

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

VŨ TRỌNG HUY

TÊN ĐỀ TÀI:

**NGHIÊN CỨU SỰ LÀM VIỆC CỦA KẾT CẤU NHÀ XÂY DỰNG
TRONG VÙNG CHỊU ẢNH HƯỞNG ĐỘNG ĐẤT Ở VIỆT NAM BẰNG
PHƯƠNG PHÁP MONTE - CARLO CẢI TIẾN**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 8/2021

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

VŨ TRỌNG HUY

TÊN ĐỀ TÀI:

**NGHIÊN CỨU SỰ LÀM VIỆC CỦA KẾT CẤU NHÀ XÂY DỰNG
TRONG VÙNG CHỊU ẢNH HƯỞNG ĐỘNG ĐẤT Ở VIỆT NAM BẰNG
PHƯƠNG PHÁP MONTE - CARLO CẢI TIẾN**

Chuyên ngành: **Kỹ thuật xây dựng**

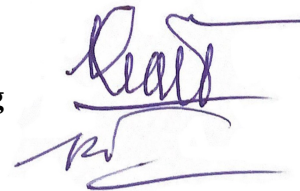
Mã số: 9580201

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Người hướng dẫn khoa học:

1. PGS.TS Nguyễn Võ Thông

2. GS.TS Nguyễn Văn Phó



HÀ NỘI – 8/2021

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan luận án Tiến sĩ kỹ thuật “Nghiên cứu sự làm việc của kết cấu nhà xây dựng trong vùng chịu ảnh hưởng động đất ở Việt Nam bằng phương pháp Monte - Carlo cải tiến” là công trình do tôi nghiên cứu và thực hiện. Các kết quả, số liệu của luận án hoàn toàn trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả luận án

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, cursive letters, likely representing the name Vũ Trọng Huy.

Vũ Trọng Huy

LỜI CẢM ƠN

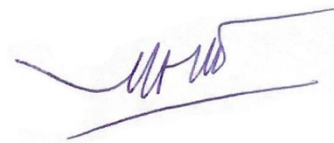
Lời đầu tiên tôi xin chân thành cảm ơn Ban lãnh đạo Viện Khoa học công nghệ Xây dựng nơi tôi học tập, Viện Chuyên ngành Kết cấu công trình xây dựng, Phòng Tổ chức hành chính của Viện đã giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc, sự kính trọng nhất đến GS.TS. Nguyễn Văn Phó, PGS.TS. Nguyễn Võ Thông đã tận tình hướng dẫn, động viên, giúp đỡ và tạo mọi điều kiện thuận lợi nhất trong thời gian tôi hoàn thành luận án. Tôi cũng xin chân thành cảm ơn các thầy cô, các nhà khoa học, các chuyên gia đã có những ý kiến đóng góp cho luận án trong quá trình thực hiện.

Tôi xin chân thành cảm ơn tập thể lãnh đạo Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội nơi tôi công tác đã hỗ trợ, tạo điều kiện cho tôi trong suốt quá trình thực hiện luận án.

Cuối cùng, tôi xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ, động viên, chia sẻ của gia đình, bạn bè và đồng nghiệp đã tiếp thêm động lực giúp tôi hoàn thành luận án này.

Tác giả luận án



Vũ Trọng Huy

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT.....	vii
Danh mục các hình vẽ, đồ thị	x
Danh mục các bảng	xiv
MỞ ĐẦU	1
1. Lý do chọn đề tài.....	1
2. Mục tiêu nghiên cứu.....	2
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	2
4. Phương pháp nghiên cứu	3
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	3
6. Bố cục của luận án	3
7. Các kết quả mới của luận án.....	4
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU CÔNG TRÌNH NHÀ CHỊU ĐỘNG ĐẤT.....	5
1.1. Động đất và tác động của động đất lên công trình nhà	5
1.1.1. Động đất và ảnh hưởng của động đất lên kết cấu.....	5
1.1.2. Những tác động của động đất đối với công trình nhà.....	5
1.2. Một số đại lượng đặc trưng của động đất trong tính toán công trình nhà.....	7
1.2.1. Gia tốc cực đại	7
1.2.2. Chuyển động của nền đất khi xảy ra động đất.....	8
1.2.3. Phổ phản ứng trong tính toán động đất	9
1.3. Tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn thế giới và Việt Nam, các tham số trong tiêu chuẩn thiết kế.....	11
1.3.1. Tiêu chuẩn kháng chấn thế giới và các tham số trong tiêu chuẩn thiết kế các nước	11
1.3.1.1. Hệ thống tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn một số nước	11
1.3.1.2. Quy trình phân tích kết cấu theo các tiêu chuẩn kháng chấn	12
1.3.1.3. Các tham số trong tiêu chuẩn thiết kế các nước	13
1.3.2. Tiêu chuẩn kháng chấn Việt Nam và các tham số thiết kế trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012.....	17
1.3.2.1. Phương pháp phân tích kết cấu theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012	17

1.3.2.2. Phân tích phổ phản ứng đàn hồi và phổ thiết kế $S_d(T)$ theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012.....	18
1.3.2.3. Các tham số ảnh hưởng vào phổ thiết kế trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012	20
1.3.2.4. Lược đồ tính toán kết cấu nhà chịu động đất theo TCVN hiện hành	23
1.4. Tổng quan về phân tích mờ kết cấu	24
1.4.1. Tình hình nghiên cứu ngoài nước	24
1.4.2. Tình hình nghiên cứu trong nước.....	26
1.4.3. Nhận xét.....	29
1.5. Các kết quả đã đạt được từ các công trình nghiên cứu.....	29
1.6. Các vấn đề tiếp tục nghiên cứu của luận án	30
1.7. Nhận xét chương 1	31
CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP MONTE - CARLO VÀ PHƯƠNG PHÁP MONTE - CARLO CẢI TIẾN TRONG TÍNH TOÁN KẾT CẤU.....	32
2.1. Mở đầu.....	32
2.2. Tính toán kết cấu bằng phương pháp Monte – Carlo với các tham số đầu vào ngẫu nhiên.....	32
2.2.1. Phương pháp Monte – Carlo	32
2.2.1.1. Cơ sở toán học của phương pháp Monte – Carlo	32
2.2.1.2. Nội dung cơ bản của phương pháp Monte - Carlo.....	33
2.2.1.3. Sai số của phương pháp Monte - Carlo	36
2.2.2. Sơ đồ áp dụng phương pháp Monte – Carlo vào tính toán kết cấu.....	39
2.3. Tính toán kết cấu bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến với các biến đầu vào ngẫu nhiên và mờ	40
2.3.1. Phương pháp Monte – Carlo cải tiến.....	40
2.3.1.1. Mục đích và phương pháp cải tiến.....	40
2.3.1.2. Nội dung cải tiến	40
2.3.1.3. So sánh phương pháp Monte – Carlo và phương pháp Monte – Carlo cải tiến...45	
2.3.2. Sơ đồ tính kết cấu bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến.....	46
2.4. Nhận xét chương 2	49
CHƯƠNG 3. PHƯƠNG PHÁP MONTE – CARLO CẢI TIẾN TRONG TÍNH TOÁN KẾT CẤU CÔNG TRÌNH NHÀ CHỊU ĐỘNG ĐẤT THEO TCVN 9386:2012 CÓ KÈ ĐẾN THAM SỐ MỜ CỦA TIÊU CHUẨN	50
3.1. Mở đầu.....	50

