- [59] Корольков Д.И, *Методика расчёта остаточного ресурса строительных конструкций по их возрасту,* Вестник Евразийской науки, том 11, 2019.
- [60] Корольков Д.И, *Расчёт остаточного ресурса вероятностным методом инженерных систем зданий и сооружений при техническом обследовании,* Изд.СПбПГУ, 2018.
- [61] Корольков Д.И, *Оценка остаточного ресурса строительных конструкций,* Монография, Санкт-Петербург- 2020.

- [62] Кудзис А.П, *О вероятностном расчёте железобетонных конструкций*, Бетон и железобетон, 1988.
- [63] Майстерко И.Ю, *Оценка остаточного ресурса эксплуатируемых стальных конструкций*, Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, Казань – 2006.
- [64] Мамин А.М, *Методология оценки остаточного ресурса строительных конструкций*, Синергия Наук – 2016.
- [65] Пермяков М.В, *Расчёт и оценка остаточного ресурса зданий*. УДК 624.13.
- [66] *Признаки аварийного состояния несущих конструкций зданий и сооружений*. Подборка документов, Оренбург, 2008.
- [67] Райзер В.Д, *Теория надёжности в строительном проектировании*, Издательство АСВ, Москва 1998.
- [68] РД 09–102–95, *Методические указания по определению остаточного ресурса потенциально опасных объектов, поднадзорных госгортехнадзору России*.
- [69] РД 03-421-01, *Методические указания по определению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов*.
- [70] РДС РК 1.04-07-2002, *Правила оценки физического износа зданий и сооружений*.
- [71] РД ЭО 0447-03, *Методика оценки состояния и остаточного ресурса железобетонных конструкций АЭС, важных для безопасности*.
- [72] Сухов Ю.Д, *Рекомендуемые методы определения показателя надёжности*, ЦНИИСК, Москва 1993.
- [73] Скоробогатов С.М, *К расчёту остаточного ресурса железобетонных конструкций существующих зданий и сооружений*, Вестник УГУПС, 2016.
- [74] Сухина К.Н, *Оценка остаточного ресурса несущих конструкций покрытия эксплуатируемого промышленного здания*, Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, Волгоград – 2016.

- [75] Утеулиев Б.А, *Разработка методов и средств оценки остаточного ресурса воздушных линий электропередачи*, Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, Москва – 2018.
- [76] Методические рекомендации, *Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций зданий и сооружений*, Москва – 2018.
- [77] Самигуллин Г.Х, Султанов М.М, *Определение остаточного ресурса производственных зданий и сооружений нефтеперерабатывающих предприятий*, Электронный научный журнал No2, 2011.
- [78] Смоляго Г.А, Фролов Н.В, *Современные подходы к расчёту остаточного ресурса изгибаемых железобетонных элементов с коррозионными повреждениями*, Вестник ТГАСУ 2019.
- [79] Н.П Соснин, *К вопросу об оценке остаточного ресурса зданий и сооружений*, УДК 69.059.14.
- [80] Сущев С.П, Адаменко И.А, Самолинов Н.А, *Остаточный ресурс конструкций здания и сооружения и возможные методы его оценки*, УДК 69.059.
- [81] В.С Уткин, *Определение остаточной несущей способности железобетонных балок на стадии эксплуатации по критерию прочности арматуры и бетона*, Magazine of Civil Engineering, No 1, 2015.
- [82] ЦНИИПРОМЗДАНИЙ, *Рекомендации по оценке надёжности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам*. Москва 2001.
- [83] Шматов С.Б, *Расчёт остаточного ресурса зданий и сооружений*, Вестник ЮУрГУ No22, 2007.
- [84] Шутова М.Н, Евтушенко С.И, *Применение комплексного подхода к определению остаточного ресурса промышленного здания с деформированными стропильными фермами*, Строительство и архитектура. Том 7, 2019.

PHỤ LỤC TÍNH TOÁN

PHỤ LỤC A: XỬ LÝ SỐ LIỆU HIỆN TRƯỜNG

XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA KÍCH THƯỚC CẤU KIỆN CỘT, DẦM

STT	Cấu kiện đo	vị trí đo	kích thước thực tế a_{tt} cm	Kích thước thiết kế a_{tk} cm	Độ lệch $\Delta_i = \frac{(a_{tt} - a_{tk})}{a_{tk}} \cdot 100\%$ %	Δ_i^2	Phương sai $D = \frac{1}{n} \sum \Delta_i^2$	Độ lệch chuẩn $\sigma = \sqrt{D}$ %
1	CT1(1-C)	chiều cao	48.7	50	-2.60	6.76	15.99	4.00
2	CT1(1-C)	bề rộng	21	22	-4.55	20.66		
3	CT1(2-B)	chiều cao	49	50	-2.00	4		
4	CT1(2-B)	bề rộng	21.2	22	-3.64	13.22		
5	CT2(9-C)	chiều cao	48.7	50	-2.60	6.76		
6	CT2(9-C)	bề rộng	22.8	22	3.64	13.22		
7	CT2(7-C)	chiều cao	48.8	50	-2.40	5.76		
8	CT2(7-C)	bề rộng	20.8	22	-5.45	29.75		
9	CT3(4-C)	chiều cao	48.2	50	-3.60	12.96		
10	CT3(4-C)	bề rộng	23	22	4.55	20.66		
11	CT3(6-B)	chiều cao	51.5	50	3.00	9		
12	CT3(6-B)	bề rộng	22.9	22	4.09	16.74		
13	CT4(10-C)	chiều cao	48.5	50	-3.00	9		
14	CT4(10-C)	bề rộng	23.1	22	5.00	25		
15	CT4(8-C)	chiều cao	51.5	50	3.00	9		
16	CT4(8-C)	bề rộng	21	22	-4.55	20.66		
17	B2-1(4-5)	chiều cao	38.8	40	-3.00	9		
18	B2-1(4-5)	bề rộng	21	22	-4.55	20.66		
19	B2-7(3-B-C)	chiều cao	58	60	-3.33	11.11		
20	B2-7(3-B-C)	bề rộng	20.8	22	-5.45	29.75		
21	B2-2(8-9)	chiều cao	38.5	40	-3.75	14.06		
22	B2-2(8-9)	bề rộng	21.2	22	-3.64	13.22		
23	B3-1(7-8)	chiều cao	38	40	-5.00	25		
24	B3-1(7-8)	bề rộng	21.4	22	-2.73	7.438		
25	B3-7(8-B-C)	chiều cao	57.5	60	-4.17	17.36		
26	B3-7(8-B-C)	bề rộng	22.8	22	3.64	13.22		
27	B3-2(4-5)	chiều cao	41.3	40	3.25	10.56		
28	B3-2(4-5)	bề rộng	20.8	22	-5.45	29.75		
29	B4-2(2-3)	chiều cao	38.2	40	-4.50	20.25		
30	B4-2(2-3)	bề rộng	21	22	-4.55	20.66		
31	B4-8(5-B-C)	chiều cao	58.5	60	-2.50	6.25		
32	B4-8(5-B-C)	bề rộng	23.3	22	5.91	34.92		
33	B4-3(9-10)	chiều cao	38.6	40	-3.50	12.25		
34	B4-3(9-10)	bề rộng	20.9	22	-5.00	25		

XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA CHIỀU DÀY SÀN

STT	Vị trí đo	Chiều dày thực tế h_{tt} mm	Chiều dày thiết kế h_{tk} mm	Độ lệch $\Delta_i = \frac{(h_{tt} - h_{tk})}{h_{tk}} \cdot 100\%$ %	Δ_i^2	Phương sai $D = \frac{1}{n} \sum \Delta_i^2$	Độ lệch chuẩn $\sigma = \sqrt{D}$ %
1	ST2(2-3&B-C)	125	120	4.17	17.36	16.20	4.00
2	ST2(4-5&B-C)	124		3.33	11.11		
3	ST2(9-10&A-B)	124		3.33	11.11		
4	ST3(1-2&A-B)	125		4.17	17.36		
5	ST3(4-5&B-C)	116		-3.33	11.11		
6	ST3(5-6&A-B)	120		0.00	0.00		
7	ST4(3-4&B-C)	115		-4.17	17.36		
8	ST4(7-8&A-B)	112		-6.67	44.44		
9	ST4(2-3&A-B)	125		4.17	17.36		
10	STM(1-2&A-B)	124		3.33	11.11		
11	STM(6-7&B-C)	126		5.00	25.00		
12	STM(8-9&A-B)	124		3.33	11.11		

XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA TIẾT DIỆN CỐT THÉP CỘT, DẦM

STT	Cấu kiện kiểm tra	Vị trí lấy mẫu	Đường kính đo dtt (mm)	đường kính danh định dtk (mm)	Độ lệch $\Delta_i = \frac{(d_{tt} - d_{tk})}{d_{tk}} \cdot 100\%$ (%)	Δ_i^2	Phương sai $D = \frac{1}{n} \sum \Delta_i^2$	Độ lệch chuẩn $\sigma = \sqrt{D}$ (%)
1	TM-1	C-2	16.9	18	-6.11	37.35	25.36	5.04
2	TM-2	C-3	17.2		-4.44	19.75		
3	TM-3	C-7	17.1		-5.00	25.00		
4	TM-4	B-4	16.9		-6.11	37.35		
5	TM-5	B-6	17.1		-5.00	25.00		
6	TM-6	B-9	17.5		-2.78	7.72		

XÁC ĐỊNH ĐẶC TRƯNG CỦA TIẾT DIỆN CỐT THÉP SÀN

STT	Cấu kiện kiểm tra	Vị trí lấy mẫu	Đường kính đo dtt (mm)	đường kính danh định dtk (mm)	Độ lệch $\Delta_i = \frac{(d_{tt} - d_{tk})}{d_{tk}} \cdot 100\%$ (%)	Δ_i^2	Phương sai $D = \frac{1}{n} \sum \Delta_i^2$	Độ lệch chuẩn $\sigma = \sqrt{D}$ (%)
1	ST2	(9-10&A-B)	7.1	8	-11.25	126.56	85.42	9.24
2	ST3	(1-2&A-B)	7.4		-7.50	56.25		
3	ST2	(2-3&B-C)	7.3		-8.75	76.56		
4	ST3	(1-2&A-B)	7.2		-10.00	100.00		
5	ST4	(3-4&B-C)	7.3		-8.75	76.56		
6	ST4	(6-7&B-C)	7.3		-8.75	76.56		

XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA CƯỜNG ĐỘ CỐT THÉP

STT	Mẫu thí nghiệm	Vị trí lấy mẫu	ứng suất chảy trên ReH (N/mm ²)	Cường độ chịu kéo R _{s,n} (N/mm ²)	Độ lệch $\Delta_i = \frac{R_{eff} - R_{s,n}}{R_{s,n}} \cdot 100\%$ (%)	Δ_i	Phương sai $D = \frac{1}{n} \sum \Delta_i^2$	Độ lệch chuẩn $\sigma = \sqrt{D}$ (%)
1	TM-1	C-2	287	300	-4.33	18.78	8.960	3.000
2	TM-2	C-3	290		-3.33	11.11		
3	TM-3	C-7	293		-2.33	5.44		
4	TM-4	B-4	292		-2.67	7.11		
5	TM-5	B-6	291		-3.00	9.00		
6	TM-6	B-9	290		-3.33	11.11		
7	ST2	(9-10&A-B)	233	240	-2.92	8.51		
8	ST3	(1-2&A-B)	234		-2.50	6.25		
9	ST2	(2-3&B-C)	234		-2.50	6.25		
10	ST3	(1-2&A-B)	232		-3.33	11.11		
11	ST4	(3-4&B-C)	235		-2.08	4.34		
12	ST4	(6-7&B-C)	233		-2.92	8.51		

XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA CƯỜNG ĐỘ NÉN BÊ TÔNG DẦM SÀN

STT	Mẫu thí nghiệm	Vị trí lấy mẫu	Cường độ bê tông hiện trường (N/mm ²)	Cường độ bê tông hiện trường trung bình R _{hti} (N/mm ²)	Độ lệch $\Delta_i = \frac{(h_t - h_k)}{h_k} \cdot 100\%$ %	Δ_i^2	Phương sai $D = \frac{1}{n} \sum \Delta_i^2$	Độ lệch chuẩn $\sigma = \sqrt{D}$ %
1	M1-1	S2(2-3&B-C)	19.1	19.80	-3.56	12.66	4.19	2.00
2	M1-2	S2(4-5&B-C)	19.5		-1.54	2.37		
3	M1-3	S2(9-10&A-B)	19.7		-0.53	0.28		
4	M2-1	S3(1-2&A-B)	19.7		-0.53	0.28		
5	M2-2	S3(4-5&B-C)	19.6		-1.03	1.07		
6	M2-3	S3(5-6&A-B)	19.7		-0.53	0.28		
7	M3-1	S4(3-4&B-C)	20.5		3.51	12.32		
8	M3-2	S4(7-8&A-B)	20.1		1.49	2.22		
9	M3-3	S4(2-3&A-B)	19.3		-2.55	6.50		
10	M4-1	SM(1-2&A-B)	19.3		-2.55	6.50		
11	M4-2	SM(6-7&B-C)	19.7		-0.53	0.28		
12	M4-3	SM(8-9&A-B)	20.8		5.03	25.25		
13	M5-1	B2-1(4-5)	20		0.99	0.97		
14	M5-2	B2-3(3-4)	19.5		-1.54	2.37		
15	M5-3	B2-7(3-B-C)	19.8		-0.02	0.00		
16	M6-1	B3-1(7-8)	20.5		3.51	12.32		
17	M6-2	B3-2(4-5)	19.8		-0.02	0.00		
18	M6-3	B3-7(8-B-C)	19.8		-0.02	0.00		
19	M7-1	B4-8(5-B-C)	19.6		-1.03	1.07		
20	M7-2	B4-3(9-10)	20		0.99	0.97		
21	M7-3	B4-7(A-B-3)	19.9		0.48	0.23		

Cường độ bê tông thực tế của kết cấu có thể được xác định theo điều kiện

$$R_{ht} \geq 0.9 R_{yc}$$

$$R_{min} > 0.75 R_{ht}$$

Trong đó cường độ bê tông yêu cầu (R_{yc}) chính là cấp bê tông B (MPa, N/mm²)

- Với bê tông dầm, sàn

$$R_{yc} \text{ theo thiết kế} \quad R_{yctk} \quad 22.5 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{yc} \text{ thực tế: } = R_{ht}/0.9 \quad R_{yctt} \quad 22.01 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Điều kiện } R_{min} > 0.75 R_{ht} \quad \text{Đạt}$$

$$(R_{yctk} - R_{yctt} / R_{yctk}) \times 100\% \quad 2 \quad \%$$

XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA CƯỜNG ĐỘ NÉN BÊ TÔNG CỘT

STT	Mẫu thí nghiệm	Vị trí lấy mẫu	Cường độ bê tông hiện trường (N/mm ²)	Cường độ bê tông hiện trường trung bình R _{hti} (N/mm ²)	Độ lệch $\Delta_i = \frac{(h_{ti} - h_k)}{h_k} \cdot 100\%$	Δ_i^2	Phương sai $D = \frac{1}{n} \sum \Delta_i^2$	Độ lệch chuẩn $\sigma = \sqrt{D}$
					%			%
II. Mẫu thí nghiệm cường độ bê tông cột								
1	M2-1	CT1(C-2)	22.1	22.03	0.30	0.09	4.17	2.00
2	M2-2	CT1(B-4)	22.5		2.12	4.49		
3	M2-3	CT1(C-8)	22		-0.15	0.02		
4	M5-1	CT2(9-C)	22.8		3.48	12.11		
5	M5-2	CT2(7-C)	22.3		1.21	1.46		
6	M5-3	CT2(3-B)	21.3		-3.33	11.08		
7	M9-1	CT3(4-C)	21.7		-1.51	2.29		
8	M9-2	CT3(6-B)	21.5		-2.42	5.86		
9	M9-3	CT3(9-B)	22.1		0.30	0.09		

Ghi chú

Cường độ bê tông thực tế của kết cấu có thể được xác định theo điều kiện

$$R_{ht} \geq 0.9 R_{yc}$$

$$R_{min} > 0.75 R_{ht}$$

Trong đó cường độ bê tông yêu cầu (R_{yc}) chính là cấp bê tông B (MPa, N/mm²)

- Với bê tông cột

$$R_{yc} \text{ theo thiết kế} \quad R_{yctk} \quad 25 \quad \text{N/mm}^2$$

$$R_{yc} \text{ thực tế: } = R_{ht}/0.9 \quad R_{yctt} \quad 24.48 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Điều kiện } R_{min} > 0.75 R_{ht} \quad \text{Đạt}$$

$$(R_{yctk} - R_{yctt})/R_{yctk} \times 100\% \quad 2 \quad \%$$

PHỤ LỤC B: TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY CỦA CẤU KIỆN, KẾT CẤU

TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY CẤU KIỆN CỘT

Vật liệu sử dụng:

Bê tông: B25

E_b= 3250 KN/cm²

R_b= 1.45 KN/cm² ΔR_b= 2% S'_{Rb}= 0.03 KN/cm²

Cốt thép: AII

E_s= 20000 KN/cm² ΔR_s= 3% S'_{Rs}= 0.78 KN/cm²

R_s= 26 KN/cm² ΔR_s= 3% S'_{Rsc}= 0.78 KN/cm²

R_{sc}= 26 KN/cm² Δf_y= 10%

Δb/h = 4%

Tên cột	Tổ hợp	Kích thước						Nội lực				Cốt thép	Các tham số				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{\Delta N_d}^2$	$S_{\Delta N_d}$	$\frac{N_{td}}{N}$	P_s
		C _x cm (3)	C _y cm (4)	a' cm (5)	C _{ox} cm (6)	C _{oy} cm (7)	L _x = L _y m (8)	N _z KN (9)	M _x KNm (10)	N _{dh} KN (11)	M _{dh} KNm (12)	A _{ss} =A _{ss'} cm ² (13)	e _y cm (14)	ξ_{SR} (15)	x cm (16)	N _{td} KN (17)	S' _b cm (18)	S' _{ho} cm (19)	S' _{a'} cm (20)	S' _{A's} cm ² (21)	S' _{Rsc} cm ² (22)	S' _{A's} KN/cm ² (23)	S' _{ho} KN/cm (24)	S' _{Rb} cm ² (25)	S' _b KN/cm (26)	S' _{a'} KN/cm (27)	S' _{Rsc} KN (28)	S' _{A's} KN (29)	S' _{ho} KN (30)	S' _{Rb} KN (31)	S' _b KN (32)	S' _{a'} KN (33)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
2C1	Pmax+Mt.ư	22	50	3	19	47	3.6	516.78	17.41	452	15.27	9.42	39.19	0.58	21.13	901.71	0.88	1.9	0.12	0.94	10.58	29.2	23.45	432.16	28	-6.25	8.25	27.51	44.09	12.53	25.07	-0.75	3554.3	59.62	1.7	1.000
	Pt.ư+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	415.64	89.19	452	15.27	9.42	44.06	0.58	19.35	767.73	0.88	1.9	0.12	0.94	9.41	26.0	19.57	360.71	24	-5.56	7.34	24.47	36.80	10.46	20.92	-0.67	2554.5	50.54	1.8	1.000
2C2	Pmax+Mt.ư	22	50	3	19	47	3.6	440.17	72.84	365.8	9.82	9.42	39.11	0.58	19.78	874.52	0.88	1.9	0.12	0.94	10.60	29.3	22.40	413.00	27	-6.27	8.27	27.57	42.12	11.98	23.95	-0.75	3320.1	57.62	2.0	1.000
	Pt.ư+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	299.71	59.68	365.8	9.82	9.42	42.31	0.58	17.32	755.36	0.88	1.9	0.12	0.94	9.80	27.0	18.85	345.22	23	-5.79	7.64	25.48	35.43	10.01	20.02	-0.69	2464.6	49.64	2.5	1.000
2C3	Pmax+Mt.ư	22	50	3	19	47	3.6	960.90	29.56	833.8	25.45	9.42	39.67	0.58	28.93	1028.66	0.88	1.9	0.12	0.94	10.45	28.8	29.44	522.00	34	-6.18	8.15	27.18	55.35	15.14	30.28	-0.74	5015.0	70.82	1.1	0.831
	Pt.ư+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	762.49	99.29	833.8	25.45	9.42	39.49	0.58	25.45	977.51	0.88	1.9	0.12	0.94	10.50	29.0	26.76	485.88	32	-6.20	8.19	27.30	50.31	14.09	28.18	-0.74	4336.2	65.85	1.3	0.999
2C4	Pmax+Mt.ư	22	50	3	19	47	3.6	789.91	88.07	674.9	22.65	9.42	39.48	0.58	25.93	986.12	0.88	1.9	0.12	0.94	10.50	29.0	27.16	491.76	32	-6.21	8.19	27.31	51.05	14.26	28.52	-0.74	4436.7	66.61	1.2	0.998
	Pt.ư+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	781.01	67.02	674.9	22.65	9.42	39.47	0.58	25.77	983.64	0.88	1.9	0.12	0.94	10.50	29.0	27.04	490.01	32	-6.21	8.19	27.31	50.83	14.21	28.42	-0.74	4406.6	66.38	1.3	0.999
2C5	Pmax+Mt.ư	22	50	3	19	47	3.6	932.80	29.09	810	25.05	9.42	39.64	0.58	28.44	1022.18	0.88	1.9	0.12	0.94	10.46	28.9	29.07	517.39	34	-6.18	8.16	27.20	54.65	15.00	30.01	-0.74	4918.7	70.13	1.1	0.899
	Pt.ư+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	740.87	98.95	810	25.05	9.42	39.47	0.58	25.07	971.44	0.88	1.9	0.12	0.94	10.51	29.0	26.47	481.58	32	-6.21	8.19	27.32	49.76	13.97	27.93	-0.74	4265.1	65.31	1.3	1.000
2C6	Pmax+Mt.ư	22	50	3	19	47	3.6	764.22	87.54	652.4	22.21	9.42	39.45	0.58	25.48	979.04	0.88	1.9	0.12	0.94	10.51	29.0	26.81	486.74	32	-6.21	8.20	27.33	50.40	14.12	28.23	-0.75	4351.3	65.96	1.3	0.999
	Pt.ư+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	755.31	66.20	652.4	22.21	9.42	39.45	0.58	25.32	976.50	0.88	1.9	0.12	0.94	10.51	29.0	26.69	484.96	32	-6.21	8.20	27.33	50.18	14.06	28.13	-0.75	4321.3	65.74	1.3	1.000
2C7	Pmax+Mt.ư	22	50	3	19	47	3.6	934.59	29.42	811.7	25.32	9.42	39.64	0.58	28.47	1022.60	0.88	1.9	0.12	0.94	10.46	28.9	29.09	517.69	34	-6.18	8.16	27.20	54.69	15.01	30.03	-0.74	4924.8	70.18	1.1	0.895
	Pt.ư+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	742.73	99.19	811.7	25.32	9.42	39.47	0.58	25.10	971.97	0.88	1.9	0.12	0.94	10.51	29.0	26.49	481.96	32	-6.21	8.19	27.31	49.81	13.98	27.95	-0.74	4271.3	65.35	1.3	1.000
2C8	Pmax+Mt.ư	22	50	3	19	47	3.6	765.47	87.90	653.4	22.52	9.42	39.45	0.58	25.50	979.39	0.88	1.9	0.12	0.94	10.51	29.0	26.83	486.99	32	-6.21	8.20	27.33	50.44	14.12	28.25	-0.75	4355.4	66.00	1.3	0.999
	Pt.ư+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	756.56	66.76	653.4	22.52	9.42	39.45	0.58	25.34	976.85	0.88	1.9	0.12	0.94	10.51	29.0	26.71	485.20	32	-6.21	8.20	27.33	50.21	14.07	28.14	-0.75	4325.5	65.77	1.3	1.000

Tên cột	Tổ hợp	Kích thước						Nội lực				Cốt thép	Các tham số				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{\Delta N_d}^2$	$S_{\Delta M_d}$	$\frac{N_d}{N}$	P _s
		C _x cm	C _y cm	a' cm	C _{ox} cm	C _{oy} cm	L _x = L _y m	N _z KN	M _x KNm	N _{dh} KN	M _{dh} KNm	A _{ax} =A _{ax'} cm ²	e _y cm	ξ_R	x cm	N _{td} KN	S' _b cm	S' _{ho} cm	S' _a cm	S' _{A's} cm ²	S' _{Rsc} cm ²	S' _{A's} KN/cm ²	S' _{ho} KN/cm	S' _{Rb} cm ²	S' _b KN/cm	S' _a KN/cm	S' _{Rsc} KN	S' _{A's} KN	S' _{ho} KN	S' _{Rb} KN	S' _b KN	S' _a KN	KN ²	KN	(36)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
2C9	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	993.48	31.38	853.3	26.60	10.74	39.62	0.58	29.38	1074.50	0.88	1.9	0.12	1.07	11.93	28.9	30.71	527.10	35	-7.05	9.31	31.02	57.73	15.29	30.57	-0.85	5550.4	74.50	1.1	0.862
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	774.71	99.63	853.3	26.60	10.74	39.44	0.58	25.76	1022.61	0.88	1.9	0.12	1.07	11.99	29.0	27.92	490.32	32	-7.08	9.35	31.16	52.49	14.22	28.44	-0.85	4825.7	69.47	1.3	1.000
2C10	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	824.17	90.00	698.8	24.31	9.42	39.52	0.58	26.53	995.31	0.88	1.9	0.12	0.94	10.49	28.9	27.62	498.27	33	-6.20	8.18	27.28	51.92	14.45	28.90	-0.74	4551.6	67.47	1.2	0.994
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	815.26	70.06	698.8	24.31	9.42	39.51	0.58	26.37	992.91	0.88	1.9	0.12	0.94	10.50	29.0	27.50	496.58	33	-6.20	8.19	27.29	51.69	14.40	28.80	-0.74	4521.3	67.24	1.2	0.996
2C11	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	993.48	31.38	853.3	26.59	10.74	39.62	0.58	29.38	1074.50	0.88	1.9	0.12	1.07	11.93	28.9	30.71	527.10	35	-7.05	9.31	31.02	57.73	15.29	30.57	-0.85	5550.4	74.50	1.1	0.862
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	774.71	99.63	853.3	26.59	10.74	39.44	0.58	25.76	1022.61	0.88	1.9	0.12	1.07	11.99	29.0	27.92	490.32	32	-7.08	9.35	31.16	52.49	14.22	28.44	-0.85	4825.7	69.47	1.3	1.000
2C12	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	824.16	90.00	698.8	24.31	9.42	39.52	0.58	26.53	995.31	0.88	1.9	0.12	0.94	10.49	28.9	27.62	498.27	33	-6.20	8.18	27.28	51.92	14.45	28.90	-0.74	4551.6	67.47	1.2	0.994
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	815.26	70.06	698.8	24.31	9.42	39.51	0.58	26.37	992.91	0.88	1.9	0.12	0.94	10.50	29.0	27.50	496.58	33	-6.20	8.19	27.29	51.69	14.40	28.80	-0.74	4521.3	67.24	1.2	0.996
2C13	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	934.59	29.42	811.7	25.32	9.42	39.64	0.58	28.47	1022.60	0.88	1.9	0.12	0.94	10.46	28.9	29.09	517.69	34	-6.18	8.16	27.20	54.69	15.01	30.03	-0.74	4924.8	70.18	1.1	0.895
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	742.73	99.19	811.7	25.32	9.42	39.47	0.58	25.10	971.97	0.88	1.9	0.12	0.94	10.51	29.0	26.49	481.96	32	-6.21	8.19	27.31	49.81	13.98	27.95	-0.74	4271.3	65.35	1.3	1.000
2C14	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	765.46	87.90	653.4	22.52	9.42	39.45	0.58	25.50	979.39	0.88	1.9	0.12	0.94	10.51	29.0	26.83	486.99	32	-6.21	8.20	27.33	50.44	14.12	28.25	-0.75	4355.4	66.00	1.3	0.999
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	756.56	66.76	653.4	22.52	9.42	39.45	0.58	25.34	976.85	0.88	1.9	0.12	0.94	10.51	29.0	26.71	485.20	32	-6.21	8.20	27.33	50.21	14.07	28.14	-0.75	4325.5	65.77	1.3	1.000
2C15	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	932.82	29.09	810.1	25.05	9.42	39.64	0.58	28.44	1022.19	0.88	1.9	0.12	0.94	10.46	28.9	29.07	517.39	34	-6.18	8.16	27.20	54.65	15.00	30.01	-0.74	4918.7	70.13	1.1	0.899
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	740.88	98.95	810.1	25.05	9.42	39.47	0.58	25.07	971.45	0.88	1.9	0.12	0.94	10.51	29.0	26.47	481.58	32	-6.21	8.19	27.32	49.76	13.97	27.93	-0.74	4265.2	65.31	1.3	1.000
2C16	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	764.16	87.54	652.4	22.21	9.42	39.45	0.58	25.48	979.02	0.88	1.9	0.12	0.94	10.51	29.0	26.81	486.73	32	-6.21	8.20	27.33	50.40	14.12	28.23	-0.75	4351.1	65.96	1.3	0.999
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	755.26	66.20	652.4	22.21	9.42	39.45	0.58	25.32	976.48	0.88	1.9	0.12	0.94	10.51	29.0	26.69	484.94	32	-6.21	8.20	27.33	50.17	14.06	28.13	-0.75	4321.2	65.74	1.3	1.000
2C17	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	960.80	29.56	833.7	25.45	9.42	39.67	0.58	28.93	1028.63	0.88	1.9	0.12	0.94	10.45	28.8	29.44	521.98	34	-6.18	8.15	27.18	55.35	15.14	30.27	-0.74	5014.6	70.81	1.1	0.831
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	762.41	99.29	833.7	25.45	9.42	39.49	0.58	25.45	977.49	0.88	1.9	0.12	0.94	10.50	29.0	26.76	485.87	32	-6.20	8.19	27.30	50.30	14.09	28.18	-0.74	4336.0	65.85	1.3	0.999
2C18	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	789.97	88.07	674.9	22.65	9.42	39.48	0.58	25.93	986.13	0.88	1.9	0.12	0.94	10.50	29.0	27.16	491.77	32	-6.21	8.19	27.31	51.06	14.26	28.52	-0.74	4436.9	66.61	1.2	0.998
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	781.07	67.02	674.9	22.65	9.42	39.47	0.58	25.77	983.65	0.88	1.9	0.12	0.94	10.50	29.0	27.04	490.02	32	-6.21	8.19	27.31	50.83	14.21	28.42	-0.74	4406.8	66.38	1.3	0.999
2C19	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	516.74	17.41	451.9	15.27	9.42	39.19	0.58	21.13	901.69	0.88	1.9	0.12	0.94	10.58	29.2	23.45	432.15	28	-6.25	8.25	27.51	44.09	12.53	25.06	-0.75	3554.2	59.62	1.7	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	415.64	89.19	451.9	15.27	9.42	44.06	0.58	19.35	767.73	0.88	1.9	0.12	0.94	9.41	26.0	19.57	360.71	24	-5.56	7.34	24.47	36.80	10.46	20.92	-0.67	2554.5	50.54	1.8	1.000
2C20	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	440.19	72.83	365.8	9.82	9.42	39.11	0.58	19.79	874.53	0.88	1.9	0.12	0.94	10.60	29.3	22.40	413.01	27	-6.27	8.27	27.57	42.12	11.98	23.95	-0.75	3320.2	57.62	2.0	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	299.73	59.68	365.8	9.82	9.42	42.31	0.58	17.32	755.39	0.88	1.9	0.12	0.94	9.80	27.0	18.85	345.23	23	-5.79	7.64	25.48	35.43	10.01	20.02	-0.69	2464.8	49.65	2.5	1.000

Tên cột	Tổ hợp	Kích thước						Nội lực				Cốt thép	Các tham số				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{\Delta N_d}^2$	$S_{\Delta N_d}$	$\frac{N_d}{N}$	P_s
		Cx cm	Cy cm	a' cm	Cox cm	Coy cm	Lx= Ly m	Nz KN	Mx KNm	N _{dh} KN	M _{dh} KNm	A _{ss} =A _{ss} ' cm ²	ey cm	ξ_{SR}	x cm	N _{id} KN	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'A's cm ²	S'Rsc cm ²	S'A's KN/cm ²	S'ho KN/cm	S'Rb cm ²	S'b KN/cm	S'a' KN/cm	S'Rsc KN	S'A's KN	S'ho KN	S'Rb KN	S'b KN	S'a' KN	KN ²	KN		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
2C21	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	157.99	8.27	96.5	0.73	9.42	18.92	0.58	9.00	427.27	0.88	0.8	0.12	0.94	7.97	22.0	28.13	151.75	10	-12.95	6.22	20.72	21.38	4.40	8.80	-1.55	1024.3	32.00	2.7	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	144.15	8.88	96.5	0.73	9.42	18.84	0.58	8.85	426.50	0.88	0.8	0.12	0.94	8.00	22.1	27.99	150.63	10	-13.01	6.24	20.81	21.27	4.37	8.74	-1.56	1022.4	31.97	3.0	1.000
2C22	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	251.88	8.47	173.8	0.88	9.42	19.57	0.58	10.00	428.45	0.88	0.8	0.12	0.94	7.70	21.3	28.81	157.35	10	-12.52	6.01	20.03	21.90	4.56	9.13	-1.50	1023.2	31.99	1.7	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	215.52	9.02	173.8	0.88	9.42	19.35	0.58	9.61	427.59	0.88	0.8	0.12	0.94	7.79	21.5	28.51	155.14	10	-12.66	6.08	20.26	21.67	4.50	9.00	-1.52	1020.7	31.95	2.0	1.000
2C23	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	238.34	8.47	162.2	0.88	9.42	19.47	0.58	9.85	428.50	0.88	0.8	0.12	0.94	7.74	21.4	28.73	156.68	10	-12.58	6.04	20.13	21.83	4.54	9.09	-1.51	1023.9	32.00	1.8	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	204.83	9.02	162.2	0.88	9.42	19.27	0.58	9.50	427.56	0.88	0.8	0.12	0.94	7.83	21.6	28.44	154.55	10	-12.72	6.10	20.35	21.62	4.48	8.96	-1.53	1021.2	31.96	2.1	1.000
2C24	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	236.02	8.48	160.7	0.88	9.42	19.46	0.58	9.83	428.49	0.88	0.8	0.12	0.94	7.75	21.4	28.71	156.55	10	-12.59	6.04	20.15	21.82	4.54	9.08	-1.51	1023.9	32.00	1.8	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	203.31	9.03	160.7	0.88	9.42	19.26	0.58	9.48	427.55	0.88	0.8	0.12	0.94	7.83	21.6	28.43	154.46	10	-12.72	6.11	20.36	21.61	4.48	8.96	-1.53	1021.3	31.96	2.1	1.000
2C25	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	259.43	8.53	183.4	0.76	9.42	19.63	0.58	10.08	428.29	0.88	0.8	0.12	0.94	7.68	21.2	28.86	157.67	10	-12.48	5.99	19.97	21.93	4.57	9.14	-1.50	1022.3	31.97	1.7	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	215.58	9.17	183.4	0.76	9.42	19.36	0.58	9.61	427.36	0.88	0.8	0.12	0.94	7.79	21.5	28.50	155.06	10	-12.66	6.08	20.25	21.66	4.50	8.99	-1.52	1019.6	31.93	2.0	1.000
2C26	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	259.43	8.53	183.4	0.76	9.42	19.63	0.58	10.08	428.29	0.88	0.8	0.12	0.94	7.68	21.2	28.86	157.67	10	-12.48	5.99	19.97	21.93	4.57	9.14	-1.50	1022.3	31.97	1.7	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	215.58	9.17	183.4	0.76	9.42	19.36	0.58	9.61	427.36	0.88	0.8	0.12	0.94	7.79	21.5	28.50	155.06	10	-12.66	6.08	20.25	21.66	4.50	8.99	-1.52	1019.6	31.93	2.0	1.000
2C27	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	236.03	8.48	160.7	0.88	9.42	19.46	0.58	9.83	428.49	0.88	0.8	0.12	0.94	7.75	21.4	28.71	156.55	10	-12.59	6.04	20.15	21.82	4.54	9.08	-1.51	1023.9	32.00	1.8	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	203.31	9.03	160.7	0.88	9.42	19.26	0.58	9.48	427.55	0.88	0.8	0.12	0.94	7.83	21.6	28.43	154.46	10	-12.72	6.11	20.36	21.61	4.48	8.96	-1.53	1021.3	31.96	2.1	1.000
2C28	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	238.36	8.47	162.3	0.88	9.42	19.47	0.58	9.86	428.50	0.88	0.8	0.12	0.94	7.74	21.4	28.73	156.68	10	-12.58	6.04	20.13	21.83	4.54	9.09	-1.51	1023.9	32.00	1.8	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	204.85	9.02	162.3	0.88	9.42	19.27	0.58	9.50	427.56	0.88	0.8	0.12	0.94	7.83	21.6	28.44	154.55	10	-12.72	6.10	20.35	21.62	4.48	8.96	-1.53	1021.2	31.96	2.1	1.000
2C29	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	251.90	8.47	173.8	0.88	9.42	19.57	0.58	10.00	428.45	0.88	0.8	0.12	0.94	7.70	21.3	28.81	157.35	10	-12.52	6.01	20.03	21.90	4.56	9.13	-1.50	1023.2	31.99	1.7	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	215.54	9.02	173.8	0.88	9.42	19.35	0.58	9.61	427.59	0.88	0.8	0.12	0.94	7.79	21.5	28.51	155.14	10	-12.66	6.08	20.26	21.67	4.50	9.00	-1.52	1020.7	31.95	2.0	1.000
2C30	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	158.02	8.27	96.53	0.73	9.42	18.92	0.58	9.00	427.27	0.88	0.8	0.12	0.94	7.97	22.0	28.13	151.75	10	-12.95	6.22	20.72	21.38	4.40	8.80	-1.55	1024.3	32.00	2.7	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	144.17	8.88	96.53	0.73	9.42	18.84	0.58	8.85	426.50	0.88	0.8	0.12	0.94	8.00	22.1	27.99	150.63	10	-13.01	6.24	20.81	21.27	4.37	8.74	-1.56	1022.4	31.97	3.0	1.000
2C31	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	36.23	9.00	26.23	1.28	9.42	33.42	0.58	7.70	228.66	0.88	0.8	0.12	0.94	4.51	12.4	14.68	76.80	5	-7.33	3.52	11.73	11.16	2.23	4.45	-0.88	300.1	17.32	6.3	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	29.21	9.42	26.23	1.28	9.42	40.89	0.58	7.63	186.22	0.88	0.8	0.12	0.94	3.69	10.2	11.94	62.31	4	-5.99	2.88	9.59	9.08	1.81	3.61	-0.72	199.4	14.12	6.4	1.000
2C32	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	36.23	9.00	26.23	1.28	9.42	33.42	0.58	7.70	228.66	0.88	0.8	0.12	0.94	4.51	12.4	14.68	76.80	5	-7.33	3.52	11.73	11.16	2.23	4.45	-0.88	300.1	17.32	6.3	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	29.21	9.42	26.23	1.28	9.42	40.89	0.58	7.63	186.22	0.88	0.8	0.12	0.94	3.69	10.2	11.94	62.31	4	-5.99	2.88	9.59	9.08	1.81	3.61	-0.72	199.4	14.12	6.4	1.000