3.2. Phân loại và số hóa các đại lượng mờ trong tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn.....	50
3.2.1 . Các nguyên nhân sinh ra các đại lượng mờ trong tiêu chuẩn kháng chấn.....	50
3.2.1.1. Do bản chất ngẫu nhiên của vấn đề động đất	50
3.2.1.2. Do chủ quan của người thiết kế và người quản lý	51
3.2.2. Số hóa các đại lượng mờ chứa trong tiêu chuẩn.....	52
3.2.2.1. Các cách số hóa	55
3.2.2.2. Xác định hàm thuộc $\mu(x)$ của đại lượng mờ.....	55
3.2.2.3. Số hóa đại lượng mờ thứ cấp	57
3.2.2.4. Biến đổi tương đương về định lượng	58
3.2.2.5. Số hóa một số trường hợp đặc biệt.....	60
3.2.3. Xác định trọng số trong xử lý thống kê.....	62
3.2.3.1. Cơ sở khoa học của việc xác định trọng số	62
3.2.3.2. Xác định trọng số:	62
3.2.3.3. Xác định số lần thử và số số liệu thu được.....	63
3.3. Phân loại và số hóa các đại lượng ngẫu nhiên và mờ trong tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất TCVN 9386:2012.....	64
3.3.1. Phân loại và mờ hóa các đại lượng mờ trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012	64
3.3.2. Số hóa các tham số mờ trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012.....	68
3.4. Sơ đồ số tính kết cấu chịu động đất theo TCVN 9386:2012 có kể đến các tham số mờ của tiêu chuẩn bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến.....	76
3.5. Nhận xét chương 3	76
CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU, KHẢO SÁT SỰ LÀM VIỆC CỦA MỘT SỐ KẾT CẤU CÔNG TRÌNH NHÀ CHỊU ĐỘNG ĐẤT THEO TIÊU CHUẨN TCVN 9386:2012 BẰNG PHƯƠNG PHÁP MONTE - CARLO CẢI TIẾN VÀ PHƯƠNG PHÁP TẮT ĐỊNH HIỆN HÀNH, SO SÁNH VÀ ĐÁNH GIÁ.....	77
4.1. Khảo sát sự làm việc của kết cấu công trình nhà thấp tầng chịu tải trọng động đất .	77
4.1.1. Thiết lập mô hình tính nhà thấp tầng	77
4.1.2. Khảo sát sự làm việc kết cấu công trình nhà thấp tầng chịu tải trọng động đất bằng hai phương pháp tính toán tắt định hiện hành và tính toán theo Monte - Carlo cải tiến	77
4.1.2.1. Khảo sát sự làm việc nhà thấp tầng xây dựng trong các vùng chịu động đất khác nhau.....	77
4.1.2.2. Khảo sát sự làm việc nhà thấp tầng xây dựng trong một vùng chịu động đất.	90

4.1.2.3. Khảo sát sự làm việc trường hợp phân tích với mô hình đàn hồi và phi tuyến bằng phương pháp lịch sử thời gian theo dữ liệu hàm phổ tất định hiện hành và hàm phổ đặc trưng của phương pháp Monte – Carlo cải tiến	99
4.2. Khảo sát sự làm việc của kết cấu nhà cao tầng chịu tải trọng động đất.....	107
4.2.1. Thiết lập mô hình tính nhà cao tầng.....	107
4.2.2. Khảo sát sự làm việc kết cấu công trình nhà cao tầng chịu tải trọng động đất bằng hai phương pháp tính toán tất định hiện hành và tính toán theo Monte - Carlo cải tiến	107
4.2.2.1. Khảo sát sự làm việc kết cấu công trình nhà cao tầng xây dựng trong các vùng chịu động đất khác nhau	107
4.2.2.2. Khảo sát sự làm việc kết cấu công trình nhà cao tầng trong một vùng chịu ảnh hưởng động đất.....	117
4.3. Nhận xét chương 4.	131
KẾT LUẬN	132
DANH MỤC CÁC BÀI BÁO CỦA TÁC GIẢ	134
TÀI LIỆU THAM KHẢO	135
Tiếng Việt	135
Tiếng Nga	138
Tiếng Anh	138

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

MMC	Monte - Carlo cải tiến
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam
ĐLNN	Đại lượng ngẫu nhiên
SDOF	Single Degree of Freedom
A_{Ed}	Giá trị thiết kế của tác động động đất ($= \gamma_I \times A_{Ek}$)
A_{Ek}	Giá trị đặc trưng của tác động động đất đối với chu kỳ lặp tham chiếu
E_d	Giá trị thiết kế của các hệ quả tác động
N_{SPT}	Số nhát đập trong thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT)
P_{NCR}	Xác suất tham chiếu vượt quá trong 50 năm của tác động động đất tham chiếu đối với yêu cầu không sụp đổ
Q	Tác động thay đổi
S	Hệ số đất nền
$S_e(T)$	Phổ phản ứng gia tốc nền đàn hồi theo phương nằm ngang còn gọi là “phổ phản ứng đàn hồi”. Khi $T=0$, gia tốc phổ cho bởi phổ này bằng gia tốc nền thiết kế cho nền loại A nhân với hệ số đất nền S.
$S_{ve}(T)$	Phổ phản ứng gia tốc nền đàn hồi theo phương thẳng đứng
$S_{De}(T)$	Phổ phản ứng chuyển vị đàn hồi
$S_d(T)$	Phổ thiết kế (trong phân tích đàn hồi). Khi $T=0$, gia tốc phổ cho bởi phổ này bằng gia tốc nền thiết kế trên nền loại A nhân với hệ số đất nền S
T	Chu kỳ dao động của hệ tuyến tính một bậc tự do
T_s	Khoảng thời gian kéo dài dao động trong đó biên độ không nhỏ hơn 1/3 biên độ cực đại.
T_{NCR}	Chu kỳ lặp tham chiếu của tác động động đất tham chiếu theo yêu cầu không sụp đổ
a_{gR}	Đỉnh gia tốc nền tham chiếu trên nền loại A
a_g	Gia tốc nền thiết kế trên nền loại A
a_{vg}	Gia tốc nền thiết kế theo phương thẳng đứng

c_u	Cường độ chống cắt không thoát nước của đất nền
d_g	Chuyển vị nền thiết kế
g	Gia tốc trọng trường
q	Hệ số ứng xử
$v_{s,30}$	Giá trị trung bình của vận tốc truyền sóng cắt trong 30m phía trên của mặt cắt đất nền nơi có biến dạng cắt bằng hoặc thấp hơn 10-5.
γ_I	Hệ số tầm quan trọng
η	Hệ số hiệu chỉnh độ cản
ξ	Tỷ số cản nhớt tính bằng phần trăm
$\psi_{2,i}$	Hệ số tổ hợp cho giá trị được coi là lâu dài của tác động thay đổi i
$\psi_{E,i}$	Hệ số tổ hợp cho tác động thay đổi i, sử dụng khi xác định các hệ quả của tác động động đất thiết kế
EE	Hệ quả của tác động động đất
$EEdx$, $EEdy$	Giá trị thiết kế của các hệ quả tác động gây ra bởi các thành phần nằm ngang (x và y) của tác động động đất
$EEdz$	Giá trị thiết kế của các hệ quả tác động gây ra bởi thành phần thẳng đứng của tác động động đất
α	Tỷ số giữa gia tốc nền thiết kế và gia tốc trọng trường
Fi	Lực động đất theo phương nằm ngang tại tầng thứ i
Fa	Lực động đất theo phương nằm ngang tác động lên một bộ phận phi kết cấu
Fb	Lực cắt đáy
H	Chiều cao nhà kể từ móng hoặc từ đỉnh của phần cứng phía dưới
L_{max} , L_{min}	Kích thước lớn nhất và kích thước nhỏ nhất trên mặt bằng của ngôi nhà đo theo các phương vuông góc
R_d	Giá trị thiết kế của độ bền
S_a	Hệ số động đất của bộ phận phi kết cấu
T_I	Chu kỳ dao động cơ bản của công trình
T_a	Chu kỳ dao động cơ bản của bộ phận phi kết cấu
W_a	Trọng lượng của bộ phận phi kết cấu

d	Chuyển vị
d_r	Chuyển vị ngang thiết kế tương đối giữa các tầng
e_a	Độ lệch tâm ngẫu nhiên của khối lượng một tầng so với vị trí danh nghĩa của nó
h	Chiều cao tầng
m_i	Khối lượng tầng thứ i
n	Số tầng phía trên móng hoặc trên đỉnh của phần cứng phía dưới
q_a	Hệ số ứng xử của bộ phận phi kết cấu.
q_d	Hệ số ứng xử chuyển vị
S_i	Chuyển vị của khối lượng m_i trong dạng dao động cơ bản của công trình
Z_i	Chiều cao của khối lượng m_i phía trên cao trình đặt tác động động đất
γ_a	Hệ số tầm quan trọng của bộ phận phi kết cấu
γ_d	Hệ số vượt cường độ cho tấm cứng (đi-a-phắc)
θ	Hệ số độ nhạy của chuyển vị ngang tương đối giữa các tầng.

Danh mục các hình vẽ, đồ thị

Hình 1.1: Một số thiệt hại do động đất gây ra ở các nhà cao tầng	6
Hình 1.2: Một số thiệt hại do động đất gây ra ở Alaska và Nhật Bản năm 1964	6
Hình 1.3: Những hư hại chủ yếu trong nhà dân ở Sông Tranh, Quảng Nam năm 2012	6
Hình 1.4: Phổ phản ứng ($\zeta = 0, 2, 5, 10\%$) và các giá trị đỉnh của gia tốc, vận tốc và chuyển vị nền cho dao động nền El Centro 1940[94]	10
Hình 1.5: Phổ phản ứng cho dao động nền El Centro được thể hiện dưới dạng chuẩn hóa [94]	10
Hình 1.6: Phổ thiết kế của Mỹ và Nhật Bản [83]	14
Hình 1.7: Phổ phản ứng đàn hồi cho các loại nền đất từ A đến E (độ cản 5 %).	20
Hình 1.8: Sơ đồ khối tính khả năng chịu lực của kết cấu nhà chịu động đất	23
Hình 2.1: Hàm mật độ xác suất	33
Hình 2.2: Sơ đồ các bước tạo số giả ngẫu nhiên của một đại lượng ngẫu nhiên có phân phối bất kỳ	34
Hình 2.3: Sơ đồ phương pháp Monte – Carlo	36
Hình 2.4: Hàm phân phối $F_x(x)$	38
Hình 2.5: Hàm mật độ $f(x)$	38
Hình 2.6: Sơ đồ tính kết cấu bằng phương pháp Monte – Carlo	39
Hình 2.7: Biểu đồ hàm mật độ xác suất $f(x)$	42
Hình 2.8: Sơ đồ tính dầm	43
Hình 2.9: Hàm thuộc của đại lượng mờ ($\mu(x), \mu^*(x)$)	43
Hình 2.10: Hàm mật độ của đại lượng ngẫu nhiên	44
Hình 2.11: Sơ đồ so sánh phương pháp Monte – Carlo và phương pháp Monte – Carlo cải tiến	45
Hình 2.12: Sơ đồ phương pháp Monte – Carlo cải tiến	47
Hình 3.1: Các tham số trong trường hợp 1 chiều	52
Hình 3.2: Biểu diễn đại lượng mờ hóa	52
Hình 3.3: Hàm mật độ xác suất	55
Hình 3.4: Hàm thuộc tam giác	56

Hình 3.5: Hàm thuộc hình thang	56
Hình 3.6: Hàm thuộc hình chuông	56
Hình 3.7: Hàm thuộc bán vô hạn.....	57
Hình 3.8: Hàm thuộc $\mu(x)$	58
Hình 3.9: Hàm mật độ xác suất $f(x)$	58
Hình 3.10: Hàm thuộc tam giác $\mu(x)$	60
Hình 3.11: Hàm thuộc tron bất kỳ.....	60
Hình 3.12: Hàm mật độ $f(x)$ của biến ngẫu nhiên E và hàm thuộc $\mu(x)$ của biến mờ P	63
Hình 3.13: Hàm thuộc đại lượng mờ loại 1 hình chữ nhật.....	64
Hình 3.14: Hàm thuộc đại lượng mờ loại 1 hình thang.....	65
Hình 3.15: Hàm thuộc hình thang khoảng xác định là số ngẫu nhiên	65
Hình 3.16: Hàm thuộc đại lượng mờ loại 2, khoảng xác định x_0 duy nhất	65
Hình 3.17: Hàm thuộc loại 2, khoảng xác định x_0 không duy nhất.....	66
Hình 3.18: Hàm thuộc đại lượng mờ loại 3.....	66
Hình 3.19: Hàm thuộc đại lượng mờ loại 4.....	67
Hình 3.20a (phân vùng).....	68
Hình 3.20b (hàm thuộc).....	68
Hình 3.21. Hàm thuộc đại lượng mờ nhiều chiều	68
Hình 3.22: Biểu diễn hàm $F(x)$	69
Hình 3.23: Đồ thị hàm thuộc $\mu(q)$ với giá trị tin tưởng x_0	72
Hình 3.24: Đồ thị hàm thuộc $\mu(q)$ với giá trị tin tưởng là $a \leq q \leq 1,5$	73
Hình 3.25: Đồ thị hàm thuộc $\mu(q)$ với giá trị tin tưởng x_0	74
Hình 3.26: Đồ thị hàm thuộc a_{gR} quận Ba Đình.....	75
Hình 3.27: Đồ thị hàm thuộc $\mu^*(a_{gR})$ quận Ba Đình (hàm thuộc được biến đổi).	75
Hình 3.28: Sơ đồ tính kết cấu chịu động đất theo TCVN 9386:2012 có kể đến các tham số mờ của tiêu chuẩn bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến.....	76
Hình 4.1: Mặt bằng tầng 1 công trình Nhà văn hóa	78
Hình 4.2: Mô hình tính của công trình Nhà văn hóa.....	79