Tên cột	Tổ hợp	Kích thước						Nội lực				Cốt thép	Các tham số				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{\Delta N_d}^2$	$S_{\Delta N_d}$	$\frac{N_d}{N}$	P _s
		C _x cm	C _y cm	a' cm	C _{ox} cm	C _{oy} cm	L _x = L _y m	N _z KN	M _x KNm	N _{dh} KN	M _{dh} KNm	A _{ss} =A _{ss} ' cm ²	e _y cm	ξ_R	x cm	N _{td} KN	S' _b cm	S' _{ho} cm	S' _a ' cm	S' _{A's} cm ²	S' _{Rsc} cm ²	S' _{A's} KN/cm ²	S' _{ho} KN/cm	S' _{Rb} cm ²	S' _b KN/cm	S' _a ' KN/cm	S' _{Rsc} KN	S' _{A's} KN	S' _{ho} KN	S' _{Rb} KN	S' _b KN	S' _a ' KN	KN ²	KN		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
3C1	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	388.32	43.72	345	38.44	6.28	39.16	0.58	17.41	726.66	0.88	1.9	0.12	0.63	7.06	29.2	18.35	374.55	25	-4.17	5.51	18.36	34.50	10.86	21.72	-0.50	2148.0	46.35	1.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	378.34	87.39	345	38.44	6.28	45.83	0.58	17.20	616.62	0.88	1.9	0.12	0.63	6.03	25.0	15.54	317.09	21	-3.56	4.71	15.68	29.21	9.20	18.39	-0.43	1544.4	39.30	1.6	1.000
3C2	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	332.10	69.67	283.8	36.39	6.28	43.54	0.58	16.25	628.01	0.88	1.9	0.12	0.63	6.35	26.3	15.66	319.24	21	-3.75	4.95	16.51	29.44	9.26	18.52	-0.45	1592.6	39.91	1.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	323.20	49.44	283.8	36.39	6.28	39.07	0.58	16.07	695.14	0.88	1.9	0.12	0.63	7.08	29.3	17.30	352.53	23	-4.18	5.52	18.40	32.52	10.22	20.45	-0.50	1949.5	44.15	2.2	1.000
3C3	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	702.29	79.50	615.5	68.83	6.28	39.57	0.58	23.87	856.37	0.88	1.9	0.12	0.63	6.99	28.9	23.37	465.33	31	-4.13	5.45	18.16	43.94	13.49	26.99	-0.50	3200.8	56.58	1.2	0.997
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	687.70	123.91	615.5	68.83	6.28	41.00	0.58	23.57	821.06	0.88	1.9	0.12	0.63	6.74	27.9	22.32	445.34	29	-3.98	5.26	17.53	41.96	12.92	25.83	-0.48	2930.2	54.13	1.2	0.993
3C4	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	586.06	114.02	509.9	73.83	6.28	42.37	0.58	21.48	756.04	0.88	1.9	0.12	0.63	6.53	27.0	20.03	404.41	27	-3.86	5.09	16.97	37.65	11.73	23.46	-0.46	2419.3	49.19	1.3	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	577.16	76.61	509.9	73.83	6.28	39.41	0.58	21.29	809.09	0.88	1.9	0.12	0.63	7.02	29.0	21.38	432.19	28	-4.15	5.47	18.24	40.20	12.53	25.07	-0.50	2764.7	52.58	1.4	1.000
3C5	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	685.45	78.25	601	67.80	6.28	39.55	0.58	23.52	850.35	0.88	1.9	0.12	0.63	6.99	28.9	23.10	461.11	30	-4.13	5.45	18.17	43.44	13.37	26.74	-0.50	3141.1	56.05	1.2	0.998
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	671.17	122.72	601	67.80	6.28	41.26	0.58	23.23	809.67	0.88	1.9	0.12	0.63	6.70	27.7	21.92	438.26	29	-3.96	5.23	17.42	41.21	12.71	25.42	-0.48	2836.5	53.26	1.2	0.995
3C6	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	569.51	112.63	495.2	72.67	6.28	42.68	0.58	21.14	743.95	0.88	1.9	0.12	0.63	6.48	26.8	19.63	396.93	26	-3.83	5.05	16.84	36.90	11.51	23.02	-0.46	2333.2	48.30	1.3	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	560.60	75.88	495.2	72.67	6.28	39.38	0.58	20.95	802.40	0.88	1.9	0.12	0.63	7.02	29.0	21.12	427.51	28	-4.15	5.48	18.25	39.71	12.40	24.80	-0.50	2708.5	52.04	1.4	1.000
3C7	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	686.27	79.13	601.6	68.53	6.28	39.55	0.58	23.54	850.65	0.88	1.9	0.12	0.63	6.99	28.9	23.12	461.31	30	-4.13	5.45	18.17	43.46	13.38	26.76	-0.50	3144.0	56.07	1.2	0.998
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	672.01	123.58	601.6	68.53	6.28	41.38	0.58	23.25	807.76	0.88	1.9	0.12	0.63	6.68	27.6	21.87	437.27	29	-3.95	5.21	17.37	41.12	12.68	25.36	-0.47	2823.8	53.14	1.2	0.995
3C8	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	569.88	113.60	495.5	73.51	6.28	42.85	0.58	21.14	741.19	0.88	1.9	0.12	0.63	6.45	26.7	19.55	395.47	26	-3.81	5.03	16.78	36.76	11.47	22.94	-0.46	2316.1	48.13	1.3	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	560.98	76.41	495.5	73.51	6.28	39.38	0.58	20.96	802.55	0.88	1.9	0.12	0.63	7.02	29.0	21.13	427.62	28	-4.15	5.48	18.25	39.72	12.40	24.80	-0.50	2709.7	52.06	1.4	1.000
3C9	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	725.07	84.85	629.2	72.23	6.28	39.60	0.58	24.34	864.40	0.88	1.9	0.12	0.63	6.98	28.9	23.73	470.96	31	-4.13	5.45	18.15	44.62	13.66	27.32	-0.50	3282.5	57.29	1.2	0.992
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	707.00	127.97	629.2	72.23	6.28	41.12	0.58	23.97	825.88	0.88	1.9	0.12	0.63	6.72	27.8	22.57	449.02	30	-3.97	5.24	17.48	42.42	13.02	26.04	-0.48	2981.0	54.60	1.2	0.985
3C10	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	608.41	119.52	525.1	78.54	6.28	42.60	0.58	21.94	760.56	0.88	1.9	0.12	0.63	6.49	26.9	20.26	408.17	27	-3.83	5.06	16.87	38.09	11.84	23.67	-0.46	2461.8	49.62	1.3	0.999
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	599.51	79.85	525.1	78.54	6.28	39.43	0.58	21.75	817.99	0.88	1.9	0.12	0.63	7.01	29.0	21.74	438.42	29	-4.14	5.47	18.23	40.87	12.71	25.43	-0.50	2841.3	53.30	1.4	1.000
3C11	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	725.07	84.85	629.2	72.23	6.28	39.60	0.58	24.34	864.40	0.88	1.9	0.12	0.63	6.98	28.9	23.73	470.96	31	-4.13	5.45	18.15	44.62	13.66	27.32	-0.50	3282.5	57.29	1.2	0.992
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	707.00	127.97	629.2	72.23	6.28	41.12	0.58	23.97	825.88	0.88	1.9	0.12	0.63	6.72	27.8	22.57	449.02	30	-3.97	5.24	17.48	42.42	13.02	26.04	-0.48	2981.0	54.60	1.2	0.985
3C12	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	608.40	119.52	525.1	78.54	6.28	42.60	0.58	21.94	760.55	0.88	1.9	0.12	0.63	6.49	26.9	20.26	408.16	27	-3.83	5.06	16.87	38.09	11.84	23.67	-0.46	2461.8	49.62	1.3	0.999
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	599.50	79.85	525.1	78.54	6.28	39.43	0.58	21.75	817.99	0.88	1.9	0.12	0.63	7.01	29.0	21.74	438.42	29	-4.14	5.47	18.23	40.87	12.71	25.43	-0.50	2841.3	53.30	1.4	1.000

Tên cột	Tổ hợp	Kích thước						Nội lực				Cốt thép	Các tham số				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{N_{id}}^2$	$S_{N_{id}}$	$\frac{N_{id}}{N}$	P_s
		Cx cm	Cy cm	a' cm	Cox cm	Coy cm	Lx= Ly m	Nz KN	Mx KNm	N _{dh} KN	M _{dh} KNm	A _{ss} =A _{ss} ' cm ²	ey cm	ξ_{SR}	x cm	N _{id} KN	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'A's cm ²	S'Rsc cm ²	S'A's KN/cm ²	S'ho KN/cm	S'Rb cm ²	S'b KN/cm	S'a' KN/cm	S'Rsc KN	S'A's KN	S'ho KN	S'Rb KN	S'b KN	S'a' KN	KN ²	KN		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
3C13	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	686.28	79.13	601.6	68.53	6.28	39.55	0.58	23.54	850.65	0.88	1.9	0.12	0.63	6.99	28.9	23.12	461.32	30	-4.13	5.45	18.17	43.46	13.38	26.76	-0.50	3144.0	56.07	1.2	0.998
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	672.01	123.58	601.6	68.53	6.28	41.38	0.58	23.25	807.76	0.88	1.9	0.12	0.63	6.68	27.6	21.87	437.27	29	-3.95	5.21	17.37	41.12	12.68	25.36	-0.47	2823.8	53.14	1.2	0.995
3C14	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	569.87	113.60	495.4	73.50	6.28	42.85	0.58	21.14	741.18	0.88	1.9	0.12	0.63	6.45	26.7	19.55	395.47	26	-3.81	5.03	16.78	36.76	11.47	22.94	-0.46	2316.0	48.13	1.3	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	560.97	76.41	495.4	73.50	6.28	39.38	0.58	20.96	802.55	0.88	1.9	0.12	0.63	7.02	29.0	21.13	427.61	28	-4.15	5.48	18.25	39.72	12.40	24.80	-0.50	2709.7	52.05	1.4	1.000
3C15	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	685.47	78.25	601	67.80	6.28	39.55	0.58	23.52	850.36	0.88	1.9	0.12	0.63	6.99	28.9	23.10	461.11	30	-4.13	5.45	18.17	43.44	13.37	26.74	-0.50	3141.1	56.05	1.2	0.998
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	671.18	122.72	601	67.80	6.28	41.26	0.58	23.23	809.69	0.88	1.9	0.12	0.63	6.70	27.7	21.92	438.26	29	-3.96	5.23	17.42	41.21	12.71	25.42	-0.48	2836.6	53.26	1.2	0.995
3C16	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	569.45	112.62	495.1	72.67	6.28	42.68	0.58	21.14	743.90	0.88	1.9	0.12	0.63	6.48	26.8	19.62	396.89	26	-3.83	5.05	16.84	36.89	11.51	23.02	-0.46	2332.8	48.30	1.3	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	560.55	75.88	495.1	72.67	6.28	39.38	0.58	20.95	802.38	0.88	1.9	0.12	0.63	7.02	29.0	21.12	427.49	28	-4.15	5.48	18.25	39.70	12.40	24.79	-0.50	2708.3	52.04	1.4	1.000
3C17	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	702.18	79.50	615.4	68.83	6.28	39.57	0.58	23.87	856.33	0.88	1.9	0.12	0.63	6.99	28.9	23.37	465.30	31	-4.13	5.45	18.16	43.93	13.49	26.99	-0.50	3200.4	56.57	1.2	0.997
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	687.60	123.91	615.4	68.83	6.28	41.01	0.58	23.57	820.97	0.88	1.9	0.12	0.63	6.74	27.9	22.32	445.29	29	-3.98	5.26	17.53	41.96	12.91	25.83	-0.48	2929.5	54.12	1.2	0.993
3C18	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	586.13	114.02	509.9	73.83	6.28	42.37	0.58	21.48	756.11	0.88	1.9	0.12	0.63	6.53	27.0	20.03	404.45	27	-3.86	5.09	16.97	37.66	11.73	23.46	-0.46	2419.7	49.19	1.3	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	577.22	76.61	509.9	73.83	6.28	39.41	0.58	21.30	809.12	0.88	1.9	0.12	0.63	7.02	29.0	21.39	432.21	28	-4.15	5.47	18.24	40.20	12.53	25.07	-0.50	2764.9	52.58	1.4	1.000
3C19	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	388.27	43.72	345	38.44	6.28	39.16	0.58	17.41	726.64	0.88	1.9	0.12	0.63	7.06	29.2	18.35	374.53	25	-4.17	5.51	18.36	34.50	10.86	21.72	-0.50	2147.9	46.35	1.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	378.31	87.39	345	38.44	6.28	45.83	0.58	17.20	616.58	0.88	1.9	0.12	0.63	6.03	25.0	15.54	317.06	21	-3.56	4.70	15.68	29.21	9.19	18.39	-0.43	1544.2	39.30	1.6	1.000
3C20	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	332.13	69.67	283.9	36.39	6.28	43.53	0.58	16.25	628.04	0.88	1.9	0.12	0.63	6.35	26.3	15.66	319.26	21	-3.75	4.95	16.51	29.44	9.26	18.52	-0.45	1592.8	39.91	1.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	323.23	49.45	283.9	36.39	6.28	39.07	0.58	16.07	695.15	0.88	1.9	0.12	0.63	7.08	29.3	17.30	352.54	23	-4.18	5.52	18.40	32.52	10.22	20.45	-0.50	1949.6	44.15	2.2	1.000
3C21	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	116.85	10.02	80.71	1.87	6.28	18.89	0.58	7.85	338.11	0.88	0.8	0.12	0.63	5.32	22.0	21.90	137.77	9	-8.65	4.15	13.83	16.64	4.00	7.99	-1.04	566.5	23.80	2.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	105.05	10.35	80.71	1.87	6.28	18.81	0.58	7.69	336.51	0.88	0.8	0.12	0.63	5.34	22.1	21.72	136.25	9	-8.68	4.17	13.89	16.51	3.95	7.90	-1.04	562.1	23.71	3.2	1.000
3C22	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	192.93	10.91	145.3	2.59	6.28	19.59	0.58	8.89	344.04	0.88	0.8	0.12	0.63	5.13	21.2	22.81	145.27	10	-8.34	4.00	13.34	17.33	4.21	8.43	-1.00	584.2	24.17	1.8	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	164.51	11.02	145.3	2.59	6.28	19.37	0.58	8.50	341.43	0.88	0.8	0.12	0.63	5.19	21.5	22.43	142.40	9	-8.43	4.05	13.49	17.05	4.13	8.26	-1.01	575.5	23.99	2.1	1.000
3C23	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	182.86	10.94	136.5	2.62	6.28	19.50	0.58	8.75	343.48	0.88	0.8	0.12	0.63	5.16	21.3	22.70	144.42	10	-8.38	4.02	13.41	17.25	4.19	8.38	-1.01	582.2	24.13	1.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	156.32	11.05	136.5	2.62	6.28	19.29	0.58	8.39	340.89	0.88	0.8	0.12	0.63	5.21	21.6	22.34	141.64	9	-8.47	4.07	13.55	16.98	4.11	8.22	-1.02	573.8	23.95	2.2	1.000
3C24	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	183.05	10.96	136.8	2.62	6.28	19.50	0.58	8.75	343.49	0.88	0.8	0.12	0.63	5.16	21.3	22.70	144.43	10	-8.38	4.02	13.41	17.25	4.19	8.38	-1.01	582.3	24.13	1.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	156.39	11.07	136.8	2.62	6.28	19.29	0.58	8.39	340.89	0.88	0.8	0.12	0.63	5.21	21.6	22.34	141.65	9	-8.47	4.06	13.55	16.98	4.11	8.22	-1.02	573.8	23.95	2.2	1.000

Tên cột	Tổ hợp	Kích thước						Nội lực				Cốt thép	Các tham số				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{\Delta N_d}^2$	$S_{\Delta N_d}$	$\frac{N_d}{N}$	P_s
		C _x cm	C _y cm	a' cm	C _{ox} cm	C _{oy} cm	L _x = L _y m	N _z KN	M _x KNm	N _{dh} KN	M _{dh} KNm	A _{ss} =A _{ss} ' cm ²	e _y cm	ξ_{R^2}	x cm	N _{id} KN	S' _b cm	S' _{ho} cm	S' _a cm	S' _{A's} cm ²	S' _{Rsc} cm ²	S' _{A's} KN/cm ²	S' _{ho} KN/cm	S' _{Rb} cm ²	S' _b KN/cm	S' _a KN/cm	S' _{Rsc} KN	S' _{A's} KN	S' _{ho} KN	S' _{Rb} KN	S' _b KN	S' _a KN	KN ²	KN		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
3C25	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	184.38	11.10	137	2.41	6.28	19.51	0.58	8.77	343.60	0.88	0.8	0.12	0.63	5.15	21.3	22.72	144.56	10	-8.37	4.02	13.40	17.27	4.19	8.38	-1.00	582.7	24.14	1.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	158.13	11.40	137	2.41	6.28	19.30	0.58	8.41	341.06	0.88	0.8	0.12	0.63	5.21	21.5	22.36	141.83	9	-8.46	4.06	13.54	17.00	4.11	8.23	-1.02	574.4	23.97	2.2	1.000
3C26	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	184.38	11.10	137	2.41	6.28	19.51	0.58	8.77	343.60	0.88	0.8	0.12	0.63	5.15	21.3	22.72	144.56	10	-8.37	4.02	13.40	17.27	4.19	8.38	-1.00	582.7	24.14	1.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	158.13	11.40	137	2.41	6.28	19.30	0.58	8.41	341.06	0.88	0.8	0.12	0.63	5.21	21.5	22.36	141.83	9	-8.46	4.06	13.54	17.00	4.11	8.23	-1.02	574.4	23.97	2.2	1.000
3C27	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	183.06	10.96	136.8	2.62	6.28	19.50	0.58	8.75	343.49	0.88	0.8	0.12	0.63	5.16	21.3	22.70	144.43	10	-8.38	4.02	13.41	17.25	4.19	8.38	-1.01	582.3	24.13	1.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	156.41	11.07	136.8	2.62	6.28	19.29	0.58	8.39	340.89	0.88	0.8	0.12	0.63	5.21	21.6	22.34	141.65	9	-8.47	4.06	13.55	16.98	4.11	8.22	-1.02	573.8	23.95	2.2	1.000
3C28	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	182.89	10.94	136.5	2.62	6.28	19.50	0.58	8.75	343.48	0.88	0.8	0.12	0.63	5.16	21.3	22.70	144.42	10	-8.38	4.02	13.41	17.25	4.19	8.38	-1.01	582.2	24.13	1.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	156.34	11.05	136.5	2.62	6.28	19.29	0.58	8.39	340.89	0.88	0.8	0.12	0.63	5.21	21.6	22.34	141.64	9	-8.47	4.07	13.55	16.98	4.11	8.22	-1.02	573.8	23.95	2.2	1.000
3C29	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	192.95	10.90	145.4	2.59	6.28	19.59	0.58	8.89	344.04	0.88	0.8	0.12	0.63	5.13	21.2	22.81	145.27	10	-8.34	4.00	13.34	17.33	4.21	8.43	-1.00	584.2	24.17	1.8	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	164.53	11.02	145.4	2.59	6.28	19.37	0.58	8.50	341.43	0.88	0.8	0.12	0.63	5.19	21.5	22.43	142.40	9	-8.43	4.05	13.49	17.05	4.13	8.26	-1.01	575.5	23.99	2.1	1.000
3C30	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	116.87	10.02	80.75	1.87	6.28	18.89	0.58	7.85	338.11	0.88	0.8	0.12	0.63	5.32	22.0	21.90	137.77	9	-8.65	4.15	13.83	16.64	4.00	7.99	-1.04	566.5	23.80	2.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	105.07	10.35	80.75	1.87	6.28	18.81	0.58	7.69	336.52	0.88	0.8	0.12	0.63	5.34	22.1	21.72	136.26	9	-8.68	4.17	13.89	16.51	3.95	7.90	-1.04	562.1	23.71	3.2	1.000
4C1	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	265.51	37.22	241	32.14	5.09	39.03	0.58	14.00	606.93	0.88	1.9	0.12	0.51	5.74	29.3	14.83	315.70	21	-3.39	4.47	14.92	27.89	9.16	18.31	-0.41	1439.6	37.94	2.3	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	263.51	61.13	241	32.14	5.09	45.76	0.58	13.96	516.68	0.88	1.9	0.12	0.51	4.89	25.0	12.62	268.59	18	-2.89	3.82	12.72	23.73	7.79	15.58	-0.35	1043.1	32.30	2.0	1.000
4C2	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	225.37	53.02	199.8	32.89	5.09	46.01	0.58	13.12	494.38	0.88	1.9	0.12	0.51	4.87	24.9	11.97	253.69	17	-2.88	3.80	12.65	22.51	7.36	14.71	-0.35	951.8	30.85	2.2	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	216.47	40.00	199.8	32.89	5.09	40.82	0.58	12.92	552.06	0.88	1.9	0.12	0.51	5.49	28.0	13.34	282.37	19	-3.24	4.28	14.26	25.08	8.19	16.38	-0.39	1186.3	34.44	2.6	1.000
4C3	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	459.09	70.69	410.5	60.85	5.09	39.31	0.58	18.27	709.42	0.88	1.9	0.12	0.51	5.70	29.1	18.19	387.11	26	-3.37	4.44	14.81	34.20	11.23	22.45	-0.40	2038.8	45.15	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	453.94	95.03	410.5	60.85	5.09	43.80	0.58	18.15	634.37	0.88	1.9	0.12	0.51	5.11	26.1	16.24	345.82	23	-3.02	3.99	13.29	30.54	10.03	20.06	-0.36	1628.2	40.35	1.4	1.000
4C4	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	386.35	92.43	345.2	66.24	5.09	46.79	0.58	16.67	563.74	0.88	1.9	0.12	0.51	4.79	24.4	14.19	302.98	20	-2.83	3.73	12.44	26.68	8.79	17.57	-0.34	1266.5	35.59	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	377.45	66.80	345.2	66.24	5.09	40.27	0.58	16.47	650.30	0.88	1.9	0.12	0.51	5.56	28.4	16.33	348.78	23	-3.29	4.34	14.46	30.70	10.11	20.23	-0.39	1682.2	41.01	1.7	1.000
4C5	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	449.48	69.96	401.7	60.27	5.09	39.30	0.58	18.06	704.72	0.88	1.9	0.12	0.51	5.70	29.1	18.02	383.83	25	-3.37	4.44	14.82	33.89	11.13	22.26	-0.40	2007.2	44.80	1.6	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	444.39	94.33	401.7	60.27	5.09	44.09	0.58	17.94	625.81	0.88	1.9	0.12	0.51	5.08	25.9	15.99	340.51	22	-3.00	3.96	13.21	30.05	9.87	19.75	-0.36	1580.9	39.76	1.4	1.000
4C6	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	375.99	91.57	335.7	65.55	5.09	47.22	0.58	16.44	553.95	0.88	1.9	0.12	0.51	4.74	24.2	13.91	297.00	20	-2.80	3.70	12.33	26.14	8.61	17.23	-0.34	1220.3	34.93	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	367.08	66.29	335.7	65.55	5.09	40.63	0.58	16.24	639.07	0.88	1.9	0.12	0.51	5.51	28.2	16.01	341.91	23	-3.26	4.30	14.33	30.10	9.92	19.83	-0.39	1621.3	40.27	1.7	1.000