Hình 4.3: Biểu đồ Phổ thiết kế theo phương ngang phương án tính tất định hiện hành.....	80
Hình 4.4: Các biểu đồ hàm thuộc gốc và hàm thuộc được biến đổi của S, T_B, T_C	81
Hình 4.5: Các biểu đồ hàm thuộc gốc và hàm thuộc được biến đổi của a_g tại Mùòng Lay	81
Hình 4.6: Các biểu đồ hàm thuộc gốc và hàm thuộc được biến đổi của a_g tại Tuần Giáo	82
Hình 4.7: Các biểu đồ hàm thuộc gốc và hàm thuộc được biến đổi của a_g tại Ba Vì.....	82
Hình 4.8: Các biểu đồ hàm thuộc gốc và hàm thuộc được biến đổi của q	83
Hình 4.9: Biểu đồ các hàm phổ thiết kế tính động đất của các trường hợp khả dĩ	85
Hình 4.10: Hình nhập các trường hợp phổ khả dĩ vào phần mềm Etab v18.....	86
Hình 4.11: Nhập các trọng số của các trường hợp phổ giải mờ nội lực trong Etab v18....	87
Hình 4.12: Biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch của phản lực chân Nhà Văn hóa ở các địa điểm Mùòng Lay, Tuần Giáo và Ba Vì, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC	88
Hình 4.13: Biểu đồ chuyển vị phương x và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch của chuyển vị các tầng Nhà Văn hóa ở các địa điểm Mùòng Lay, Tuần Giáo và Ba Vì, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC	89
Hình 4.14: Biểu đồ chuyển vị phương y và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch của chuyển vị các tầng Nhà Văn hóa ở các địa điểm Mùòng Lay, Tuần Giáo và Ba Vì, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC	89
Hình 4.15: Biểu đồ tỷ lệ % lệch giá trị phản lực chân công nhà đều đặn trình giữa 2 phương pháp theo TCVN và MMC	93
Hình 4.16: Biểu đồ chuyển vị phương x,y và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch các phương x,y của chuyển vị các tầng nhà đều đặn, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC	94
Hình 4.17: Biểu đồ tỷ lệ % lệch giá trị phản lực chân công trình nhà không đều đặn giữa 2 phương pháp theo TCVN và MMC	98
Hình 4.18: Biểu đồ chuyển vị phương x,y và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch các phương x,y của chuyển vị các tầng nhà không đều đặn, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC.....	99
Hình 4.19: Mô hình 3D công trình Nhà Văn hóa.....	100
Hình 4.20: Khai báo dữ liệu động đất trong Etab trường hợp đàn hồi.....	101
Hình 4.21: Giá trị chuyển vị các trường hợp phân tích đàn hồi.....	101
Hình 4.22: Khai báo dữ liệu động đất trong Etab trường hợp phi tuyến	102

Hình 4.23: Giá trị chuyển vị các trường hợp phân tích phi tuyến.....	102
Hình 4.24: Khai báo dữ liệu động đất trong Etap trường hợp kể đến tường chèn.....	103
Hình 4.25 Gán Gap cho mô hình 3D.....	104
Hình 4.26: Giá trị chuyển vị các trường hợp phân tích phi tuyến có xét tường chèn	104
Hình 4.27: So sánh các giá trị chuyển vị, nội lực các trường hợp phân tích đàn hồi, phi tuyến, phi tuyến có xét tường chèn	106
Hình 4.28: Mặt bằng kết cấu tầng điển hình	107
Hình 4.29: Sơ đồ 3D công trình nhà chung cư cao tầng CT1	109
Hình 4.30: Biểu đồ các hàm phổ thiết kế tính động đất của các trường hợp khả dĩ	111
Hình 4.31: Hình nhập các trường hợp phổ khả dĩ vào phần mềm Etap v18.....	112
Hình 4.32: Nhập các trọng số của các trường hợp phổ giải mờ nội lực trong Etap v18..	113
Hình 4.33: Biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch của phản lực chân công trình CT1 ở các địa điểm Gia lâm-Hà Nội, Q10-HCM, Ngũ Hành Sơn-Đà Nẵng, Ngô Quyền-Hải Phòng giữa 2 phương pháp TCVN và MMC.....	115
Hình 4.34: Biểu đồ chuyển vị phương X và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch của chuyển vị các tầng công trình CT1 ở các địa điểm Gia lâm-Hà Nội, Q10-HCM, Ngũ Hành Sơn-Đà Nẵng, Ngô Quyền-Hải Phòng giữa 2 phương pháp TCVN và MMC.....	115
Hình 4.35: Biểu đồ chuyển vị phương Y và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch của chuyển vị các tầng công trình CT1 ở các địa điểm Gia lâm-Hà Nội, Q10-HCM, Ngũ Hành Sơn-Đà Nẵng, Ngô Quyền-Hải Phòng giữa 2 phương pháp TCVN và MMC.....	116
Hình 4.36: Biểu đồ tỷ lệ % lệch giá trị phản lực chân công trình nhà CT3 20T, CT3 30T, CT3 40T giữa 2 phương pháp theo TCVN và MMC	122
Hình 4.37: Biểu đồ chuyển vị phương x,y và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch các phương x,y của chuyển vị các tầng nhà CT3 20T, CT3 30T, CT3 40T, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC	123
Hình 4.38: Biểu đồ tỷ lệ % lệch giá trị phản lực chân công trình CT1, CT2, CT3 giữa 2 phương pháp theo TCVN và MMC	129
Hình 4.39: Biểu đồ chuyển vị phương x,y và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch các phương x,y của chuyển vị các tầng nhà đều đặn, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC	130

Danh mục các bảng

Bảng 1.1: Gia tốc cực đại a_{max} theo các thang MM, MSK 64, JMA, VÙNG.....	8
Bảng 2.1: Bảng số giả ngẫu nhiên trên $[0, 1]$	35
Bảng 2.2: Trọng số các điểm rời rạc của P mờ	43
Bảng 2.3: Trọng số các điểm rời rạc của đại lượng ngẫu nhiên E	44
Bảng 3.1: Các yêu cầu về phân loại tiết diện thép của cầu kiện có khả năng tiêu tán năng lượng theo cấp dẻo kết cấu và hệ số ứng xử đối với kết cấu thép.....	61
Bảng 3.2: Các loại công trình và giới hạn trên của hệ số ứng xử đối với kết cấu xây	61
Bảng 3.3: Giá trị các tham số mô tả phổ phản ứng đàn hồi trong TCVN 9386:2012	69
Bảng 3.4: Mờ hóa giá trị các tham số phổ phản ứng đàn hồi trong TCVN 9386:2012	70
Bảng 3.5: Hàm thuộc gốc và hàm thuộc được biến đổi	70
Bảng 3.6: Bảng tra hệ số ứng xử q_0 cho hệ có sự đều đặn theo mặt đứng.....	73
Bảng 3.7: Bảng gia tốc nền của quận Ba Đình – Hà Nội.....	74
Bảng 4.1: Các thông số tính tác động động đất công trình Nhà văn hóa.....	79
Bảng 4.2: Các thông số tính tác động động đất theo MMC công trình Nhà văn hóa	83
Bảng 4.3: Các tham số mờ của động đất theo phương ngang địa điểm tại Mường Lay	84
Bảng 4.4: Các thông số hàm Phổ thiết kế phương ngang tại Mường Lay.....	85
Bảng 4.5: Giá trị trọng số của các biến thứ cấp và các biến sơ cấp của các trường hợp phổ phản ứng	86
Bảng 4.6: Phản lực chân công trình Nhà Văn hóa tại Mường Lay theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	87
Bảng 4.7: Phản lực chân công trình Nhà Văn hóa tại Tuần Giáo theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	88
Bảng 4.8: Phản lực chân công trình Nhà Văn hóa tại Ba Vì theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	88
Bảng 4.9: Các thông số tính tác động động đất theo MMC nhà đều đặn	90
Bảng 4.10: Các thông số tính tác động động đất theo TCVN nhà đều đặn	92

Bảng 4.11: Phản lực chân công trình Nhà 4 tầng đều đặn theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	92
Bảng 4.12: Phản lực chân công trình Nhà 6 tầng đều đặn theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	93
Bảng 4.13: Phản lực chân công trình Nhà 8 tầng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	93
Bảng 4.14: Các thông số tính tác động động đất theo MMC công trình nhà không đều đặn	95
Bảng 4.15: Các thông số tính tác động động đất theo TCVN nhà đều đặn	97
Bảng 4.16: Phản lực chân công trình Nhà 4 tầng không đều đặn theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	97
Bảng 4.17: Phản lực chân công trình Nhà 6 tầng không đều đặn theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	98
Bảng 4.18: Phản lực chân công trình Nhà 8 tầng không đều đặn theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	98
Bảng 4.19: Kích thước độ rộng thanh tương đương	103
Bảng 4.20: Các thông số tất định theo phương pháp tất định hiện hành tác động động đất công trình CT1	108
Bảng 4.21: Các thông số tính tác động động đất theo MMC công trình CT1	109
Bảng 4.22: Các tham số mờ của động đất công trình CT1 theo phương ngang địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội	110
Bảng 4.23: Các thông số hàm Phổ thiết kế phương ngang công trình CT1 tại Gia Lâm, Hà Nội	111
Bảng 4.24: Giá trị trọng số của các biến thứ cấp và các biến sơ cấp của các trường hợp phổ phản ứng công trình CT1 địa điểm Gia Lâm, Hà Nội	112
Bảng 4.25: Phản lực chân công trình CT1 tại Gia Lâm, Hà Nội theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	113
Bảng 4.26: Phản lực chân công trình CT1 địa điểm tại Quận 10 TP Hồ Chí Minh theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	114
Bảng 4.27: Phản lực chân công trình CT1 địa điểm tại quận Ngũ Hành Sơn, Đà Nẵng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	114

Bảng 4.28: Phản lực chân công trình CT1 địa điểm tại quận Ngô Quyền, Hải Phòng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	114
Bảng 4.29: Các thông số tính tác động động đất theo MMC nhà CT3	117
Bảng 4.30: Các thông số tất định theo phương pháp tất định hiện hành tính tác động động đất công trình CT3 20T, CT3 30T, CT3 40T	120
Bảng 4.31: Phản lực chân công trình Nhà CT3 20 tầng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	121
Bảng 4.32: Phản lực chân công trình Nhà CT3 30 tầng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	121
Bảng 4.33: Phản lực chân công trình Nhà CT3 40 tầng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	122
Bảng 4.34: Các thông số tính tác động động đất theo MMC nhà đều đặn	124
Bảng 4.35: Các thông số tính tác động động đất theo phương pháp tất định hiện hành công trình CT1, CT2, CT3.....	127
Bảng 4.36: Phản lực chân công trình Nhà CT1 20 tầng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	128
Bảng 4.37: Phản lực chân công trình Nhà CT2 20 tầng đều đặn theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	128
Bảng 4.38: Phản lực chân công trình Nhà CT3 20 tầng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp	128

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Động đất là một dạng thiên tai rất nguy hiểm đối với con người và các công trình. Vì vậy, trong quá trình tồn tại và phát triển, con người luôn tìm cách ứng phó với động đất để bảo vệ sinh mạng, hạn chế thiệt hại, tạo điều kiện phục hồi và phát triển sau tai họa. Do đó yêu cầu về thiết kế kháng chấn cho các công trình xây dựng đã được quan tâm nghiên cứu. Cho đến nay, qua nhiều thời kỳ đã có nhiều tiêu chuẩn kháng chấn ra đời và được cải tiến nhiều lần. Cải tiến không chỉ thay đổi một số thủ tục trong quy định hay hệ số, mà còn thay đổi các quan niệm cơ bản. Mặc dù con người đã có những bước tiến trên con đường ứng phó với động đất, song vẫn phải ra quyết định trong trường hợp thiếu thông tin, dự báo chủ quan bởi vì hiện tượng động đất mang bản chất ngẫu nhiên, kể cả nguồn phát sinh, cường độ và sự lan truyền chấn động. Nhiều nguồn thông tin về động đất con người không biết chính xác. Đặc trưng bất định (uncertainty) của các thông tin về động đất đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu, song vẫn chưa đủ để ra quyết định chính xác. Quyết định trong điều kiện bất định là một thách thức lớn đối với con người.

Với bài toán đầu vào mang tính ngẫu nhiên và mờ qua thuật toán bất kỳ, đầu ra cũng mang tính ngẫu nhiên và mờ, bài toán về động đất cũng như vậy. Đó là lý do mà trong các tiêu chuẩn thiết kế có những điều là nguyên tắc (bắt buộc phải theo) và quy định (áp dụng theo nguyên tắc). Có nhiều điều của tiêu chuẩn thiết kế chỉ quy định phạm vi được lựa chọn hoặc quy định bằng lời (ngôn ngữ) có tính chất định tính không định lượng, còn giá trị cụ thể do người thiết kế chọn nên mang tính chủ quan. Trong thực tế nhiều trường hợp, các tham số lực động đất được chọn sao cho đem lại lợi ích nhiều nhất, theo ý riêng của chủ đầu tư hay người thiết kế. Vậy cần thiết phải đưa ra cách để người thiết kế có thể chọn một cách hợp lý nhất, thỏa mãn tiêu chuẩn ở mức cao nhất.