Tên cột	Tổ hợp	Kích thước						Nội lực				Cốt thép	Các tham số				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{N_{id}}^2$	$S_{N_{id}}$	$\frac{N_{id}}{N}$	P_s
		Cx cm	Cy cm	a' cm	Cox cm	Coy cm	Lx= Ly m	Nz KN	Mx KNm	N _{dh} KN	M _{dh} KNm	A _{ss} =A _{ssx'} cm ²	e _y cm	ξ_{SR}	x cm	N _{id} KN	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'A's cm ²	S'Rsc cm ²	S'A's KN/cm ²	S'ho KN/cm	S'Rb cm ²	S'b KN/cm	S'a' KN/cm	S'Rsc KN	S'A's KN	S'ho KN	S'Rb KN	S'b KN	S'a' KN	KN ²	KN		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
4C7	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	449.43	70.66	401.6	60.85	5.09	39.30	0.58	18.05	704.69	0.88	1.9	0.12	0.51	5.70	29.1	18.02	383.82	25	-3.37	4.44	14.82	33.88	11.13	22.26	-0.40	2007.0	44.80	1.6	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	444.30	95.04	401.6	60.85	5.09	44.26	0.58	17.94	623.32	0.88	1.9	0.12	0.51	5.06	25.8	15.92	339.15	22	-2.99	3.95	13.15	29.93	9.84	19.67	-0.36	1568.3	39.60	1.4	1.000
4C8	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	375.99	92.37	335.7	66.23	5.09	47.44	0.58	16.44	551.35	0.88	1.9	0.12	0.51	4.72	24.1	13.84	295.61	19	-2.79	3.68	12.27	26.02	8.57	17.15	-0.33	1208.9	34.77	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	367.08	66.92	335.7	66.23	5.09	40.81	0.58	16.24	636.26	0.88	1.9	0.12	0.51	5.49	28.0	15.94	340.41	22	-3.24	4.28	14.27	29.96	9.87	19.74	-0.39	1607.1	40.09	1.7	1.000
4C9	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	467.62	76.14	414.6	64.40	5.09	39.32	0.58	18.46	713.59	0.88	1.9	0.12	0.51	5.69	29.1	18.34	390.01	26	-3.37	4.44	14.81	34.47	11.31	22.62	-0.40	2067.2	45.47	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	460.92	99.88	414.6	64.40	5.09	44.59	0.58	18.31	626.30	0.88	1.9	0.12	0.51	5.02	25.7	16.07	341.87	23	-2.97	3.92	13.06	30.20	9.91	19.83	-0.36	1589.7	39.87	1.4	1.000
4C10	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	394.83	97.86	350	70.60	5.09	47.72	0.58	16.85	556.61	0.88	1.9	0.12	0.51	4.69	24.0	14.04	299.72	20	-2.77	3.66	12.20	26.39	8.69	17.38	-0.33	1236.8	35.17	1.4	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	385.92	71.25	350	70.60	5.09	41.08	0.58	16.66	641.91	0.88	1.9	0.12	0.51	5.45	27.8	16.16	344.96	23	-3.22	4.25	14.17	30.37	10.00	20.01	-0.39	1641.9	40.52	1.7	1.000
4C11	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	467.61	76.14	414.6	64.40	5.09	39.32	0.58	18.46	713.59	0.88	1.9	0.12	0.51	5.69	29.1	18.34	390.01	26	-3.37	4.44	14.81	34.47	11.31	22.62	-0.40	2067.2	45.47	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	460.92	99.88	414.6	64.40	5.09	44.59	0.58	18.31	626.30	0.88	1.9	0.12	0.51	5.02	25.7	16.07	341.87	23	-2.97	3.92	13.06	30.20	9.91	19.83	-0.36	1589.7	39.87	1.4	1.000
4C12	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	394.82	97.86	350	70.60	5.09	47.72	0.58	16.85	556.60	0.88	1.9	0.12	0.51	4.69	24.0	14.04	299.71	20	-2.77	3.66	12.20	26.39	8.69	17.38	-0.33	1236.8	35.17	1.4	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	385.92	71.25	350	70.60	5.09	41.08	0.58	16.66	641.89	0.88	1.9	0.12	0.51	5.45	27.8	16.15	344.94	23	-3.22	4.25	14.17	30.37	10.00	20.01	-0.39	1641.8	40.52	1.7	1.000
4C13	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	449.43	70.66	401.6	60.85	5.09	39.30	0.58	18.05	704.70	0.88	1.9	0.12	0.51	5.70	29.1	18.02	383.82	25	-3.37	4.44	14.82	33.88	11.13	22.26	-0.40	2007.0	44.80	1.6	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	444.30	95.04	401.6	60.85	5.09	44.26	0.58	17.94	623.33	0.88	1.9	0.12	0.51	5.06	25.8	15.92	339.16	22	-2.99	3.95	13.15	29.93	9.84	19.67	-0.36	1568.4	39.60	1.4	1.000
4C14	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	375.98	92.37	335.7	66.24	5.09	47.44	0.58	16.44	551.34	0.88	1.9	0.12	0.51	4.72	24.1	13.84	295.60	19	-2.79	3.68	12.27	26.02	8.57	17.14	-0.33	1208.8	34.77	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	367.08	66.93	335.7	66.24	5.09	40.81	0.58	16.24	636.21	0.88	1.9	0.12	0.51	5.49	28.0	15.94	340.38	22	-3.24	4.28	14.27	29.96	9.87	19.74	-0.39	1606.8	40.09	1.7	1.000
4C15	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	449.49	69.95	401.8	60.27	5.09	39.30	0.58	18.06	704.73	0.88	1.9	0.12	0.51	5.70	29.1	18.02	383.84	25	-3.37	4.44	14.82	33.89	11.13	22.26	-0.40	2007.3	44.80	1.6	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	444.41	94.32	401.8	60.27	5.09	44.08	0.58	17.94	625.84	0.88	1.9	0.12	0.51	5.08	25.9	15.99	340.53	22	-3.00	3.96	13.21	30.05	9.88	19.75	-0.36	1581.1	39.76	1.4	1.000
4C16	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	375.93	91.57	335.6	65.55	5.09	47.23	0.58	16.44	553.86	0.88	1.9	0.12	0.51	4.74	24.2	13.90	296.95	20	-2.80	3.70	12.33	26.14	8.61	17.22	-0.34	1219.9	34.93	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	367.03	66.30	335.6	65.55	5.09	40.64	0.58	16.24	638.93	0.88	1.9	0.12	0.51	5.51	28.2	16.00	341.83	23	-3.26	4.30	14.33	30.09	9.91	19.83	-0.39	1620.6	40.26	1.7	1.000
4C17	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	458.97	70.69	410.4	60.85	5.09	39.31	0.58	18.26	709.36	0.88	1.9	0.12	0.51	5.70	29.1	18.19	387.07	26	-3.37	4.44	14.81	34.19	11.23	22.45	-0.40	2038.4	45.15	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	453.83	95.03	410.4	60.85	5.09	43.80	0.58	18.15	634.26	0.88	1.9	0.12	0.51	5.11	26.1	16.24	345.75	23	-3.02	3.99	13.29	30.53	10.03	20.05	-0.36	1627.6	40.34	1.4	1.000
4C18	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	386.41	92.42	345.3	66.23	5.09	46.79	0.58	16.67	563.85	0.88	1.9	0.12	0.51	4.79	24.5	14.19	303.04	20	-2.83	3.73	12.44	26.68	8.79	17.58	-0.34	1267.0	35.59	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	377.51	66.80	345.3	66.23	5.09	40.27	0.58	16.47	650.42	0.88	1.9	0.12	0.51	5.56	28.4	16.33	348.85	23	-3.29	4.34	14.46	30.71	10.12	20.23	-0.39	1682.9	41.02	1.7	1.000

Tên cột	Tổ hợp	Kích thước						Nội lực				Cốt thép	Các tham số				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{\Delta N_d}^2$	$S_{\Delta N_d}$	$\frac{N_{hd}}{N}$	P_s
		Cx cm	Cy cm	a' cm	Cox cm	Coy cm	Lx= Ly m	Nz KN	Mx KNm	N _{dh} KN	M _{dh} KNm	A _{ss} =A _{ss} ' cm ²	ey cm	ξ_{SR}	x cm	N _{id} KN	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'A's cm ²	S'Rsc cm ²	S'A's KN/cm ²	S'ho KN/cm	S'Rb cm ²	S'b KN/cm	S'a' KN/cm	S'Rsc KN	S'A's KN	S'ho KN	S'Rb KN	S'b KN	S'a' KN	KN ²	KN		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
4C19	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	265.46	37.22	241	32.13	5.09	39.03	0.58	14.00	606.90	0.88	1.9	0.12	0.51	5.74	29.3	14.83	315.68	21	-3.39	4.47	14.92	27.89	9.15	18.31	-0.41	1439.5	37.94	2.3	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	263.48	61.13	241	32.13	5.09	45.77	0.58	13.96	516.64	0.88	1.9	0.12	0.51	4.89	25.0	12.62	268.56	18	-2.89	3.82	12.72	23.73	7.79	15.58	-0.35	1042.9	32.29	2.0	1.000
4C20	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	225.40	53.00	199.8	32.87	5.09	46.00	0.58	13.12	494.53	0.88	1.9	0.12	0.51	4.87	24.9	11.98	253.77	17	-2.88	3.80	12.66	22.51	7.36	14.72	-0.35	952.4	30.86	2.2	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	216.50	39.97	199.8	32.87	5.09	40.80	0.58	12.93	552.32	0.88	1.9	0.12	0.51	5.49	28.0	13.35	282.50	19	-3.24	4.28	14.27	25.09	8.19	16.39	-0.39	1187.4	34.46	2.6	1.000
4C21	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	75.64	7.59	60.42	2.55	5.09	18.69	0.58	6.83	294.97	0.88	0.8	0.12	0.51	4.36	22.3	18.74	125.30	8	-7.08	3.40	11.33	14.24	3.63	7.27	-0.85	409.4	20.23	3.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	75.64	7.59	60.42	2.55	5.09	18.69	0.58	6.83	294.97	0.88	0.8	0.12	0.51	4.36	22.3	18.74	125.30	8	-7.08	3.40	11.33	14.24	3.63	7.27	-0.85	409.4	20.23	3.9	1.000
4C22	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	130.06	9.16	108.6	3.90	5.09	19.20	0.58	7.66	303.43	0.88	0.8	0.12	0.51	4.24	21.7	19.63	133.20	9	-6.89	3.31	11.03	14.92	3.86	7.73	-0.83	430.3	20.74	2.3	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	130.06	9.16	108.6	3.90	5.09	19.20	0.58	7.66	303.43	0.88	0.8	0.12	0.51	4.24	21.7	19.63	133.20	9	-6.89	3.31	11.03	14.92	3.86	7.73	-0.83	430.3	20.74	2.3	1.000
4C23	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	122.78	9.26	101.8	3.98	5.09	19.12	0.58	7.55	302.52	0.88	0.8	0.12	0.51	4.26	21.8	19.52	132.27	9	-6.92	3.32	11.07	14.83	3.84	7.67	-0.83	427.9	20.69	2.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	122.78	9.26	101.8	3.98	5.09	19.12	0.58	7.55	302.52	0.88	0.8	0.12	0.51	4.26	21.8	19.52	132.27	9	-6.92	3.32	11.07	14.83	3.84	7.67	-0.83	427.9	20.69	2.5	1.000
4C24	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	122.97	9.27	102.1	3.99	5.09	19.12	0.58	7.55	302.54	0.88	0.8	0.12	0.51	4.26	21.8	19.52	132.29	9	-6.92	3.32	11.07	14.84	3.84	7.67	-0.83	428.0	20.69	2.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	122.97	9.27	102.1	3.99	5.09	19.12	0.58	7.55	302.54	0.88	0.8	0.12	0.51	4.26	21.8	19.52	132.29	9	-6.92	3.32	11.07	14.84	3.84	7.67	-0.83	428.0	20.69	2.5	1.000
4C25	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	124.10	9.43	102.6	4.07	5.09	19.13	0.58	7.57	302.70	0.88	0.8	0.12	0.51	4.26	21.7	19.54	132.45	9	-6.92	3.32	11.07	14.85	3.84	7.68	-0.83	428.4	20.70	2.4	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	124.10	9.43	102.6	4.07	5.09	19.13	0.58	7.57	302.70	0.88	0.8	0.12	0.51	4.26	21.7	19.54	132.45	9	-6.92	3.32	11.07	14.85	3.84	7.68	-0.83	428.4	20.70	2.4	1.000
4C26	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	124.11	9.43	102.6	4.07	5.09	19.13	0.58	7.57	302.70	0.88	0.8	0.12	0.51	4.26	21.7	19.54	132.45	9	-6.92	3.32	11.07	14.85	3.84	7.68	-0.83	428.4	20.70	2.4	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	124.10	9.43	102.6	4.07	5.09	19.13	0.58	7.57	302.70	0.88	0.8	0.12	0.51	4.26	21.7	19.54	132.45	9	-6.92	3.32	11.07	14.85	3.84	7.68	-0.83	428.4	20.70	2.4	1.000
4C27	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	122.98	9.27	102.1	3.99	5.09	19.12	0.58	7.55	302.54	0.88	0.8	0.12	0.51	4.26	21.8	19.52	132.29	9	-6.92	3.32	11.07	14.84	3.84	7.67	-0.83	428.0	20.69	2.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	122.98	9.27	102.1	3.99	5.09	19.12	0.58	7.55	302.54	0.88	0.8	0.12	0.51	4.26	21.8	19.52	132.29	9	-6.92	3.32	11.07	14.84	3.84	7.67	-0.83	428.0	20.69	2.5	1.000
4C28	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	122.81	9.26	101.9	3.98	5.09	19.12	0.58	7.55	302.52	0.88	0.8	0.12	0.51	4.26	21.8	19.52	132.27	9	-6.92	3.32	11.07	14.83	3.84	7.67	-0.83	427.9	20.69	2.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	122.81	9.26	101.9	3.98	5.09	19.12	0.58	7.55	302.52	0.88	0.8	0.12	0.51	4.26	21.8	19.52	132.27	9	-6.92	3.32	11.07	14.83	3.84	7.67	-0.83	427.9	20.69	2.5	1.000
4C29	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	130.09	9.16	108.6	3.90	5.09	19.20	0.58	7.66	303.43	0.88	0.8	0.12	0.51	4.24	21.7	19.63	133.20	9	-6.89	3.31	11.03	14.92	3.86	7.73	-0.83	430.4	20.74	2.3	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	130.09	9.16	108.6	3.90	5.09	19.20	0.58	7.66	303.43	0.88	0.8	0.12	0.51	4.24	21.7	19.63	133.20	9	-6.89	3.31	11.03	14.92	3.86	7.73	-0.83	430.4	20.74	2.3	1.000
4C30	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	75.67	7.59	60.46	2.55	5.09	18.68	0.58	6.83	295.05	0.88	0.8	0.12	0.51	4.36	22.3	18.74	125.33	8	-7.08	3.40	11.33	14.24	3.63	7.27	-0.85	409.7	20.24	3.9	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	75.67	7.59	60.46	2.55	5.09	18.68	0.58	6.83	295.05	0.88	0.8	0.12	0.51	4.36	22.3	18.74	125.33	8	-7.08	3.40	11.33	14.24	3.63	7.27	-0.85	409.7	20.24	3.9	1.000

Tên cột	Tổ hợp	Kích thước						Nội lực				Cốt thép	Các tham số				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{\Delta N_d}^2$	$S_{\Delta N_d}$	$\frac{N_d}{N}$	P_s
		Cx cm	Cy cm	a' cm	Cox cm	Coy cm	Lx= Ly m	Nz KN	Mx KNm	N _{dh} KN	M _{dh} KNm	A _{ss} =A _{ss} ' cm ²	e _y cm	ξ_{SR}	x cm	N _{id} KN	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'A's cm ²	S'Rsc cm ²	S'A's KN/cm ²	S'ho KN/cm	S'Rb cm ²	S'b KN/cm	S'a' KN/cm	S'Rsc KN	S'A's KN	S'ho KN	S'Rb KN	S'b KN	S'a' KN	KN ²	KN		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
IC1	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	148.63	56.24	140.1	45.40	4.02	60.53	0.58	10.37	304.45	0.88	1.9	0.12	0.40	2.92	18.9	7.19	157.55	10	-1.73	2.28	7.60	13.52	4.57	9.14	-0.21	350.1	18.71	2.0	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	148.63	56.24	140.1	45.40	4.02	60.53	0.58	10.37	304.45	0.88	1.9	0.12	0.40	2.92	18.9	7.19	157.55	10	-1.73	2.28	7.60	13.52	4.57	9.14	-0.21	350.1	18.71	2.0	1.000
IC2	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	122.93	50.94	114.1	42.90	4.02	64.08	0.58	9.76	276.50	0.88	1.9	0.12	0.40	2.76	17.9	6.49	141.18	9	-1.63	2.15	7.18	12.20	4.09	8.19	-0.20	289.0	17.00	2.2	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	114.03	56.48	114.1	42.90	4.02	72.30	0.58	9.55	241.60	0.88	1.9	0.12	0.40	2.45	15.8	5.66	122.74	8	-1.45	1.91	6.36	10.64	3.56	7.12	-0.17	220.8	14.86	2.1	1.000
IC3	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	224.31	89.37	213.2	74.75	4.02	62.97	0.58	12.14	324.84	0.88	1.9	0.12	0.40	2.81	18.2	7.81	173.64	11	-1.66	2.19	7.31	14.69	5.04	10.07	-0.20	400.7	20.02	1.4	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	224.31	89.37	213.2	74.75	4.02	62.97	0.58	12.14	324.84	0.88	1.9	0.12	0.40	2.81	18.2	7.81	173.64	11	-1.66	2.19	7.31	14.69	5.04	10.07	-0.20	400.7	20.02	1.4	1.000
IC4	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	193.26	89.87	180.8	77.04	4.02	69.70	0.58	11.41	281.73	0.88	1.9	0.12	0.40	2.54	16.4	6.72	148.78	10	-1.50	1.98	6.60	12.64	4.31	8.63	-0.18	300.4	17.33	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	184.36	80.92	180.8	77.04	4.02	66.96	0.58	11.21	289.72	0.88	1.9	0.12	0.40	2.64	17.1	6.90	152.42	10	-1.56	2.06	6.87	12.97	4.42	8.84	-0.19	317.5	17.82	1.6	1.000
IC5	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	219.65	89.21	208.1	74.62	4.02	63.75	0.58	12.03	318.94	0.88	1.9	0.12	0.40	2.78	17.9	7.66	170.20	11	-1.64	2.16	7.22	14.40	4.94	9.87	-0.20	386.1	19.65	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	219.65	89.21	208.1	74.62	4.02	63.75	0.58	12.03	318.94	0.88	1.9	0.12	0.40	2.78	17.9	7.66	170.20	11	-1.64	2.16	7.22	14.40	4.94	9.87	-0.20	386.1	19.65	1.5	1.000
IC6	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	187.15	89.66	174.7	76.87	4.02	71.11	0.58	11.27	273.83	0.88	1.9	0.12	0.40	2.49	16.1	6.53	144.24	10	-1.47	1.94	6.47	12.27	4.18	8.37	-0.18	283.7	16.84	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	178.25	81.25	174.7	76.87	4.02	68.67	0.58	11.06	280.10	0.88	1.9	0.12	0.40	2.58	16.7	6.66	146.97	10	-1.52	2.01	6.70	12.52	4.26	8.52	-0.18	296.6	17.22	1.6	1.000
IC7	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	219.22	89.57	207.8	74.88	4.02	64.00	0.58	12.02	317.52	0.88	1.9	0.12	0.40	2.76	17.9	7.63	169.41	11	-1.63	2.16	7.19	14.34	4.91	9.83	-0.20	382.6	19.56	1.4	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	219.22	89.57	207.8	74.88	4.02	64.00	0.58	12.02	317.52	0.88	1.9	0.12	0.40	2.76	17.9	7.63	169.41	11	-1.63	2.16	7.19	14.34	4.91	9.83	-0.20	382.6	19.56	1.4	1.000
IC8	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	187.41	90.01	174.9	77.14	4.02	71.23	0.58	11.28	273.46	0.88	1.9	0.12	0.40	2.48	16.1	6.52	144.06	9	-1.47	1.94	6.46	12.25	4.18	8.36	-0.18	282.9	16.82	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	178.51	80.89	174.9	77.14	4.02	68.39	0.58	11.07	281.36	0.88	1.9	0.12	0.40	2.59	16.7	6.69	147.65	10	-1.53	2.02	6.73	12.58	4.28	8.56	-0.18	299.3	17.30	1.6	1.000
IC9	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	216.62	93.38	206	77.58	4.02	66.32	0.58	11.96	305.38	0.88	1.9	0.12	0.40	2.67	17.2	7.33	162.77	11	-1.58	2.08	6.94	13.78	4.72	9.44	-0.19	353.8	18.81	1.4	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	216.62	93.38	206	77.58	4.02	66.32	0.58	11.96	305.38	0.88	1.9	0.12	0.40	2.67	17.2	7.33	162.77	11	-1.58	2.08	6.94	13.78	4.72	9.44	-0.19	353.8	18.81	1.4	1.000
IC10	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	186.36	94.05	174.1	80.13	4.02	73.76	0.58	11.25	263.73	0.88	1.9	0.12	0.40	2.40	15.5	6.28	138.87	9	-1.42	1.87	6.24	11.81	4.03	8.05	-0.17	263.1	16.22	1.4	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	177.45	80.91	174.1	80.13	4.02	68.67	0.58	11.04	279.77	0.88	1.9	0.12	0.40	2.58	16.7	6.65	146.74	10	-1.52	2.01	6.70	12.51	4.26	8.51	-0.18	295.9	17.20	1.6	1.000
IC11	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	216.62	93.39	206	77.59	4.02	66.33	0.58	11.96	305.35	0.88	1.9	0.12	0.40	2.67	17.2	7.33	162.76	11	-1.58	2.08	6.94	13.78	4.72	9.44	-0.19	353.7	18.81	1.4	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	216.62	93.39	206	77.59	4.02	66.33	0.58	11.96	305.35	0.88	1.9	0.12	0.40	2.67	17.2	7.33	162.76	11	-1.58	2.08	6.94	13.78	4.72	9.44	-0.19	353.7	18.81	1.4	1.000
IC12	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	186.35	94.04	174.1	80.11	4.02	73.75	0.58	11.25	263.74	0.88	1.9	0.12	0.40	2.40	15.5	6.28	138.87	9	-1.42	1.87	6.24	11.82	4.03	8.05	-0.17	263.1	16.22	1.4	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	177.45	80.90	174.1	80.11	4.02	68.67	0.58	11.04	279.78	0.88	1.9	0.12	0.40	2.58	16.7	6.65	146.75	10	-1.52	2.01	6.70	12.51	4.26	8.51	-0.18	295.9	17.20	1.6	1.000