Mặt khác, trong những thập niên gần đây, các trận động đất xảy ra trên thế giới, không chỉ đã phá hoại các công trình nhà cao tầng, mà còn tàn phá các nhà thấp tầng, gây thiệt hại nặng nề về người và tài sản. Trước đây quan niệm cho rằng, đối với nhà thấp tầng chỉ cần cấu tạo kháng chấn là đủ, điều đó đúng song chưa đủ, vì cấu tạo kháng chấn là biện pháp quan trọng để nâng cao khả năng chịu động đất của công trình, song cấu tạo như thế nào? đến mức nào? thì phải tính toán. Tiêu chuẩn kháng chấn TCVN 9386:2012 của Việt Nam đã đề cập đến tính toán cho cả nhà cao tầng và thấp tầng. Phương pháp tính toán là chung chỉ khác nhau ở lấy các hệ số.

Việt Nam tuy không nằm trong vành đai lửa động đất của thế giới, nhưng vẫn bị ảnh hưởng do tồn tại nhiều đứt gãy như đứt gãy Điện Biên - Mường Lay, đứt gãy Sông Mã - Tuần Giáo - Lai Châu.... Đặc biệt là do biến đổi khí hậu và việc xây dựng các công trình thủy điện đang làm gia tăng mức độ nhạy cảm với động đất ở Việt Nam, nhiều trận động đất khá mạnh đã xảy ra.

Hiện nay Việt Nam đã ban hành TCVN 9386:2012 “Thiết kế công trình chịu động đất”. Song trong biến đổi khí hậu, điều kiện tự nhiên thay đổi về cơ bản, số liệu mới thiếu, số liệu cũ không đáng tin cậy và do cách mạng công nghiệp 4.0 đòi hỏi số hóa toàn bộ các hoạt động xã hội, vì vậy cần phải xem xét lại cách xác định các tham số, dữ liệu động đất, mô hình trong tính toán đáp ứng của kết cấu nhà chịu tác động động đất. Nghiên cứu tính toán đáp ứng của nhà cao tầng và thấp tầng được thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012, xét với các yếu tố mờ của các tham số thì phải số hóa các tham số mờ trong tiêu chuẩn.

Do đó luận án *“Nghiên cứu sự làm việc của kết cấu nhà xây dựng trong vùng chịu ảnh hưởng động đất ở Việt Nam bằng phương pháp Monte - Carlo cải tiến”* có ý nghĩa khoa học và thực tiễn trong tình hình mới hiện nay.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Nhận diện, phân loại và số hóa các tham số mờ của tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất TCVN 9386:2012, chuẩn bị đầu vào cho việc áp dụng phương pháp Monte – Carlo cải tiến.

- Nghiên cứu hoàn thiện và áp dụng phương pháp Monte – Carlo cải tiến trong tính toán kết cấu nhà chịu động đất theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012.

- Nghiên cứu khảo sát sự làm việc của một số kết cấu công trình nhà cao tầng và thấp tầng chịu động đất bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến và phương pháp tắt định hiện hành từ đó so sánh, đánh giá và rút ra nhận xét kiến nghị.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

a) Đối tượng nghiên cứu:

- Nhà cao tầng và thấp tầng chịu động đất ở Việt Nam.
- Các quy định mờ của TCVN 9386:2012.
- Thuật toán Monte – Carlo cải tiến để tính kết cấu nhà chịu động đất .

b) Phạm vi nghiên cứu:

- Số hóa các tham số mờ trong TCVN 9386:2012 với giả thiết các tham số độc lập.

- Áp dụng thuật toán Monte – Carlo cải tiến để tính kết cấu chịu động đất.

- Khảo sát tính toán nội lực và chuyển vị của hệ kết cấu chịu lực cho một số công trình nhà cao tầng và thấp tầng chịu động đất của Việt Nam với các tham số đầu vào là mờ và độc lập.

4. Phương pháp nghiên cứu

- Dùng lý thuyết tập mờ để mờ hóa các tham số mờ của tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất.

- Dùng phương pháp Monte - Carlo cải tiến để tính toán đáp ứng của công trình nhà chịu động đất.

- Dùng thuật toán đề xuất để tính toán thử nghiệm trên máy tính một số công trình hiện hữu, để so sánh và kiến nghị.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

- Số hóa các tham số mờ của tiêu chuẩn thiết kế chịu động đất TCVN 9386:2012 và tính toán đáp ứng của kết cấu chịu lực công trình nhà chịu động đất theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến là bài toán mới có ý nghĩa khoa học và thực tiễn rõ rệt.

- Công cụ xác xuất thống kê không thể giải các bài toán có biến mờ như bài toán tìm đáp ứng của kết cấu công trình nhà chịu động đất, nên việc nghiên cứu ứng dụng phương pháp Monte - Carlo cải tiến để giải các bài toán có đồng thời các loại biến: tiền định, ngẫu nhiên và mờ là cần thiết, có ý nghĩa khoa học.

- Nhận diện, phân loại, số hóa tham số mờ trong tiêu chuẩn động đất bằng cách xây dựng các hàm thuộc trên cơ sở kỹ thuật.

- Giảm thiểu bớt những quyết định chủ quan, không hợp lý của người thiết kế và góp phần tự động hóa thiết kế kết cấu chịu động đất.

6. Bố cục của luận án

Luận án gồm có 4 chương không kể phần mở đầu và kết luận chung của luận án, danh mục các tài liệu tham khảo và phụ lục kèm theo.

Phần mở đầu, trình bày lý do chọn đề tài, mục tiêu nghiên cứu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu, ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài, bố cục của luận án, các kết quả mới của luận án.

Chương 1, Tổng quan về nghiên cứu công trình nhà chịu động đất.

Trình bày về động đất và tác động của động đất lên công trình nhà, một số đại lượng đặc trưng của động đất trong tính toán công trình nhà, tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn thế giới và Việt Nam, các tham số trong tiêu chuẩn thiết kế. Các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước về phân tích mờ kết cấu nói chung và động đất

nói riêng, những vấn đề tồn tại, các nhận xét rút ra từ tổng quan và hướng nghiên cứu của luận án.

Chương 2, Phương pháp Monte - Carlo và phương pháp Monte - Carlo cải tiến trong tính toán kết cấu.

Trình bày về tính toán kết cấu bằng phương pháp Monte – Carlo với tham số đầu vào ngẫu nhiên, tính toán kết cấu bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến với các biến đầu vào ngẫu nhiên và mờ, nhận xét chương 2.

Chương 3, Phương pháp Monte - Carlo cải tiến trong tính toán kết cấu công trình nhà chịu động đất theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 có kể đến tham số mờ của tiêu chuẩn.

Trình bày về phân loại và số hóa các đại lượng mờ của tiêu chuẩn thiết kế động đất TCVN 9386:2012 (6 loại tham số mờ đã được số hóa), sơ đồ tính kết cấu chịu động đất theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 có kể đến các tham số mờ của tiêu chuẩn bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến, nhận xét chương 3.

Chương 4, Nghiên cứu, khảo sát sự làm việc của một số kết cấu công trình nhà chịu động đất theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 bằng phương pháp Monte - Carlo cải tiến và phương pháp tất định hiện hành, so sánh và đánh giá, cụ thể là:

Khảo sát tính toán một số dạng công trình nhà (thấp tầng và cao tầng) chịu động đất ở các vùng khác nhau của Việt Nam bằng hai phương pháp, tính toán tất định hiện hành và tính toán theo phương pháp Monte - Carlo cải tiến, so sánh, đánh giá và nhận xét chương 4.

Kết luận chung: Trình bày các kết quả chính, những đóng góp mới của luận án và các kiến nghị.

Tài liệu tham khảo.

7. Các kết quả mới của luận án

- Nhận diện, phân loại các tham số mờ trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012.
- Số hóa các tham số mờ bằng cách mờ hóa và biến đổi tương đương về định lượng giữa tham số mờ và các tham số khác.
- Bổ sung và hoàn thiện thuật toán phân tích mờ kết cấu để tính toán kết cấu nhà chịu động đất có chứa 3 loại tham số: tất định, ngẫu nhiên và mờ.
- Tính toán theo thuật toán đề nghị và với thuật toán tất định hiện hành cho một số công trình tại các vùng khác nhau ở Việt Nam để so sánh, đánh giá và kiến nghị.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU CÔNG TRÌNH NHÀ CHỊU ĐỘNG ĐẤT

1.1. Động đất và tác động của động đất lên công trình nhà

1.1.1. Động đất và ảnh hưởng của động đất lên kết cấu

Động đất là hiện tượng dao động của nền đất xảy ra khi có một nguồn năng lượng lớn được giải phóng trong một thời gian ngắn do sự dịch chuyển cục bộ của các mảng kiến tạo tạo nên vỏ trái đất hoặc do một số nguyên nhân khác như nổ hạt nhân, núi lửa,... [1,2]. Các yếu tố được quan tâm của một trận động đất là cường độ (magnitude), độ lớn (intensity), chuyển vị, vận tốc và gia tốc của đất nền theo thời gian. Cường độ được định nghĩa và phân loại tùy thuộc vào sự tàn phá của nó đối với các công trình cũng như cảm giác của con người. Độ lớn thì phụ thuộc vào năng lượng phát sinh từ chấn tiêu. Chuyển vị, vận tốc hay gia tốc dịch chuyển của đất nền, ký hiệu lần lượt là $u_g(t)$, $\dot{u}_g(t)$, $\ddot{u}_g(t)$. Đây là các yếu tố mà các nhà nghiên cứu hay thiết kế kết cấu công trình quan tâm hơn cả vì nó thay thế cho tác động của động đất lên kết cấu [94].

Hầu hết các trận động đất xảy ra dọc theo ranh giới mảng hoặc ở các khu vực khác của vỏ Trái Đất bị dịch chuyển do quá trình kiến tạo địa chất. Thông thường các trận động đất trong tương lai rất có thể xảy ra trên các vị trí đã va chạm giữa các mảng của vỏ Trái Đất khi dịch chuyển tại ranh giới mảng. Tuy nhiên, do bề mặt trái đất có thể thay đổi theo thời gian và đôi khi vị trí va chạm mới được tạo ra (trong biến đổi khí hậu, băng bắc cực tan v.v...). Vì vậy bản đồ động đất có thể thay đổi, có chỗ động đất mạnh lên có chỗ yếu đi [12]

1.1.2. Những tác động của động đất đối với công trình nhà

Trên thế giới theo số liệu thống kê về sự kiện động đất trên trang <https://www.usgs.gov> có nhiều trận động đất mạnh, như trận động đất được ghi nhận ở Mỹ là 9,2 độ richter xảy ra tại Prince William Sound, Alaska, ngày 28/3/1964. Trận động đất lớn nhất thế giới được ghi nhận có cường độ 9,5 độ Richter tại Chile vào ngày 22/5/1960.v.v.... Ước tính có 500.000 trận động đất trên thế giới mỗi năm, 100.000 trận có thể được cảm nhận và 100 trận gây ra thiệt hại.

Các trận động đất đã ảnh hưởng lớn đến các công trình nhà, ví dụ: Trận động đất cường độ 8,1 độ richter năm 1985, Mexico City cách tâm chấn khoảng 320 km vẫn bị ảnh hưởng lớn do sự cộng hưởng đặc biệt của sóng địa chấn với 412 tòa nhà bị sập, 3.124 tòa nhà bị hư hại. Trận động đất năm 2005 ở Jammu & Kashmir Ấn Độ cường độ 7,4 độ Richter phá hủy 28.939 tòa nhà, 83.616 nhà bị hư hại. Tại Tứ Xuyên, Trung Quốc năm 2013 trận động đất cường độ 7 độ richter gây 616.700 nhà bị sụp đổ hoặc hư hại.

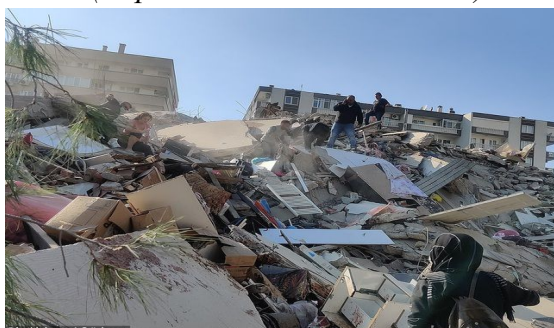
- Một số hình ảnh tác động của động đất lên nhà cao tầng



a) Trận động đất 8,1 độ Richter gây đổ khu Pino Suárez, TP Mexico ngày 19/9/ 1985. (<https://www.britannica.com>)



b) Trận động đất 6,4 độ Richter gây đổ nhà ở Hualien, miền đông Taiwan, ngày 7/2/2018 (<https://abcnews.go.com>)



c) Trận động đất 7 độ Richter tại Aegean gây sập nhà tại Izmir, Thổ Nhĩ Kỳ ngày 30/10/2020. (<https://baoquoc.vn>)



d) Trận động đất 6,5 độ Richter gây đổ nhà tại Kidapawan, Cotabato, đảo Mindanao Philippines ngày 31/10/2019.