Tên cột	Tổ hợp	Kích thước						Nội lực				Cốt thép	Các tham số				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{\Delta N_d}^2$	$S_{\Delta M_d}$	$\frac{N_{hd}}{N}$	P_s
		Cx cm	Cy cm	a' cm	Cox cm	Coy cm	Lx= Ly m	Nz KN	Mx KNm	N _{dh} KN	M _{dh} KNm	A _{ss} =A _{ss} ' cm ²	e _y cm	ξ_{SR}	x cm	N _{id} KN	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'A's cm ²	S'Rsc cm ²	S'A's KN/cm ²	S'ho KN/cm	S'Rb cm ²	S'b KN/cm	S'a' KN/cm	S'Rsc KN	S'A's KN	S'ho KN	S'Rb KN	S'b KN	S'a' KN	KN ²	KN		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
IC13	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	219.23	89.61	207.8	74.92	4.02	64.02	0.58	12.02	317.44	0.88	1.9	0.12	0.40	2.76	17.9	7.62	169.37	11	-1.63	2.16	7.19	14.33	4.91	9.82	-0.20	382.4	19.56	1.4	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	219.23	89.61	207.8	74.92	4.02	64.02	0.58	12.02	317.44	0.88	1.9	0.12	0.40	2.76	17.9	7.62	169.37	11	-1.63	2.16	7.19	14.33	4.91	9.82	-0.20	382.4	19.56	1.4	1.000
IC14	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	187.42	89.97	174.9	77.11	4.02	71.21	0.58	11.28	273.54	0.88	1.9	0.12	0.40	2.48	16.1	6.52	144.10	9	-1.47	1.94	6.46	12.26	4.18	8.36	-0.18	283.1	16.82	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	178.51	80.87	174.9	77.11	4.02	68.37	0.58	11.07	281.41	0.88	1.9	0.12	0.40	2.59	16.7	6.69	147.67	10	-1.53	2.02	6.73	12.58	4.28	8.57	-0.18	299.4	17.30	1.6	1.000
IC15	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	219.68	89.28	208.2	74.69	4.02	63.78	0.58	12.04	318.83	0.88	1.9	0.12	0.40	2.77	17.9	7.66	170.14	11	-1.64	2.16	7.21	14.40	4.93	9.87	-0.20	385.8	19.64	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	219.68	89.28	208.2	74.69	4.02	63.78	0.58	12.04	318.83	0.88	1.9	0.12	0.40	2.77	17.9	7.66	170.14	11	-1.64	2.16	7.21	14.40	4.93	9.87	-0.20	385.8	19.64	1.5	1.000
IC16	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	187.09	89.61	174.6	76.83	4.02	71.10	0.58	11.27	273.87	0.88	1.9	0.12	0.40	2.49	16.1	6.53	144.25	10	-1.47	1.94	6.47	12.27	4.18	8.37	-0.18	283.7	16.84	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	178.19	81.23	174.6	76.83	4.02	68.67	0.58	11.06	280.07	0.88	1.9	0.12	0.40	2.58	16.7	6.66	146.95	10	-1.52	2.01	6.70	12.52	4.26	8.52	-0.18	296.6	17.22	1.6	1.000
IC17	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	224.20	89.42	213.1	74.80	4.02	63.02	0.58	12.14	324.57	0.88	1.9	0.12	0.40	2.81	18.2	7.81	173.49	11	-1.66	2.19	7.30	14.67	5.03	10.06	-0.20	400.0	20.00	1.4	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	224.20	89.42	213.1	74.80	4.02	63.02	0.58	12.14	324.57	0.88	1.9	0.12	0.40	2.81	18.2	7.81	173.49	11	-1.66	2.19	7.30	14.67	5.03	10.06	-0.20	400.0	20.00	1.4	1.000
IC18	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	193.35	89.86	180.9	77.03	4.02	69.67	0.58	11.42	281.89	0.88	1.9	0.12	0.40	2.54	16.4	6.73	148.87	10	-1.50	1.98	6.60	12.65	4.32	8.63	-0.18	300.8	17.34	1.5	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	184.45	81.03	180.9	77.03	4.02	67.00	0.58	11.21	289.57	0.88	1.9	0.12	0.40	2.64	17.1	6.90	152.35	10	-1.56	2.06	6.87	12.97	4.42	8.84	-0.19	317.1	17.81	1.6	1.000
IC19	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	148.62	56.30	140.1	45.47	4.02	60.58	0.58	10.37	304.22	0.88	1.9	0.12	0.40	2.92	18.9	7.18	157.43	10	-1.73	2.28	7.59	13.51	4.57	9.13	-0.21	349.6	18.70	2.0	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	148.62	56.30	140.1	45.47	4.02	60.58	0.58	10.37	304.22	0.88	1.9	0.12	0.40	2.92	18.9	7.18	157.43	10	-1.73	2.28	7.59	13.51	4.57	9.13	-0.21	349.6	18.70	2.0	1.000
IC20	Pmax+Mt.ur	22	50	3	19	47	3.6	122.95	50.99	114.1	42.94	4.02	64.11	0.58	9.76	276.36	0.88	1.9	0.12	0.40	2.76	17.8	6.49	141.11	9	-1.63	2.15	7.18	12.20	4.09	8.18	-0.20	288.7	16.99	2.2	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	50	3	19	47	3.6	114.05	56.78	114.1	42.94	4.02	72.56	0.58	9.55	240.75	0.88	1.9	0.12	0.40	2.44	15.8	5.64	122.31	8	-1.44	1.90	6.34	10.61	3.55	7.09	-0.17	219.2	14.81	2.1	1.000
IC21	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	39.97	4.79	36.37	3.00	4.02	20.48	0.58	5.71	225.17	0.88	0.8	0.12	0.40	3.14	20.3	13.99	98.96	7	-5.10	2.45	8.17	10.63	2.87	5.74	-0.61	227.3	15.08	5.6	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	39.97	4.79	36.37	3.00	4.02	20.48	0.58	5.71	225.17	0.88	0.8	0.12	0.40	3.14	20.3	13.99	98.96	7	-5.10	2.45	8.17	10.63	2.87	5.74	-0.61	227.3	15.08	5.6	1.000
IC22	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	72.74	6.54	67.32	4.54	4.02	18.75	0.58	6.27	258.45	0.88	0.8	0.12	0.40	3.43	22.2	16.24	116.70	8	-5.58	2.68	8.92	12.34	3.38	6.77	-0.67	296.9	17.23	3.6	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	72.74	6.54	67.32	4.54	4.02	18.75	0.58	6.27	258.45	0.88	0.8	0.12	0.40	3.43	22.2	16.24	116.70	8	-5.58	2.68	8.92	12.34	3.38	6.77	-0.67	296.9	17.23	3.6	1.000
IC23	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	67.12	6.68	61.71	4.66	4.02	18.68	0.58	6.17	257.21	0.88	0.8	0.12	0.40	3.44	22.3	16.13	115.64	8	-5.60	2.69	8.95	12.26	3.35	6.71	-0.67	294.4	17.16	3.8	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	67.12	6.68	61.71	4.66	4.02	18.68	0.58	6.17	257.21	0.88	0.8	0.12	0.40	3.44	22.3	16.13	115.64	8	-5.60	2.69	8.95	12.26	3.35	6.71	-0.67	294.4	17.16	3.8	1.000
IC24	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	67.97	6.71	62.61	4.68	4.02	18.69	0.58	6.19	257.40	0.88	0.8	0.12	0.40	3.44	22.3	16.15	115.80	8	-5.59	2.68	8.95	12.27	3.36	6.72	-0.67	294.7	17.17	3.8	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	67.97	6.71	62.61	4.68	4.02	18.69	0.58	6.19	257.40	0.88	0.8	0.12	0.40	3.44	22.3	16.15	115.80	8	-5.59	2.68	8.95	12.27	3.36	6.72	-0.67	294.7	17.17	3.8	1.000

Tên cột	Tổ hợp	Kích thước						Nội lực				Cốt thép	Các tham số				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{\Delta N_d}^2$	S_{N_d}	$\frac{N_d}{N}$	P_s
		Cx	Cy	a'	Cox	Coy	$L_x \approx L_y$	Nz	Mx	N _{đh}	M _{đh}	$A_{sx} \approx A_{sx}'$	ey	ξ_R	x	N _{đl}	S'b	S'ho	S'a'	S'A's	S'Rsc	S'A's	S'ho	S'Rb	S'b	S'a'	S'Rsc	S'A's	S'ho	S'Rb	S'b	S'a'	$S_{\Delta N_d}^2$	S_{N_d}	$\frac{N_d}{N}$	
		cm	cm	cm	cm	cm	m	KN	KNm	KN	KNm	cm ²	cm		cm	KN	cm	cm	cm	cm ²	cm ²	KN/cm ²	KN/cm	cm ²	KN/cm	KN/cm	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN ²	KN		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)
IC25	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	68.86	6.92	63.06	4.80	4.02	18.75	0.58	6.20	256.93	0.88	0.8	0.12	0.40	3.43	22.2	16.12	115.67	8	-5.58	2.68	8.92	12.25	3.35	6.71	-0.67	293.6	17.14	3.7	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	68.86	6.92	63.06	4.80	4.02	18.75	0.58	6.20	256.93	0.88	0.8	0.12	0.40	3.43	22.2	16.12	115.67	8	-5.58	2.68	8.92	12.25	3.35	6.71	-0.67	293.6	17.14	3.7	1.000
IC26	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	68.86	6.92	63.06	4.80	4.02	18.75	0.58	6.20	256.91	0.88	0.8	0.12	0.40	3.43	22.2	16.12	115.66	8	-5.57	2.68	8.92	12.25	3.35	6.71	-0.67	293.6	17.13	3.7	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	68.86	6.92	63.06	4.80	4.02	18.75	0.58	6.20	256.91	0.88	0.8	0.12	0.40	3.43	22.2	16.12	115.66	8	-5.57	2.68	8.92	12.25	3.35	6.71	-0.67	293.6	17.13	3.7	1.000
IC27	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	67.97	6.71	62.62	4.68	4.02	18.69	0.58	6.19	257.40	0.88	0.8	0.12	0.40	3.44	22.3	16.15	115.80	8	-5.59	2.68	8.95	12.27	3.36	6.72	-0.67	294.8	17.17	3.8	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	67.97	6.71	62.62	4.68	4.02	18.69	0.58	6.19	257.40	0.88	0.8	0.12	0.40	3.44	22.3	16.15	115.80	8	-5.59	2.68	8.95	12.27	3.36	6.72	-0.67	294.8	17.17	3.8	1.000
IC28	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	67.13	6.69	61.73	4.67	4.02	18.68	0.58	6.17	257.21	0.88	0.8	0.12	0.40	3.44	22.3	16.13	115.64	8	-5.60	2.69	8.95	12.26	3.35	6.71	-0.67	294.4	17.16	3.8	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	67.13	6.69	61.73	4.67	4.02	18.68	0.58	6.17	257.21	0.88	0.8	0.12	0.40	3.44	22.3	16.13	115.64	8	-5.60	2.69	8.95	12.26	3.35	6.71	-0.67	294.4	17.16	3.8	1.000
IC29	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	72.76	6.55	67.34	4.55	4.02	18.75	0.58	6.27	258.45	0.88	0.8	0.12	0.40	3.43	22.2	16.24	116.70	8	-5.58	2.68	8.92	12.34	3.38	6.77	-0.67	296.9	17.23	3.6	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	72.76	6.55	67.34	4.55	4.02	18.75	0.58	6.27	258.45	0.88	0.8	0.12	0.40	3.43	22.2	16.24	116.70	8	-5.58	2.68	8.92	12.34	3.38	6.77	-0.67	296.9	17.23	3.6	1.000
IC30	Pmax+Mt.ur	22	22	3	19	19	3.6	39.98	4.81	36.38	3.03	4.02	20.54	0.58	5.71	224.49	0.88	0.8	0.12	0.40	3.13	20.2	13.95	98.66	7	-5.09	2.44	8.14	10.60	2.86	5.72	-0.61	226.0	15.03	5.6	1.000
	Pt.ur+Mmax	22	22	3	19	19	3.6	39.98	4.81	36.38	3.03	4.02	20.54	0.58	5.71	224.49	0.88	0.8	0.12	0.40	3.13	20.2	13.95	98.66	7	-5.09	2.44	8.14	10.60	2.86	5.72	-0.61	226.0	15.03	5.6	1.000

TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY CỦA CẦU KIẾN DÀM CHỊU UỐN

Vật liệu sử dụng:

Bê tông: B22.5

$R_b = 1.3 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta R_b = 2\% \quad S'_{Rb} = 0.03 \text{ KN/cm}^2$

Cốt thép: AII

$R_s = 26 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta R_s = 3\% \quad S'_{Rs} = 0.78 \text{ KN/cm}^2$

$R_{sc} = 26 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta R_{sc} = 3\% \quad S'_{Rs} = 0.78 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta A_s = 10\%$

$\Delta h = 4\%$

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn								$S_{\Delta M_d}^2$	$S_{\Delta M_d}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m					T.m	A _s cm ²	A _s ' cm ²	KN.cm	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'As cm ²	S'A's cm ²	S'Rs cm ³	S'As KN/cm	S'ho KN	S'Rsc cm ³	S'Rb cm ³	S'b KN	S'A's KN/cm	S'a' KN	S'Rs KN.cm	S'As KN.cm	S'ho KN.cm	S'Rsc KN.cm	S'Rb KN.cm	S'b KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)		
2b1	max	22	40	4	36	4.2	2.06	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.0	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.89	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.8	1.000		
2b2	max	22	40	4	36	4.2	1.16	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.57	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000		
2b3	max	22	40	4	36	4.2	1.17	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.47	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.2	1.000		
2b4	max	22	40	4	36	4.2	1.11	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.7	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.79	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000		
2b5	max	22	40	4	36	4.2	1.91	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.1	1.000		
	min	22	40	4	36		-3.32	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.6	0.999		
2b6	max	22	40	4	36	4.2	1.11	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.7	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.79	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	9.000		
2b7	max	22	40	4	36	4.2	1.17	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.47	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.2	1.000		
2b8	max	22	40	4	36	4.2	1.16	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.57	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000		
2b9	max	22	40	4	36	4.2	2.06	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.0	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.89	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.8	1.000		

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{td}}^2$	$S_{\Delta M_{td}}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _{s'}																														
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m		T.m	cm ²		cm ²	KN.cm	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'As cm ²	S'A's cm ²	S'Rs cm ³	S'As KN/cm	S'ho KN	S'Rsc cm ³	S'Rb cm ³	S'b KN	S'A's KN/cm	S'a' KN	S'Rs KN.cm	S'As KN.cm	S'ho KN.cm	S'Rsc KN.cm	S'Rb KN.cm	S'b KN.cm	S'A's KN.cm	S'a' KN.cm	(KN.cm) ²	KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
2b10	max	22	40	4	36	4.2	2.68	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.5	0.994				
	min	22	40	4	36		-3.84	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.4	0.990				
2b11	max	22	40	4	36	4.2	1.69	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.55	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.5	0.997				
2b12	max	22	40	4	36	4.2	1.72	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.44	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.6	0.998				
2b13	max	22	40	4	36	4.2	1.65	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.65	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.5	0.995				
2b14	max	22	40	4	36	4.2	2.33	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.8	0.999				
	min	22	40	4	36		-4.03	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.3	0.978				
2b15	max	22	40	4	36	4.2	1.65	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.65	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.5	0.995				
2b16	max	22	40	4	36	4.2	1.72	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.44	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.6	0.998				
2b17	max	22	40	4	36	4.2	1.69	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.55	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.5	0.997				
2b18	max	22	40	4	36	4.2	2.68	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.5	0.994				
	min	22	40	4	36		-3.84	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.4	0.990				
2b19	max	22	40	4	36	4.2	1.32	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.1	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.60	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.3	1.000				
2b20	max	22	40	4	36	4.2	0.59	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.9	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.42	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.7	1.000				
2b21	max	22	40	4	36	4.2	0.68	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.1	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.36	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.9	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{td}}^2$	$S_{\Delta M_{td}}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _{s'}																														
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m		T.m	cm ²		cm ²	KN.cm	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'As cm ²	S'A's cm ²	S'Rs cm ³	S'As KN/cm	S'ho KN	S'Rsc cm ³	S'Rb cm ³	S'b KN	S'A's KN/cm	S'a' KN	S'Rs KN.cm	S'As KN.cm	S'ho KN.cm	S'Rsc KN.cm	S'Rb KN.cm	S'b KN.cm	S'A's KN.cm	S'a' KN.cm	(KN.cm) ²	KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
2b22	max	22	40	4	36	4.2	0.49	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	8.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.99	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.7	1.000				
2b23	max	22	40	4	36	4.2	1.60	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.88	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.8	1.000				
2b24	max	22	40	4	36	4.2	0.49	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	8.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.99	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.7	1.000				
2b25	max	22	40	4	36	4.2	0.68	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.1	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.36	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.9	1.000				
2b26	max	22	40	4	36	4.2	0.59	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.9	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.42	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.7	1.000				
2b27	max	22	40	4	36	4.2	1.32	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.1	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.60	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.3	1.000				
2b28	max	22	40	4	36	2.4	0.76	4.02	4.02	3345.67	0.88	1.4	0.16	0.40	0.40	144.8	936.0	104.55	-16.08	147	0.00	86.09	-104.6	112.9	376.4	150.56	-12.55	4	0.00	34.62	-16.73	178735.30	422.77	4.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-0.73	4.02	4.02	3345.67	0.88	1.4	0.16	0.40	0.40	144.8	936.0	104.55	-16.08	147	0.00	86.09	-104.6	112.9	376.4	150.56	-12.55	4	0.00	34.62	-16.73	178735.30	422.77	4.6	1.000				
2b30	max	22	40	4	36	2.1	2.00	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.30	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.6	0.999				
2b31	max	22	40	4	36	2.1	1.16	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-4.29	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.2	0.948				
2b32	max	22	40	4	36	2.1	1.15	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-4.20	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.3	0.961				
2b33	max	22	40	4	36	2.1	1.15	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-4.22	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.3	0.958				
2b34	max	22	40	4	36	2.1	0.94	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	5.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-4.46	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.2	0.913				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{td}}$	$S_{\Delta M_{td}}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m					T.m	A _s cm ²	A _s ' cm ²	KN.cm	S' _b cm	S' _{ho} cm	S' _a ' cm	S' _{As} cm ²	S' _{A's} cm ²	S' _{Rs} cm ³	S' _{As} KN/cm	S' _{ho} KN	S' _{Rsc} cm ³	S' _{Rb} cm ³	S' _b KN	S' _{A's} KN/cm	S' _a ' KN	S' _{Rs} KN.cm	S' _{As} KN.cm	S' _{ho} KN.cm	S' _{Rsc} KN.cm	S' _{Rb} KN.cm	S' _b KN.cm	S' _{A's} KN.cm	S' _a ' KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
2b35	max	22	40	4	36	2.4	0.76	4.02	4.02	3345.67	0.88	1.4	0.16	0.40	0.40	144.8	936.0	104.55	-16.08	147	0.00	86.09	-104.6	112.9	376.4	150.56	-12.55	4	0.00	34.62	-16.73	178735.30	422.77	4.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-0.73	4.02	4.02	3345.67	0.88	1.4	0.16	0.40	0.40	144.8	936.0	104.55	-16.08	147	0.00	86.09	-104.6	112.9	376.4	150.56	-12.55	4	0.00	34.62	-16.73	178735.30	422.77	4.6	1.000				
2b36	max	22	40	4	36	2.1	0.94	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	5.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-4.46	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.2	0.913				
2b37	max	22	40	4	36	4.2	1.67	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-0.65	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	8.2	1.000				
2b38	max	22	40	4	36	2.1	1.15	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-4.22	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.3	0.958				
2b39	max	22	40	4	36	2.1	1.15	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-4.20	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.3	0.961				
2b40	max	22	40	4	36	2.1	1.16	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-4.29	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.2	0.948				
2b42	max	22	40	4	36	2.1	2.00	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.30	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.6	0.999				
2b43	max	22	60	4	56	7	7.11	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	2.2	1.000				
	min	22	60	4	56		-11.78	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.9	1.000				
2b44	max	22	60	4	56	7	13.53	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.1	0.862				
	min	22	60	4	56		-17.38	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.3	0.971				
2b45	max	22	60	4	56	7	13.15	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.902				
	min	22	60	4	56		-17.07	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.3	0.978				
2b46	max	22	60	4	56	7	13.34	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.883				
	min	22	60	4	56		-17.20	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.3	0.975				
2b47	max	22	60	4	56	7	13.75	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.1	0.834				
	min	22	60	4	56		-18.63	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.2	0.912				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_d}^2$	$S_{\Delta M_d}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _{s'}																														
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m		T.m	A _s cm ²		A _{s'} cm ²	KN.cm	S' _b cm	S' _{ho} cm	S' _{a'} cm	S' _{As} cm ²	S' _{A's} cm ²	S' _{Rs} cm ³	S' _{As} KN/cm	S' _{ho} KN	S' _{Rsc} cm ³	S' _{Rb} cm ³	S' _b KN	S' _{A's} KN/cm	S' _{a'} KN	S' _{Rs} KN.cm	S' _{As} KN.cm	S' _{ho} KN.cm	S' _{Rsc} KN.cm	S' _{Rb} KN.cm	S' _b KN.cm	S' _{A's} KN.cm	S' _{a'} KN.cm	(KN.cm) ²	KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
2b48	max	22	60	4	56	7	13.75	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.1	0.834				
	min	22	60	4	56		-18.63	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.2	0.912				
2b49	max	22	60	4	56	7	13.34	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.883				
	min	22	60	4	56		-17.20	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.3	0.975				
2b50	max	22	60	4	56	7	13.15	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.902				
	min	22	60	4	56		-17.07	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.3	0.978				
2b51	max	22	60	4	56	7	13.53	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.1	0.862				
	min	22	60	4	56		-17.38	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.3	0.971				
2b52	max	22	60	4	56	7	7.11	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	2.2	1.000				
	min	22	60	4	56		-11.78	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.9	1.000				
2b67	max	22	40	4	36	4.2	3.01	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.4	0.975				
	min	22	40	4	36		-2.30	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.3	1.000				
2b68	max	22	40	4	36	4.2	1.45	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.8	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.59	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
2b69	max	22	40	4	36	4.2	1.36	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.69	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.0	1.000				
2b70	max	22	40	4	36	4.2	1.51	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.75	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000				
2b71	max	22	40	4	36	4.2	1.51	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.75	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000				
2b72	max	22	40	4	36	4.2	1.36	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.69	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.0	1.000				
2b73	max	22	40	4	36	4.2	1.45	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.8	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.59	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{td}}^2$	$S_{\Delta M_{td}}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _{s'}																														
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m		T.m	cm ²		cm ²	KN.cm	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'As cm ²	S'A's cm ²	S'Rs cm ³	S'As KN/cm	S'ho KN	S'Rsc cm ³	S'Rb cm ³	S'b KN	S'A's KN/cm	S'a' KN	S'Rs KN.cm	S'As KN.cm	S'ho KN.cm	S'Rsc KN.cm	S'Rb KN.cm	S'b KN.cm	S'A's KN.cm	S'a' KN.cm	(KN.cm) ²	KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
2b74	max	22	40	4	36	4.2	3.01	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.4	0.975				
	min	22	40	4	36		-2.30	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.3	1.000				
3b1	max	22	40	4	36	4.2	1.87	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.41	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.2	1.000				
3b2	max	22	40	4	36	4.2	1.13	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.25	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
3b3	max	22	40	4	36	4.2	1.11	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.25	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
3b4	max	22	40	4	36	4.2	1.07	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.8	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.49	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
3b5	max	22	40	4	36	4.2	1.90	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.09	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.7	1.000				
3b6	max	22	40	4	36	4.2	1.07	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.8	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.49	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
3b7	max	22	40	4	36	4.2	1.11	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.25	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
3b8	max	22	40	4	36	4.2	1.13	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.25	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
3b9	max	22	40	4	36	4.2	1.87	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.41	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.2	1.000				
3b10	max	22	40	4	36	4.2	2.46	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.7	0.998				
	min	22	40	4	36		-3.28	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.6	0.999				
3b11	max	22	40	4	36	4.2	1.64	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.17	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.7	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{td}}$ ² (KN.cm) ²	$S_{\Delta M_{td}}$ KN.cm	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _s '																														
		T.m	A _s cm ²	A _s ' cm ²	KN.cm	cm		cm	cm		cm ²	cm ²	cm ³	KN/cm	KN	cm ³	cm ³	KN	KN/cm	KN	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm									
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
3b12	max	22	40	4	36	4.2	1.62	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.17	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.7	1.000				
3b13	max	22	40	4	36	4.2	1.62	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.33	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.6	0.999				
3b14	max	22	40	4	36	4.2	2.26	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.8	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.80	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.4	0.991				
3b15	max	22	40	4	36	4.2	1.62	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.33	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.6	0.999				
3b16	max	22	40	4	36	4.2	1.62	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.17	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.7	1.000				
3b17	max	22	40	4	36	4.2	1.64	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.17	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.7	1.000				
3b18	max	22	40	4	36	4.2	2.46	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.7	0.998				
	min	22	40	4	36		-3.28	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.6	0.999				
3b19	max	22	40	4	36	4.2	1.22	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.3	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.41	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.8	1.000				
3b20	max	22	40	4	36	4.2	0.62	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.30	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.1	1.000				
3b21	max	22	40	4	36	4.2	0.63	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.31	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.1	1.000				
3b22	max	22	40	4	36	4.2	0.61	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.31	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.1	1.000				
3b23	max	22	40	4	36	4.2	0.72	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	5.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.32	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.0	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{td}}$	$S_{\Delta M_{td}}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m					T.m	A _s cm ²	A _s ' cm ²	KN.cm	S' _b cm	S' _{ho} cm	S' _{a'} cm	S' _{As} cm ²	S' _{A's} cm ²	S' _{Rs} cm ³	S' _{As} KN/cm	S' _{ho} KN	S' _{Rsc} cm ³	S' _{Rb} cm ³	S' _b KN	S' _{A's} KN/cm	S' _{a'} KN	S' _{Rs} KN.cm	S' _{As} KN.cm	S' _{ho} KN.cm	S' _{Rsc} KN.cm	S' _{Rb} KN.cm	S' _b KN.cm	S' _{A's} KN.cm	S' _{a'} KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
3b24	max	22	40	4	36	4.2	0.61	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.31	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.1	1.000				
3b25	max	22	40	4	36	4.2	0.63	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.31	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.1	1.000				
3b26	max	22	40	4	36	4.2	0.62	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.30	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.1	1.000				
3b27	max	22	40	4	36	4.2	1.22	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.3	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.41	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.8	1.000				
3b30	max	22	40	4	36	2.1	1.79	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.11	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.5	1.000				
3b31	max	22	40	4	36	2.1	1.30	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.1	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.59	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
3b32	max	22	40	4	36	2.1	1.35	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.53	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
3b33	max	22	40	4	36	2.1	1.34	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.54	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
3b34	max	22	40	4	36	2.1	1.28	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.74	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000				
3b36	max	22	40	4	36	2.1	1.28	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.74	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000				
3b38	max	22	40	4	36	2.1	1.34	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.54	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
3b39	max	22	40	4	36	2.1	1.35	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.53	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_d}^2$	$S_{\Delta M_d}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m					T.m	A _s cm ²	A _s ' cm ²	KN.cm	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'As cm ²	S'A's cm ²	S'Rs cm ³	S'As KN/cm	S'ho KN	S'Rsc cm ³	S'Rb cm ³	S'b KN	S'A's KN/cm	S'a' KN	S'Rs KN.cm	S'As KN.cm	S'ho KN.cm	S'Rsc KN.cm	S'Rb KN.cm	S'b KN.cm	S'A's KN.cm	S'a' KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
3b40	max	22	40	4	36	2.1	1.30	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.1	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.59	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
3b42	max	22	40	4	36	2.1	1.79	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.11	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.5	1.000				
3b43	max	22	60	4	56	7	6.65	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	2.3	1.000				
	min	22	60	4	56		-10.64	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	2.0	1.000				
3b44	max	22	60	4	56	7	13.13	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.904				
	min	22	60	4	56		-16.18	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.3	0.992				
3b45	max	22	60	4	56	7	12.82	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.929				
	min	22	60	4	56		-15.94	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.4	0.994				
3b46	max	22	60	4	56	7	12.98	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.917				
	min	22	60	4	56		-16.06	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.4	0.993				
3b47	max	22	60	4	56	7	13.27	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.891				
	min	22	60	4	56		-17.40	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.3	0.970				
3b48	max	22	60	4	56	7	13.27	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.891				
	min	22	60	4	56		-17.40	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.3	0.970				
3b49	max	22	60	4	56	7	12.98	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.917				
	min	22	60	4	56		-16.06	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.4	0.993				
3b50	max	22	60	4	56	7	12.82	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.929				
	min	22	60	4	56		-15.94	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.4	0.994				
3b51	max	22	60	4	56	7	13.13	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.904				
	min	22	60	4	56		-16.18	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.3	0.992				
3b52	max	22	60	4	56	7	6.65	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	2.3	1.000				
	min	22	60	4	56		-10.64	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	2.0	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{td}}$ ² (KN.cm) ²	$S_{\Delta M_{td}}$ KN.cm	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _{s'}																														
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m		T.m	A _s cm ²		A _{s'} cm ²	KN.cm	S' _b cm	S' _{ho} cm	S' _{a'} cm	S' _{As} cm ²	S' _{A's} cm ²	S' _{Rs} cm ³	S' _{As} KN/cm	S' _{ho} KN	S' _{Rsc} cm ³	S' _{Rb} cm ³	S' _b KN	S' _{A's} KN/cm	S' _{a'} KN	S' _{Rs} KN.cm	S' _{As} KN.cm	S' _{ho} KN.cm	S' _{Rsc} KN.cm	S' _{Rb} KN.cm	S' _b KN.cm	S' _{A's} KN.cm	S' _{a'} KN.cm	(33)	(34)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
3b67	max	22	40	4	36	4.2	2.97	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.4	0.978				
	min	22	40	4	36		-2.23	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
3b68	max	22	40	4	36	4.2	1.50	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.61	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.0	1.000				
3b69	max	22	40	4	36	4.2	1.35	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.71	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.0	1.000				
3b70	max	22	40	4	36	4.2	1.52	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.76	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000				
3b71	max	22	40	4	36	4.2	1.52	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.76	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000				
3b72	max	22	40	4	36	4.2	1.35	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.71	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.0	1.000				
3b73	max	22	40	4	36	4.2	1.50	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.61	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.0	1.000				
3b74	max	22	40	4	36	4.2	2.97	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.4	0.978				
	min	22	40	4	36		-2.23	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
4b1	max	22	40	4	36	4.2	1.73	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.97	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.7	1.000				
4b2	max	22	40	4	36	4.2	1.09	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.00	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.7	1.000				
4b3	max	22	40	4	36	4.2	1.05	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.9	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.97	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.7	1.000				
4b4	max	22	40	4	36	4.2	1.01	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	4.1	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.21	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{td}}$ ² (KN.cm) ²	$S_{\Delta M_{td}}$ KN.cm	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _{s'}																														
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m		T.m	cm ²		cm ²	KN.cm	S' _b cm	S' _{ho} cm	S' _{a'} cm	S' _{As} cm ²	S' _{As} cm ²	S' _{Rs} cm ³	S' _{As} KN/cm	S' _{ho} KN	S' _{Rsc} cm ³	S' _{Rb} cm ³	S' _b KN	S' _{As} KN/cm	S' _{a'} KN	S' _{Rs} KN.cm	S' _{As} KN.cm	S' _{ho} KN.cm	S' _{Rsc} KN.cm	S' _{Rb} KN.cm	S' _b KN.cm	S' _{As} KN.cm	S' _{a'} KN.cm						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
4b5	max	22	40	4	36	4.2	1.92	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.1	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.78	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000				
4b6	max	22	40	4	36	4.2	1.01	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	4.1	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.21	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
4b7	max	22	40	4	36	4.2	1.05	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.9	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.97	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.7	1.000				
4b8	max	22	40	4	36	4.2	1.09	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.00	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.7	1.000				
4b9	max	22	40	4	36	4.2	1.72	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.97	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.7	1.000				
4b10	max	22	40	4	36	4.2	2.33	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.8	0.999				
	min	22	40	4	36		-2.79	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000				
4b11	max	22	40	4	36	4.2	1.60	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.90	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.8	1.000				
4b12	max	22	40	4	36	4.2	1.56	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.87	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000				
4b13	max	22	40	4	36	4.2	1.55	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.03	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.8	1.000				
4b14	max	22	40	4	36	4.2	2.27	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.8	0.999				
	min	22	40	4	36		-3.49	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.5	0.998				
4b15	max	22	40	4	36	4.2	1.55	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-3.03	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.8	1.000				
4b16	max	22	40	4	36	4.2	1.56	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.87	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn								$S_{\Delta M_{td}}$ ² (KN.cm) ²	$S_{\Delta M_{td}}$ KN.cm	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m		T.m	A _s cm ²		A _s ' cm ²	KN.cm	S' _b cm	S' _{ho} cm	S' _a ' cm	S' _{As} cm ²	S' _{A's} cm ²	S' _{Rs} cm ³	S' _{As} KN/cm	S' _{ho} KN	S' _{Rsc} cm ³	S' _{Rb} cm ³	S' _b KN	S' _{A's} KN/cm	S' _a ' KN	S' _{Rs} KN.cm	S' _{As} KN.cm	S' _{ho} KN.cm	S' _{Rsc} KN.cm	S' _{Rb} KN.cm	S' _b KN.cm	S' _{A's} KN.cm	S' _a ' KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)		
4b17	max	22	40	4	36	4.2	1.60	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.6	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.90	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.8	1.000		
4b18	max	22	40	4	36	4.2	2.33	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.8	0.999		
	min	22	40	4	36		-2.80	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000		
4b19	max	22	40	4	36	4.2	1.14	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.6	1.000		
	min	22	40	4	36		-1.18	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.5	1.000		
4b20	max	22	40	4	36	4.2	0.61	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.7	1.000		
	min	22	40	4	36		-1.20	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.4	1.000		
4b21	max	22	40	4	36	4.2	0.60	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.8	1.000		
	min	22	40	4	36		-1.19	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.5	1.000		
4b22	max	22	40	4	36	4.2	0.58	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	7.1	1.000		
	min	22	40	4	36		-1.17	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.5	1.000		
4b23	max	22	40	4	36	4.2	0.72	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	5.7	1.000		
	min	22	40	4	36		-1.17	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.6	1.000		
4b24	max	22	40	4	36	4.2	0.58	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	7.1	1.000		
	min	22	40	4	36		-1.17	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.5	1.000		
4b25	max	22	40	4	36	4.2	0.60	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.8	1.000		
	min	22	40	4	36		-1.19	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.5	1.000		
4b26	max	22	40	4	36	4.2	0.61	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	6.7	1.000		
	min	22	40	4	36		-1.20	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.4	1.000		
4b27	max	22	40	4	36	4.2	1.14	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.6	1.000		
	min	22	40	4	36		-1.18	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.5	1.000		
4b30	max	22	40	4	36	2.1	1.15	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.6	1.000		
	min	22	40	4	36		-0.98	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	5.4	1.000		

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{td}}$ ² (KN.cm) ²	$S_{\Delta M_{td}}$ KN.cm	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m					T.m	A _s cm ²	A _s ' cm ²	KN.cm	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'As cm ²	S'A's cm ²	S'Rs cm ³	S'As KN/cm	S'ho KN	S'Rsc cm ³	S'Rb cm ³	S'b KN	S'A's KN/cm	S'a' KN	S'Rs KN.cm	S'As KN.cm	S'ho KN.cm	S'Rsc KN.cm	S'Rb KN.cm	S'b KN.cm	S'A's KN.cm	S'a' KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
4b31	max	22	40	4	36	2.1	0.81	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	6.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.11	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.8	1.000				
4b32	max	22	40	4	36	2.1	0.86	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	6.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.09	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.9	1.000				
4b33	max	22	40	4	36	2.1	0.85	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	6.3	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.09	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.9	1.000				
4b34	max	22	40	4	36	2.1	0.77	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	6.9	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.24	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.3	1.000				
4b36	max	22	40	4	36	2.1	0.77	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	6.9	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.24	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.3	1.000				
4b38	max	22	40	4	36	2.1	0.85	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	6.3	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.09	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.9	1.000				
4b39	max	22	40	4	36	2.1	0.86	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	6.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.09	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.9	1.000				
4b40	max	22	40	4	36	2.1	0.81	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	6.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.11	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.8	1.000				
4b42	max	22	40	4	36	2.1	1.16	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	4.6	1.000				
	min	22	40	4	36		-0.98	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	5.4	1.000				
4b43	max	22	60	4	56	7	6.43	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	2.4	1.000				
	min	22	60	4	56		-8.75	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	2.5	1.000				
4b44	max	22	60	4	56	7	12.96	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.919				
	min	22	60	4	56		-14.15	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.5	0.999				
4b45	max	22	60	4	56	7	12.73	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.936				
	min	22	60	4	56		-13.97	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.6	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_d}^2$	$S_{\Delta M_d}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m					T.m	A _s cm ²	A _s ' cm ²	KN.cm	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'As cm ²	S'A's cm ²	S'Rs cm ³	S'As KN/cm	S'ho KN	S'Rsc cm ³	S'Rb cm ³	S'b KN	S'A's KN/cm	S'a' KN	S'Rs KN.cm	S'As KN.cm	S'ho KN.cm	S'Rsc KN.cm	S'Rb KN.cm	S'b KN.cm	S'A's KN.cm	S'a' KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
4b46	max	22	60	4	56	7	12.88	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.925				
	min	22	60	4	56		-14.07	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.5	1.000				
4b47	max	22	60	4	56	7	13.20	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.897				
	min	22	60	4	56		-15.37	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.4	0.997				
4b48	max	22	60	4	56	7	13.20	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.897				
	min	22	60	4	56		-15.37	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.4	0.997				
4b49	max	22	60	4	56	7	12.88	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.925				
	min	22	60	4	56		-14.07	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.5	1.000				
4b50	max	22	60	4	56	7	12.73	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.936				
	min	22	60	4	56		-13.98	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.6	1.000				
4b51	max	22	60	4	56	7	12.95	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.919				
	min	22	60	4	56		-14.15	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	1.5	0.999				
4b52	max	22	60	4	56	7	6.43	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	2.4	1.000				
	min	22	60	4	56		-8.76	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	2.5	1.000				
4b67	max	22	40	4	36	4.2	2.99	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.4	0.976				
	min	22	40	4	36		-2.16	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.5	1.000				
4b68	max	22	40	4	36	4.2	1.54	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.63	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.0	1.000				
4b69	max	22	40	4	36	4.2	1.34	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.72	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.0	1.000				
4b70	max	22	40	4	36	4.2	1.52	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.77	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000				
4b71	max	22	40	4	36	4.2	1.52	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.77	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	1.9	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{td}}$	$S_{\Delta M_{td}}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m					T.m	A _s cm ²	A _s ' cm ²	KN.cm	S' _b cm	S' _{ho} cm	S' _a ' cm	S' _{As} cm ²	S' _{A's} cm ²	S' _{Rs} cm ³	S' _{As} KN/cm	S' _{ho} KN	S' _{Rsc} cm ³	S' _{Rb} cm ³	S' _b KN	S' _{A's} KN/cm	S' _a ' KN	S' _{Rs} KN.cm	S' _{As} KN.cm	S' _{ho} KN.cm	S' _{Rsc} KN.cm	S' _{Rb} KN.cm	S' _b KN.cm	S' _{A's} KN.cm	S' _a ' KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
4b72	max	22	40	4	36	4.2	1.34	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.72	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.0	1.000				
4b73	max	22	40	4	36	4.2	1.54	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.63	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.0	1.000				
4b74	max	22	40	4	36	4.2	2.99	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.4	0.976				
	min	22	40	4	36		-2.16	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.5	1.000				
ib1	max	22	40	4	36	4.2	2.13	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.9	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.27	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.3	1.000				
ib2	max	22	40	4	36	4.2	1.27	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.23	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
ib3	max	22	40	4	36	4.2	1.24	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.3	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.22	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
ib4	max	22	40	4	36	4.2	1.28	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.25	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
ib5	max	22	40	4	36	4.2	1.29	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.17	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.5	1.000				
ib6	max	22	40	4	36	4.2	1.28	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.25	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
ib7	max	22	40	4	36	4.2	1.24	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.3	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.22	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
ib8	max	22	40	4	36	4.2	1.26	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.24	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000				
ib9	max	22	40	4	36	4.2	2.12	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.9	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.31	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.3	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_d}^2$	$S_{\Delta M_d}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _{s'}																														
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m		T.m	cm ²		cm ²	KN.cm	S' _b cm	S' _{ho} cm	S' _{a'} cm	S' _{As} cm ²	S' _{As} cm ²	S' _{Rs} cm ³	S' _{As} KN/cm	S' _{ho} KN	S' _{Rsc} cm ³	S' _{Rb} cm ³	S' _b KN	S' _{As} KN/cm	S' _{a'} KN	S' _{Rs} KN.cm	S' _{As} KN.cm	S' _{ho} KN.cm	S' _{Rsc} KN.cm	S' _{Rb} KN.cm	S' _b KN.cm	S' _{As} KN.cm	S' _{a'} KN.cm	(KN.cm) ²	KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
ib10	max	22	40	4	36	4.2	2.35	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.7	0.999				
	min	22	40	4	36		-2.51	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
ib11	max	22	40	4	36	4.2	1.50	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.57	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
ib12	max	22	40	4	36	4.2	1.47	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.8	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.57	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
ib13	max	22	40	4	36	4.2	1.49	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.59	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
ib14	max	22	40	4	36	4.2	1.51	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.51	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
ib15	max	22	40	4	36	4.2	1.49	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.59	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
ib16	max	22	40	4	36	4.2	1.47	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.8	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.57	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
ib17	max	22	40	4	36	4.2	1.50	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-2.57	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
ib18	max	22	40	4	36	4.2	2.35	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.7	0.999				
	min	22	40	4	36		-2.51	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.1	1.000				
ib19	max	22	40	4	36	4.2	1.73	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.75	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.0	1.000				
ib20	max	22	40	4	36	4.2	0.91	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	4.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.76	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.0	1.000				
ib21	max	22	40	4	36	4.2	0.94	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	4.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.67	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.2	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{td}}$	$S_{\Delta M_{td}}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m					T.m	A _s cm ²	A _s ' cm ²	KN.cm	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'As cm ²	S'A's cm ²	S'Rs cm ³	S'As KN/cm	S'ho KN	S'Rsc cm ³	S'Rb cm ³	S'b KN	S'A's KN/cm	S'a' KN	S'Rs KN.cm	S'As KN.cm	S'ho KN.cm	S'Rsc KN.cm	S'Rb KN.cm	S'b KN.cm	S'A's KN.cm	S'a' KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
ib22	max	22	40	4	36	4.2	0.96	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	4.3	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.68	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.2	1.000				
ib23	max	22	40	4	36	4.2	0.98	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	4.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.63	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.3	1.000				
ib24	max	22	40	4	36	4.2	0.96	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	4.3	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.68	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.2	1.000				
ib25	max	22	40	4	36	4.2	0.94	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	4.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.67	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.2	1.000				
ib26	max	22	40	4	36	4.2	0.92	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	4.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.75	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.0	1.000				
ib27	max	22	40	4	36	4.2	1.73	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	2.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.75	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.0	1.000				
ib30	max	22	40	4	36	2.1	0.08	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	67.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.65	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.2	1.000				
ib31	max	22	40	4	36	2.1	0.06	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	84.0	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.83	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.9	1.000				
ib32	max	22	40	4	36	2.1	0.07	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	77.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.80	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.0	1.000				
ib33	max	22	40	4	36	2.1	0.07	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	74.1	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.76	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.0	1.000				
ib34	max	22	40	4	36	2.1	0.09	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	61.4	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.70	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.1	1.000				
ib36	max	22	40	4	36	2.1	0.09	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	61.3	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.70	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.1	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{td}}$ ² (KN.cm) ²	$S_{\Delta M_{td}}$ KN.cm	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _{s'}																														
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m		T.m	cm ²		cm ²	KN.cm	S' _b cm	S' _{ho} cm	S' _{a'} cm	S' _{As} cm ²	S' _{As} cm ²	S' _{Rs} cm ³	S' _{As} KN/cm	S' _{ho} KN	S' _{Rsc} cm ³	S' _{Rb} cm ³	S' _b KN	S' _{As} KN/cm	S' _{a'} KN	S' _{Rs} KN.cm	S' _{As} KN.cm	S' _{ho} KN.cm	S' _{Rsc} KN.cm	S' _{Rb} KN.cm	S' _b KN.cm	S' _{As} KN.cm	S' _{a'} KN.cm	(33)	(34)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
ib38	max	22	40	4	36	2.1	0.07	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	74.1	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.76	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.0	1.000				
ib39	max	22	40	4	36	2.1	0.07	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	77.7	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.80	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.0	1.000				
ib40	max	22	40	4	36	2.1	0.06	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	83.5	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.83	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.9	1.000				
ib42	max	22	40	4	36	2.1	0.08	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	63.2	1.000				
	min	22	40	4	36		-1.63	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.3	1.000				
ib43	max	22	60	4	56	7	8.46	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.8	1.000				
	min	22	60	4	56		-7.31	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	3.0	1.000				
ib44	max	22	60	4	56	7	12.77	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.933				
	min	22	60	4	56		-9.85	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	2.2	1.000				
ib45	max	22	60	4	56	7	12.74	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.935				
	min	22	60	4	56		-9.79	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	2.2	1.000				
ib46	max	22	60	4	56	7	12.65	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.941				
	min	22	60	4	56		-9.74	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	2.2	1.000				
ib47	max	22	60	4	56	7	12.57	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.946				
	min	22	60	4	56		-9.71	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	2.2	1.000				
ib48	max	22	60	4	56	7	12.57	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.946				
	min	22	60	4	56		-9.71	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	2.2	1.000				
ib49	max	22	60	4	56	7	12.65	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.941				
	min	22	60	4	56		-9.74	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	2.2	1.000				
ib50	max	22	60	4	56	7	12.74	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.935				
	min	22	60	4	56		-9.79	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	2.2	1.000				

Tên dầm	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn								$S_{\Delta M_{td}}^2$	$S_{\Delta M_{td}}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m					T.m	A _s cm ²	A _s ' cm ²	KN.cm	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'As cm ²	S'A's cm ²	S'Rs cm ³	S'As KN/cm	S'ho KN	S'Rsc cm ³	S'Rb cm ³	S'b KN	S'A's KN/cm	S'a' KN	S'Rs KN.cm	S'As KN.cm	S'ho KN.cm	S'Rsc KN.cm	S'Rb KN.cm	S'b KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)		
ib51	max	22	60	4	56	7	12.74	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.2	0.935		
	min	22	60	4	56		-9.84	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	2.2	1.000		
ib52	max	22	60	4	56	7	8.44	11.40	9.82	15553.43	0.88	2.2	0.16	1.14	0.98	622.2	1418.5	296.50	-25.11	1041	1.35	397.60	-255.3	485.3	1617.7	664.17	-19.59	27	1.19	390.34	-40.84	3448592.97	1857.04	1.8	1.000		
	min	22	60	4	56		-7.31	16.10	7.60	21798.42	0.88	2.2	0.16	1.61	0.76	777.3	1255.1	418.62	28.32	1769	38.79	456.26	-197.7	606.3	2020.9	937.70	22.09	46	34.14	346.88	-31.63	5455784.21	2335.76	3.0	1.000		
ib67	max	22	40	4	36	4.2	2.33	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.8	0.999		
	min	22	40	4	36		-1.78	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.0	1.000		
ib68	max	22	40	4	36	4.2	1.32	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.1	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.24	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000		
ib69	max	22	40	4	36	4.2	1.19	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.23	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000		
ib70	max	22	40	4	36	4.2	1.23	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.3	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.21	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000		
ib71	max	22	40	4	36	4.2	1.23	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.3	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.21	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000		
ib72	max	22	40	4	36	4.2	1.19	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.5	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.23	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000		
ib73	max	22	40	4	36	4.2	1.32	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.1	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.24	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.4	1.000		
ib74	max	22	40	4	36	4.2	2.31	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	1.8	0.999		
	min	22	40	4	36		-1.78	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	3.0	1.000		
ib75	max	22	40	4	36	4.2	1.26	5.09	6.28	4093.37	0.88	1.4	0.16	0.51	0.63	188.7	964.2	132.32	-31.95	304	0.77	164.81	-163.4	147.2	490.7	190.55	-24.92	8	0.67	103.55	-26.14	310883.72	557.57	3.3	1.000		
	min	22	40	4	36		-2.14	6.28	5.09	5334.92	0.88	1.4	0.16	0.63	0.51	219.4	907.8	163.36	-14.83	304	0.77	164.81	-132.3	171.1	570.4	235.24	-11.57	8	0.67	83.88	-21.17	417628.42	646.24	2.5	1.000		

TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY CỦA CẦU KIỆN DÀM CHỊU CẮT
DẦM TẦNG 2

Vật liệu sử dụng:

Bê tông: B22.5

$R_b = 1.30 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta R_b = 2\%$

$S'_{Rb} = 0.03 \text{ KN/cm}^2$

$R_{bt} = 0.100 \text{ KN/cm}^2$

$S'_{Rbt} = 0.00 \text{ KN/cm}^2$

Cốt thép: AII

$R_{sw} = 17.5 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta R_{sw} = 3\%$

$S'_{R_{sw}} = 0.53 \text{ KN/cm}^2$

$\Delta A_s = 10\%$

$\Delta S_w = 4\%$

$\Delta h = 4\%$

Tên dầm	Tổ hợp	Kích thước				Nội lực	Cốt đai			[Q] ₁	[Q] ₂				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						² S _{ΔQ_đ}	S _{ΔQ_đ}	$\frac{Q_{đ}}{Q}$	P _s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm		Q T	φ mm	S _w mm		A _{sw} cm ²	Q(h ₀) KN	Q(3h ₀) KN	Q(c ₁) KN	[Q] ₂ KN	S' _b cm	S' _h cm	S' _{S_w} cm	S' _{A_{sw}} cm ²	S' _{R_{bt}} cm ²	S' _b KN/cm	S' _h KN/cm	S' _{R_{sw}} cm ²	S' _{A_{sw}} KN/ cm ²	S' _{S_w} KN/cm	S' _{R_{bt}} KN	S' _b KN	S' _h KN	S' _{R_{sw}} KN	S' _{A_{sw}} KN				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)
2b1	max	22	40	3	37	3.21	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	3.3	1.0
	min	22	40	3	37	2.64	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.4	1.0
2b2	max	22	40	3	37	2.56	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	4.1	1.0
	min	22	40	3	37	2.67	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.4	1.0
2b3	max	22	40	3	37	2.60	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	4.1	1.0
	min	22	40	3	37	2.61	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.4	1.0
2b4	max	22	40	3	37	2.77	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	3.8	1.0
	min	22	40	3	37	2.56	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.5	1.0
2b5	max	22	40	3	37	4.02	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.6	1.0
	min	22	40	3	37	4.02	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	2.2	1.0
2b6	max	22	40	3	37	2.56	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	4.1	1.0
	min	22	40	3	37	2.77	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.2	1.0
2b7	max	22	40	3	37	2.61	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	4.1	1.0
	min	22	40	3	37	2.60	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.4	1.0
2b8	max	22	40	3	37	2.67	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	4.0	1.0
	min	22	40	3	37	2.56	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.5	1.0
2b9	max	22	40	3	37	2.64	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	4.0	1.0
	min	22	40	3	37	3.21	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	2.8	1.0

Tên dầm	Tổ hợp	Kích thước				Nội lực	Cốt đai				[Q] _l	[Q] _l				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{\Delta Q_{td}}^2$	$S_{\Delta Q_{td}}$	$\frac{Q_{td}}{Q}$	P_s
		b	h	a'	h ₀		Q	φ	S _w	A _{sw}		Q(h ₀)	Q(3h ₀)	Q(c _i)	[Q] ₂	S' _b	S' _{h₀}	S' _{S_w}	S' _{A_{sw}}	S' _{R_{bt}}	S' _b	S' _{h₀}	S' _{R_{sw}}	S' _{A_{sw}}	S' _{S_w}	S' _{R_{bt}}	S' _b	S' _{h₀}	S' _{R_{sw}}	S' _{A_{sw}}	S' _{S_w}				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	
2b10	max	22	40	3	37	4.59	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.3	1.0	
	min	22	40	3	37	3.71	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	2.4	1.0	
2b11	max	22	40	3	37	3.97	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.7	1.0	
	min	22	40	3	37	4.08	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	2.2	1.0	
2b12	max	22	40	3	37	4.02	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.6	1.0	
	min	22	40	3	37	4.02	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	2.2	1.0	
2b13	max	22	40	3	37	4.09	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.6	1.0	
	min	22	40	3	37	3.97	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	2.3	1.0	
2b14	max	22	40	3	37	5.01	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.1	1.0	
	min	22	40	3	37	5.01	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	1.8	1.0	
2b15	max	22	40	3	37	3.97	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.7	1.0	
	min	22	40	3	37	4.09	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	2.2	1.0	
2b16	max	22	40	3	37	4.02	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.6	1.0	
	min	22	40	3	37	4.02	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	2.2	1.0	
2b17	max	22	40	3	37	4.08	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.6	1.0	
	min	22	40	3	37	3.97	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	2.3	1.0	
2b18	max	22	40	3	37	3.71	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.8	1.0	
	min	22	40	3	37	4.59	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	2.0	1.0	
2b19	max	22	40	3	37	1.86	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	5.7	1.0	
	min	22	40	3	37	1.53	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	5.8	1.0	
2b20	max	22	40	3	37	1.41	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	7.5	1.0	
	min	22	40	3	37	1.47	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	6.1	1.0	
2b21	max	22	40	3	37	1.43	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	7.4	1.0	
	min	22	40	3	37	1.48	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	6.0	1.0	

Tên dầm	Tổ hợp	Kích thước				Nội lực	Cốt đai				$[Q]_l$	$[Q]_L$				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số							Độ lệch chuẩn					$S_{\Delta Q_{td}}^2$	$S_{\Delta Q_{td}}$	$\frac{Q_{td}}{Q}$	P_s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm		Q T	ϕ mm	S _w mm	A _{sw} cm ²		Q(h ₀) KN	Q(3h ₀) KN	Q(c ₁) KN	$[Q]_2$ KN	S' _b cm	S' _{h₀} cm	S' _{S_w} cm	S' _{A_{sw}} cm ²	S' _{R_{bt}} cm ²	S' _b KN/cm	S' _{h₀} KN/cm	S' _{R_{sw}} cm ²	S' _{A_{sw}} KN/cm ²	S' _{S_w} KN/cm	S' _{R_{bt}} KN	S' _b KN	S' _{h₀} KN	S' _{R_{sw}} KN	S' _{A_{sw}} KN	S' _{S_w} KN				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	
2b22	max	22	40	3	37	1.69	2 ϕ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	6.3	1.0	
	min	22	40	3	37	1.28	2 ϕ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	7.0	1.0	
2b23	max	22	40	3	37	2.72	2 ϕ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	3.9	1.0	
	min	22	40	3	37	2.72	2 ϕ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.3	1.0	
2b24	max	22	40	3	37	1.28	2 ϕ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	8.3	1.0	
	min	22	40	3	37	1.69	2 ϕ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	5.3	1.0	
2b25	max	22	40	3	37	1.48	2 ϕ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	7.1	1.0	
	min	22	40	3	37	1.43	2 ϕ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	6.3	1.0	
2b26	max	22	40	3	37	1.47	2 ϕ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	7.2	1.0	
	min	22	40	3	37	1.41	2 ϕ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	6.4	1.0	
2b27	max	22	40	3	37	1.53	2 ϕ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	6.9	1.0	
	min	22	40	3	37	1.86	2 ϕ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	4.8	1.0	
2b28	max	22	40	3	37	1.26	2 ϕ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	8.4	1.0	
	min	22	40	3	37	1.34	2 ϕ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	6.7	1.0	
2b30	max	22	40	3	37	3.13	2 ϕ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	3.4	1.0	
	min	22	40	3	37	2.26	2 ϕ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	4.0	1.0	
2b31	max	22	40	3	37	4.17	2 ϕ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.5	1.0	
	min	22	40	3	37	1.90	2 ϕ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	4.7	1.0	
2b32	max	22	40	3	37	4.05	2 ϕ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.6	1.0	
	min	22	40	3	37	1.91	2 ϕ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	4.7	1.0	
2b33	max	22	40	3	37	4.04	2 ϕ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.6	1.0	
	min	22	40	3	37	1.90	2 ϕ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	4.7	1.0	
2b34	max	22	40	3	37	4.07	2 ϕ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.6	1.0	
	min	22	40	3	37	1.71	2 ϕ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	5.2	1.0	

Tên dầm	Tổ hợp	Kích thước				Nội lực	Cốt đai				[Q] _l	[Q] _l				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số							Độ lệch chuẩn					$S_{\Delta Q_{td}}^2$	$S_{\Delta Q_{td}}$	$\frac{Q_{td}}{Q}$	P_s
		b	h	a'	h ₀		Q	φ	S _w	A _{sw}		Q(h ₀)	Q(3h ₀)	Q(c _i)	[Q] ₂	S' _b	S' _{h0}	S' _{Sw}	S' _{A_{sw}}	S' _{R_{bt}}	S' _b	S' _{h0}	S' _{R_{sw}}	S' _{A_{sw}}	S' _{Sw}	S' _{R_{bt}}	S' _b	S' _{h0}	S' _{R_{sw}}	S' _{A_{sw}}	S' _{Sw}				
		cm	cm	cm	cm		T	mm	mm	cm ²	KN	KN	KN	KN	cm	cm	cm	cm ²	cm ²	KN/cm	KN/cm	cm ²	KN/cm ²	KN/cm	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN ²	KN		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	KN/ (24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	
2b35	max	22	40	3	37	1.26	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	8.4	1.0	
	min	22	40	3	37	1.34	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	6.7	1.0	
2b36	max	22	40	3	37	4.07	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.6	1.0	
	min	22	40	3	37	1.71	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	5.2	1.0	
2b37	max	22	40	3	37	1.76	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	6.0	1.0	
	min	22	40	3	37	1.76	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	5.1	1.0	
2b38	max	22	40	3	37	4.04	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.6	1.0	
	min	22	40	3	37	1.90	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	4.7	1.0	
2b39	max	22	40	3	37	4.05	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.6	1.0	
	min	22	40	3	37	1.91	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	4.7	1.0	
2b40	max	22	40	3	37	4.17	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	2.5	1.0	
	min	22	40	3	37	1.90	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	4.7	1.0	
2b42	max	22	40	3	37	3.13	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	3.4	1.0	
	min	22	40	3	37	2.26	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	4.0	1.0	
2b43	max	22	60	3	57	7.78	2 φ 10	150	1.57	489	266.44	219.39	242.79	219.39	0.88	2.3	0.60	0.16	627	2.9	3.85	8.95	100	-10.45	1.254	2.5	8.78	5	15.67	-6.27	391.76	19.79	2.8	1.0	
	min	22	60	3	57	8.18	2 φ 10	200	1.57	489	246.86	180.22	210.26	180.22	0.88	2.3	0.80	0.16	627	2.9	3.16	6.72	75	-5.88	1.254	2.5	7.21	4	11.75	-4.70	232.45	15.25	2.2	1.0	
2b44	max	22	60	3	57	13.70	2 φ 10	150	1.57	489	266.44	219.39	242.79	219.39	0.88	2.3	0.60	0.16	627	2.9	3.85	8.95	100	-10.45	1.254	2.5	8.78	5	15.67	-6.27	391.76	19.79	1.6	1.0	
	min	22	60	3	57	14.11	2 φ 10	200	1.57	489	246.86	180.22	210.26	180.22	0.88	2.3	0.80	0.16	627	2.9	3.16	6.72	75	-5.88	1.254	2.5	7.21	4	11.75	-4.70	232.45	15.25	1.3	1.0	
2b45	max	22	60	3	57	13.48	2 φ 10	150	1.57	489	266.44	219.39	242.79	219.39	0.88	2.3	0.60	0.16	627	2.9	3.85	8.95	100	-10.45	1.254	2.5	8.78	5	15.67	-6.27	391.76	19.79	1.6	1.0	
	min	22	60	3	57	13.83	2 φ 10	200	1.57	489	246.86	180.22	210.26	180.22	0.88	2.3	0.80	0.16	627	2.9	3.16	6.72	75	-5.88	1.254	2.5	7.21	4	11.75	-4.70	232.45	15.25	1.3	1.0	
2b46	max	22	60	3	57	13.59	2 φ 10	150	1.57	489	266.44	219.39	242.79	219.39	0.88	2.3	0.60	0.16	627	2.9	3.85	8.95	100	-10.45	1.254	2.5	8.78	5	15.67	-6.27	391.76	19.79	1.6	1.0	
	min	22	60	3	57	13.95	2 φ 10	200	1.57	489	246.86	180.22	210.26	180.22	0.88	2.3	0.80	0.16	627	2.9	3.16	6.72	75	-5.88	1.254	2.5	7.21	4	11.75	-4.70	232.45	15.25	1.3	1.0	
2b47	max	22	60	3	57	14.52	2 φ 10	150	1.57	489	266.44	219.39	242.79	219.39	0.88	2.3	0.60	0.16	627	2.9	3.85	8.95	100	-10.45	1.254	2.5	8.78	5	15.67	-6.27	391.76	19.79	1.5	1.0	
	min	22	60	3	57	15.10	2 φ 10	200	1.57	489	246.86	180.22	210.26	180.22	0.88	2.3	0.80	0.16	627	2.9	3.16	6.72	75	-5.88	1.254	2.5	7.21	4	11.75	-4.70	232.45	15.25	1.2	1.0	

Tên dầm	Tổ hợp	Kích thước				Nội lực Q T	Cốt đai			[Q] _l KN	[Q] _l				Độ lệch chuẩn				Đạo hàm riêng của từng tham số						Độ lệch chuẩn						$S_{\Delta Q_{dđ}}^2$ KN ²	$S_{\Delta Q_{dđ}}$ KN	$\frac{Q_{dđ}}{Q}$	P_s
		b	h	a'	h ₀		φ	S _w	A _{sw}		Q(h ₀)	Q(3h ₀)	Q(c ₁)	[Q] ₂	S' _b	S' _{h₀}	S' _{S_w}	S' _{A_{sw}}	S' _{R_{tt}}	S' _b	S' _{h₀}	S' _{R_{sw}}	S' _{A_{sw}}	S' _{S_w}	S' _{R_{tt}}	S' _b	S' _{h₀}	S' _{R_{sw}}	S' _{A_{sw}}	S' _{S_w}				
		cm	cm	cm	cm		mm	mm	cm ²		KN	KN	KN	KN	cm	cm	cm	cm ²	cm ²	KN/cm	KN/cm	cm ²	KN/ cm ²	KN/cm	KN	KN	KN	KN	KN	KN				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)
2b48	max	22	60	3	57	14.52	2 φ 10	150	1.57	489	266.44	219.39	242.79	219.39	0.88	2.3	0.60	0.16	627	2.9	3.85	8.95	100	-10.45	1.254	2.5	8.78	5	15.67	-6.27	391.76	19.79	1.5	1.0
	min	22	60	3	57	15.10	2 φ 10	200	1.57	489	246.86	180.22	210.26	180.22	0.88	2.3	0.80	0.16	627	2.9	3.16	6.72	75	-5.88	1.254	2.5	7.21	4	11.75	-4.70	232.45	15.25	1.2	1.0
2b49	max	22	60	3	57	13.59	2 φ 10	150	1.57	489	266.44	219.39	242.79	219.39	0.88	2.3	0.60	0.16	627	2.9	3.85	8.95	100	-10.45	1.254	2.5	8.78	5	15.67	-6.27	391.76	19.79	1.6	1.0
	min	22	60	3	57	13.95	2 φ 10	200	1.57	489	246.86	180.22	210.26	180.22	0.88	2.3	0.80	0.16	627	2.9	3.16	6.72	75	-5.88	1.254	2.5	7.21	4	11.75	-4.70	232.45	15.25	1.3	1.0
2b50	max	22	60	3	57	13.48	2 φ 10	150	1.57	489	266.44	219.39	242.79	219.39	0.88	2.3	0.60	0.16	627	2.9	3.85	8.95	100	-10.45	1.254	2.5	8.78	5	15.67	-6.27	391.76	19.79	1.6	1.0
	min	22	60	3	57	13.83	2 φ 10	200	1.57	489	246.86	180.22	210.26	180.22	0.88	2.3	0.80	0.16	627	2.9	3.16	6.72	75	-5.88	1.254	2.5	7.21	4	11.75	-4.70	232.45	15.25	1.3	1.0
2b51	max	22	60	3	57	13.70	2 φ 10	150	1.57	489	266.44	219.39	242.79	219.39	0.88	2.3	0.60	0.16	627	2.9	3.85	8.95	100	-10.45	1.254	2.5	8.78	5	15.67	-6.27	391.76	19.79	1.6	1.0
	min	22	60	3	57	14.11	2 φ 10	200	1.57	489	246.86	180.22	210.26	180.22	0.88	2.3	0.80	0.16	627	2.9	3.16	6.72	75	-5.88	1.254	2.5	7.21	4	11.75	-4.70	232.45	15.25	1.3	1.0
2b52	max	22	60	3	57	7.78	2 φ 10	150	1.57	489	266.44	219.39	242.79	219.39	0.88	2.3	0.60	0.16	627	2.9	3.85	8.95	100	-10.45	1.254	2.5	8.78	5	15.67	-6.27	391.76	19.79	2.8	1.0
	min	22	60	3	57	8.18	2 φ 10	200	1.57	489	246.86	180.22	210.26	180.22	0.88	2.3	0.80	0.16	627	2.9	3.16	6.72	75	-5.88	1.254	2.5	7.21	4	11.75	-4.70	232.45	15.25	2.2	1.0
2b67	max	22	40	3	37	3.33	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	3.2	1.0
	min	22	40	3	37	2.47	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.6	1.0
2b68	max	22	40	3	37	2.90	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	3.7	1.0
	min	22	40	3	37	2.77	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.2	1.0
2b69	max	22	40	3	37	2.92	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	3.6	1.0
	min	22	40	3	37	2.86	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.1	1.0
2b70	max	22	40	3	37	2.33	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	4.5	1.0
	min	22	40	3	37	2.96	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.0	1.0
2b71	max	22	40	3	37	2.96	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	3.6	1.0
	min	22	40	3	37	2.33	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.8	1.0
2b72	max	22	40	3	37	2.86	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	3.7	1.0
	min	22	40	3	37	2.92	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.1	1.0
2b73	max	22	40	3	37	2.77	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	3.8	1.0
	min	22	40	3	37	2.90	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	3.1	1.0
2b74	max	22	40	3	37	2.47	2 φ 8	150	1.01	317	154.65	105.79	126.08	105.79	0.88	1.5	0.60	0.10	407	1.9	2.86	3.72	65	-4.34	0.814	1.6	4.23	2	6.51	-2.60	74.19	8.61	4.3	1.0
	min	22	40	3	37	3.33	2 φ 8	200	1.01	317	146.51	89.52	109.19	89.52	0.88	1.5	0.80	0.10	407	1.9	2.42	2.79	49	-2.44	0.814	1.6	3.58	1	4.88	-1.95	45.93	6.78	2.7	1.0

TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY CỦA CẦU KIẾN SÀN CHỊU UỐN
SÀN TẦNG 2

Vật liệu sử dụng:

Bê tông: B22.5

R_b = 1.3 KN/cm²

ΔR_b = 2% S_{Rb} = 0.03 KN/cm²

Cốt thép: AI

R_s = 21 KN/cm²

ΔR_s = 3% S_{Rs} = 0.63 KN/cm²

R_{sc} = 21 KN/cm²

ΔR_{sc} = 3% S_{Rs} = 0.63 KN/cm²

ΔA_s = 15%

Δh/h = 4%

Tên cầu kiến	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_{đ}}$	$S_{M_{đ}}$	$\frac{M_{đ}}{M}$	P_s
		b	h	a'	h ₀	L					A _s	A _s '	S'b	S'ho	S'a'	S'As	S'A's	S'Rs	S'As	S'ho	S'Rsc	S'Rb	S'b	S'A's	S'a'	S'Rs	S'As	S'ho	S'Rsc	S'Rb	S'b	S'A's	S'a'	(K _N .cm) ²	KN.cm				
(1)	(2)	cm	cm	cm	cm	m	KN.m	cm ²	cm ²	KN.cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ²	cm ³	KN/cm	KN	cm ³	cm ³	KN	KN/cm	KN	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	(KN.cm) ²	KN.cm							
SA1	max	100	12	2	10	4.2	5.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.6	0.987				
	min	100	12	2	10		-5.70	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.4	0.956				
SA2	max	100	12	2	10	4.2	4.70	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.7	0.993				
	min	100	12	2	10		-3.80	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.1	0.999				
SA3	max	100	12	2	10	4.2	3.80	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.1	0.999				
	min	100	12	2	10		-2.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	4.0	1.000				
SA4	max	100	12	2	10	4.2	4.40	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.8	0.996				
	min	100	12	2	10		-3.70	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.2	0.999				
SA5	max	100	12	2	10	4.2	4.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.7	0.994				
	min	100	12	2	10		-5.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.5	0.968				
SA6	max	100	12	2	10	4.2	3.90	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.0	0.999				
	min	100	12	2	10		-2.10	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.8	1.000				
SA8	max	100	12	2	10	4.2	3.90	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.0	0.999				
	min	100	12	2	10		-5.80	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.4	0.949				
SA9	max	100	12	2	10	4.2	3.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.3	1.000				
	min	100	12	2	10		-3.90	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.0	0.999				

Tên cầu kiện	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_d}^2$	$S_{\Delta M_d}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
		b cm	h cm	a' cm	h ₀ cm	L m					KN.m	A _s cm ²	A _s ' cm ²	KN.cm	S'b cm	S'ho cm	S'a' cm	S'AS cm ²	S'A's cm ²	S'Rs cm ³	S'As KN/cm	S'ho KN	S'Rsc cm ³	S'Rb cm ³	S'b KN	S'A's KN/cm	S'a' KN	S'Rs KN.cm	S'As KN.cm	S'ho KN.cm	S'Rsc KN.cm	S'Rb KN.cm	S'b KN.cm	S'A's KN.cm	S'a' KN.cm				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)				
SA10	max	100	12	2	10	4.2	2.40	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.3	1.000				
	min	100	12	2	10		-2.10	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.8	1.000				
SA11	max	100	12	2	10	4.2	3.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.7	1.000				
	min	100	12	2	10		-3.70	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.2	0.999				
SA12	max	100	12	2	10	4.2	3.10	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.6	1.000				
	min	100	12	2	10		-5.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.5	0.968				
SA13	max	100	12	2	10	4.2	2.20	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.6	1.000				
	min	100	12	2	10		-2.10	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.8	1.000				
SA15	max	100	12	2	10	4.2	2.90	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.8	1.000				
	min	100	12	2	10		-6.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.2	0.850				
SA16	max	100	12	2	10	4.2	3.90	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.0	0.999				
	min	100	12	2	10		-5.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.4	0.963				
SA17	max	100	12	2	10	4.2	3.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.3	1.000				
	min	100	12	2	10		-3.90	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.0	0.999				
SA18	max	100	12	2	10	4.2	2.40	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.3	1.000				
	min	100	12	2	10		-2.10	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.8	1.000				
SA19	max	100	12	2	10	4.2	3.10	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.6	1.000				
	min	100	12	2	10		-3.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.2	0.999				
SA20	max	100	12	2	10	4.2	3.20	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.5	1.000				
	min	100	12	2	10		-5.30	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.5	0.978				
SA21	max	100	12	2	10	4.2	2.30	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.5	1.000				
	min	100	12	2	10		-2.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	4.0	1.000				
SA23	max	100	12	2	10	4.2	3.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.3	1.000				
	min	100	12	2	10		-6.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.2	0.866				

Tên cấu kiện	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{AM_d}^2$	S_{AM_d}	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _{s'}																														
		(1)	(2)	b cm (3)	h cm (4)	a' cm (5)		h ₀ cm (6)	L m (7)		KN.m (8)	cm ² (9)	cm ² (10)	KN.cm (11)	cm (12)	cm (13)	cm (14)	cm ² (15)	cm ² (16)	cm ³ (17)	KN/cm (18)	KN (19)	cm ³ (20)	cm ³ (21)	KN (22)	KN/cm (23)	KN (24)	KN.cm (25)	KN.cm (26)	KN.cm (27)	KN.cm (28)	KN.cm (29)	KN.cm (30)	KN.cm (31)	KN.cm (32)				
SA24	max	100	12	2	10	4.2	4.70	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.7	0.993				
	min	100	12	2	10		-5.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.4	0.963				
SA25	max	100	12	2	10	4.2	4.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.8	0.995				
	min	100	12	2	10		-3.70	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.2	0.999				
SA26	max	100	12	2	10	4.2	3.70	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.2	0.999				
	min	100	12	2	10		-2.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	4.0	1.000				
SA27	max	100	12	2	10	4.2	4.20	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.9	0.998				
	min	100	12	2	10		-3.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.2	0.999				
SA28	max	100	12	2	10	4.2	4.20	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.9	0.998				
	min	100	12	2	10		-5.30	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.5	0.978				
SA29	max	100	12	2	10	4.2	3.30	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.4	1.000				
	min	100	12	2	10		-2.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	4.0	1.000				
SA39	max	100	12	2	10	4.2	3.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.3	1.000				
	min	100	12	2	10		-6.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.2	0.866				
SA40	max	100	12	2	10	4.2	4.70	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.7	0.993				
	min	100	12	2	10		-5.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.4	0.963				
SA41	max	100	12	2	10	4.2	4.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.8	0.995				
	min	100	12	2	10		-3.70	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.2	0.999				
SA42	max	100	12	2	10	4.2	3.70	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.2	0.999				
	min	100	12	2	10		-1.90	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	4.2	1.000				
SA43	max	100	12	2	10	4.2	4.20	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.9	0.998				
	min	100	12	2	10		-3.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.3	1.000				
SA44	max	100	12	2	10	4.2	4.20	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.9	0.998				
	min	100	12	2	10		-5.30	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.5	0.978				

Tên cầu kiện	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{AM_d}^2$	S_{AM_d}	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _s '																														
		(1)	(2)	b cm	h cm	a' cm		h ₀ cm	L m		KN.m	cm ²	cm ²	KN.cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ²	cm ³	KN/cm	KN	cm ³	cm ³	KN	KN/cm	KN	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	KN.cm	(KN.cm) ²				
SA45	max	100	12	2	10	4.2	3.20	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.5	1.000				
	min	100	12	2	10		-2.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	4.0	1.000				
SA47	max	100	12	2	10	4.2	2.90	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.8	1.000				
	min	100	12	2	10		-6.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.2	0.850				
SA48	max	100	12	2	10	4.2	4.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.0	0.999				
	min	100	12	2	10		-5.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.4	0.963				
SA49	max	100	12	2	10	4.2	3.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.3	1.000				
	min	100	12	2	10		-4.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.0	0.999				
SA50	max	100	12	2	10	4.2	2.40	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.3	1.000				
	min	100	12	2	10		-2.20	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.6	1.000				
SA51	max	100	12	2	10	4.2	3.10	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.6	1.000				
	min	100	12	2	10		-3.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.2	0.999				
SA52	max	100	12	2	10	4.2	3.20	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.5	1.000				
	min	100	12	2	10		-5.30	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.5	0.978				
SA53	max	100	12	2	10	4.2	2.40	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.3	1.000				
	min	100	12	2	10		-2.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	4.0	1.000				
SA56	max	100	12	2	10	4.2	3.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.2	0.999				
	min	100	12	2	10		-7.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.1	0.769				
SA57	max	100	12	2	10	4.2	3.20	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.5	1.000				
	min	100	12	2	10		-4.80	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.7	0.991				
SA58	max	100	12	2	10	4.2	2.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	4.0	1.000				
	min	100	12	2	10		-2.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.2	1.000				
SA59	max	100	12	2	10	4.2	2.70	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.0	1.000				
	min	100	12	2	10		-4.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.7	0.994				

Tên cầu kiện	Vị trí	Kích thước					M	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén	M _{td}	Độ lệch chuẩn					Đạo hàm riêng của từng tham số										Độ lệch chuẩn										$S_{\Delta M_d}^2$	$S_{\Delta M_d}$	$\frac{M_{td}}{M}$	P_s
								A _s	A _s '																														
		(1)	(2)	b cm (3)	h cm (4)	a' cm (5)	h ₀ cm (6)	L m (7)	KN.m (8)	cm ² (9)	cm ² (10)	KN.cm (11)	cm (12)	cm (13)	cm (14)	cm ² (15)	cm ² (16)	cm ³ (17)	KN/cm (18)	KN (19)	cm ³ (20)	cm ³ (21)	KN (22)	KN/cm (23)	KN (24)	KN.cm (25)	KN.cm (26)	KN.cm (27)	KN.cm (28)	KN.cm (29)	KN.cm (30)	KN.cm (31)	KN.cm (32)	(KN.cm) ² (33)	KN.cm (34)				
SA60	max	100	12	2	10	4.2	2.80	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	2.9	1.000				
	min	100	12	2	10		-6.60	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	1.2	0.850				
SA61	max	100	12	2	10	4.2	2.00	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	4.0	1.000				
	min	100	12	2	10		-2.50	4.19	1.68	798.56	4.00	0.40	0.08	0.63	0.25	40.19	201.47	87.96	-2.67	17.40	0.11	-22.11	-35.19	25.32	126.59	35.19	-1.68	0.45	0.43	-5.56	-2.81	17946.08	133.96	3.2	1.000				
SA64	max	100	12	2	10	4.2	9.10	6.54	2.62	1238.33	4.00	0.40	0.08	0.98	0.39	61.30	196.68	137.44	-3.58	42.48	0.26	-10.92	-54.98	38.62	193.09	54.98	-2.25	1.10	1.05	-4.29	-4.40	41842.21	204.55	1.4	0.946				
	min	100	12	2	10		-7.10	6.54	2.62	1238.33	4.00	0.40	0.08	0.98	0.39	61.30	196.68	137.44	-3.58	42.48	0.26	-10.92	-54.98	38.62	193.09	54.98	-2.25	1.10	1.05	-4.29	-4.40	41842.21	204.55	1.7	0.995				
SA65	max	100	12	2	10	4.2	8.50	6.54	2.62	1238.33	4.00	0.40	0.08	0.98	0.39	61.30	196.68	137.44	-3.58	42.48	0.26	-10.92	-54.98	38.62	193.09	54.98	-2.25	1.10	1.05	-4.29	-4.40	41842.21	204.55	1.5	0.971				
	min	100	12	2	10		-4.90	6.54	2.62	1238.33	4.00	0.40	0.08	0.98	0.39	61.30	196.68	137.44	-3.58	42.48	0.26	-10.92	-54.98	38.62	193.09	54.98	-2.25	1.10	1.05	-4.29	-4.40	41842.21	204.55	2.5	1.000				
SA66	max	100	12	2	10	4.2	6.30	6.54	2.62	1238.33	4.00	0.40	0.08	0.98	0.39	61.30	196.68	137.44	-3.58	42.48	0.26	-10.92	-54.98	38.62	193.09	54.98	-2.25	1.10	1.05	-4.29	-4.40	41842.21	204.55	2.0	0.999				
	min	100	12	2	10		-2.80	6.54	2.62	1238.33	4.00	0.40	0.08	0.98	0.39	61.30	196.68	137.44	-3.58	42.48	0.26	-10.92	-54.98	38.62	193.09	54.98	-2.25	1.10	1.05	-4.29	-4.40	41842.21	204.55	4.4	1.000				
SA67	max	100	12	2	10	4.2	8.10	6.54	2.62	1238.33	4.00	0.40	0.08	0.98	0.39	61.30	196.68	137.44	-3.58	42.48	0.26	-10.92	-54.98	38.62	193.09	54.98	-2.25	1.10	1.05	-4.29	-4.40	41842.21	204.55	1.5	0.982				
	min	100	12	2	10		-4.70	6.54	2.62	1238.33	4.00	0.40	0.08	0.98	0.39	61.30	196.68	137.44	-3.58	42.48	0.26	-10.92	-54.98	38.62	193.09	54.98	-2.25	1.10	1.05	-4.29	-4.40	41842.21	204.55	2.6	1.000				
SA68	max	100	12	2	10	4.2	8.50	6.54	2.62	1238.33	4.00	0.40	0.08	0.98	0.39	61.30	196.68	137.44	-3.58	42.48	0.26	-10.92	-54.98	38.62	193.09	54.98	-2.25	1.10	1.05	-4.29	-4.40	41842.21	204.55	1.5	0.971				
	min	100	12	2	10		-6.80	6.54	2.62	1238.33	4.00	0.40	0.08	0.98	0.39	61.30	196.68	137.44	-3.58	42.48	0.26	-10.92	-54.98	38.62	193.09	54.98	-2.25	1.10	1.05	-4.29	-4.40	41842.21	204.55	1.8	0.997				
SA69	max	100	12	2	10	4.2	5.90	6.54	2.62	1238.33	4.00	0.40	0.08	0.98	0.39	61.30	196.68	137.44	-3.58	42.48	0.26	-10.92	-54.98	38.62	193.09	54.98	-2.25	1.10	1.05	-4.29	-4.40	41842.21	204.55	2.1	0.999				
	min	100	12	2	10		-2.50	6.54	2.62	1238.33	4.00	0.40	0.08	0.98	0.39	61.30	196.68	137.44	-3.58	42.48	0.26	-10.92	-54.98	38.62	193.09	54.98	-2.25	1.10	1.05	-4.29	-4.40	41842.21	204.55	5.0	1.000				