Hình 1.1: Một số thiệt hại do động đất gây ra ở các nhà cao tầng

- Một số hình ảnh tác động của động đất lên nhà thấp tầng



a, Động đất ở Anchorage, Alaska



b, Động đất ở Nigata, Nhật Bản năm 1964

Hình 1.2: Một số thiệt hại do động đất gây ra ở Alaska và Nhật Bản năm 1964



Hình 1.3: Những hư hại chủ yếu trong nhà dân ở Sông Tranh, Quảng Nam năm 2012

1.2. Một số đại lượng đặc trưng của động đất trong tính toán công trình nhà

Những đại lượng đặc trưng được quy định trong tính toán công trình nhà chịu động đất gồm các tham số cơ bản sau:

1.2.1. Gia tốc cực đại

Gia tốc cực đại là đại lượng chủ yếu nhất được dùng trong các tiêu chuẩn xây dựng kháng chấn hiện nay, việc xác định chính xác gia tốc cực đại ở một điểm nào đó gặp nhiều khó khăn vì thiếu băng ghi gia tốc động đất mạnh và tính đa dạng của dao động địa chấn. Thông thường, người ta phải sử dụng các băng ghi gia tốc dao động nền đất đã có để thiết lập mối tương quan thống kê giữa gia tốc cực đại trung bình và các đặc trưng khác của động đất, các kết quả nghiên cứu cho thấy mối quan hệ này phụ thuộc vào nhiều khu vực động đất và nguồn số liệu đo được trong các trận động đất. Dưới đây là một số kết quả nghiên cứu đã được sử dụng rộng rãi và đã được chuyển hóa thành các thang cấp động đất quốc tế.

Donovan (1973) đã biểu diễn mối tương quan giữa gia tốc cực đại trung bình với Magnitude của động đất và khoảng cách chấn tiêu theo công thức (1.2), công thức này hiện được sử dụng rộng rãi nhất:

$$a_{\max} = \frac{1320e^{0,58M}}{(R + 25)^{1,52}} (cm / s^2) \quad (1.2)$$

Trong đó: $a_{\max}$ là gia tốc cực đại trung bình đo bằng cm/s^2 ; M - Magnitude của động đất; R - Khoảng cách chấn tiêu đo bằng km.

Một điểm cần lưu ý trong công thức này là ở vùng gần chấn tâm ($R \leq 15 - 20$ km) người ta không thấy sự phụ thuộc rõ ràng của $a_{\max}$ vào M và R cho nên cần phải thận trọng khi sử dụng công thức trên để đánh giá $a_{\max}$.

Tương quan giữa $a_{\max}$ với cấp động đất đánh giá theo các thang khác nhau cũng được nghiên cứu. Kết quả nhận được cho thấy $a_{\max}$ thay đổi rất lớn trong phạm vi một cấp. Gia tốc cực đại trung bình $a_{\max}$ ứng với các vùng và các cấp theo thang MM, MSK-64, JMA, Nga (Liên xô cũ), Mỹ và Nhật được nêu trong bảng 1.1. Việc phân cấp, độ, vùng động đất của các thang trên dựa vào kết quả thực nghiệm bằng máy đo địa chấn tại các vùng lãnh thổ. Việc thiết lập mối quan hệ giữa gia tốc nền đất (a) với hậu quả của nó gây ra do động đất là rất khó chính xác, vì có quá nhiều yếu tố can thiệp như: loại và chất lượng công trình, độ dài thời

gian xảy ra động đất, trạng thái tự nhiên của nền đất. Trong thực tế, cùng một gia tốc chuyển động nền, nhưng hậu quả lại khác nhau với từng loại công trình, đánh giá tác động của động đất cần xem xét đến chu kỳ trội của nền đất và quan hệ của nó với chu kỳ dao động công trình. Để đánh giá mức độ ảnh hưởng của động đất lên công trình trong tiêu chuẩn kháng chấn tham số a_{max} còn được nhân với hệ số tầm quan trọng công trình (γ_I) tùy theo các loại công trình xét với tầm quan trọng bảo vệ con người khỏi thảm họa động đất.

Bảng 1.1: Gia tốc cực đại a_{max} theo các thang MM, MSK 64, JMA, VÙNG

Thang MM		Vùng (theo tiêu chuẩn Mỹ)	
Cấp động đất	a_{max}	Vùng động đất	a_{max}
4	0,015g - 0,02g		
5	0,03g- 0,04 g	1	0,03g -0,07g
6	0,06g- 0,07g		
7	0.10g- 0,15g	2A, 2B	0,07g - 0,24 g
8	0,25g- 0,30g	3	0,25g - 0,30g
9	0,50g- 0,55g	4	> 0,50g
10	> 0,6g		

Thang MSK - 64		Thang JMA	
Cấp động đất	a_{max}	Độ động đất	a_{max}
4		4	0,025g - 0,08g
5		5	0,08g - 0,25g
6	0,03g - 0,06g	6	0,58g
7	0,06g-0,12g	7	0,80g
8	0,12g-0,24g		
9	0,24g - 0,48g		

Trong đó: g - gia tốc trọng trường bằng $9,81\text{m/s}^2$

1.2.2. Chuyển động của nền đất khi xảy ra động đất

Khi động đất xảy ra, các phần tử môi trường bị kích động và chuyển động theo một quỹ đạo rất phức tạp trong không gian và thời gian. Gia tốc, vận tốc chuyển vị của nó thay đổi nhanh chóng trong một giải tần rộng. Chuyển động của nền đất được đo và ghi lại dưới dạng các đồ thị nhờ các địa chấn kế. Từ các đồ thị ta thấy chuyển động của nền đất rất phức tạp và không đều.

Chuyển động của các trận động đất khác nhau cũng rất khác nhau. Người ta gọi đó là thể hiện của một quá trình ngẫu nhiên, mà không biết rõ các đặc trưng bằng số của nó. Điều đó gây ra rất nhiều khó khăn cho việc xác định chuyển động

của nền đất. Trong tình huống đó, con người bằng tri thức khoa học của mình đã tìm ra một con đường khác để giải quyết vấn đề.

Thấy rằng, trong thiết kế công trình chịu động đất (cũng như các tai họa thiên nhiên khác), không nhất thiết phải biết một cách chính xác chuyển động nền đất theo lịch sử thời gian mà chỉ cần biết một số đặc trưng cơ bản của nó. Bản chất của mối quan hệ này cũng giống như việc xác định các đại lượng hay quá trình ngẫu nhiên, đó là người ta không tìm mọi thể hiện của nó theo thời gian mà theo các đặc trưng bằng số của nó.

Ngoài ra còn có các nghiên cứu phân tích về các hệ số đất nền khi kể đến hiện tượng cộng hưởng của nền đất như nghiên cứu của Nguyễn Thế Độ (2003): Nghiên cứu hợp lý hóa phản ứng của kết cấu nhà cao tầng chịu tải trọng động đất ở khu vực Hà Nội. Luận án tiến sĩ kỹ thuật – Viện Khoa học công nghệ xây dựng [36].

1.2.3. Phổ phản ứng trong tính toán động đất

Khái niệm phổ phản ứng (response spectrum) được giới thiệu đầu tiên vào năm 1932 bởi Biot M.A. Sau đó Housner tiếp tục nghiên cứu phát triển và sử dụng như một phương tiện hữu hiệu để đánh giá ảnh hưởng của dao động nền lên kết cấu công trình [93].

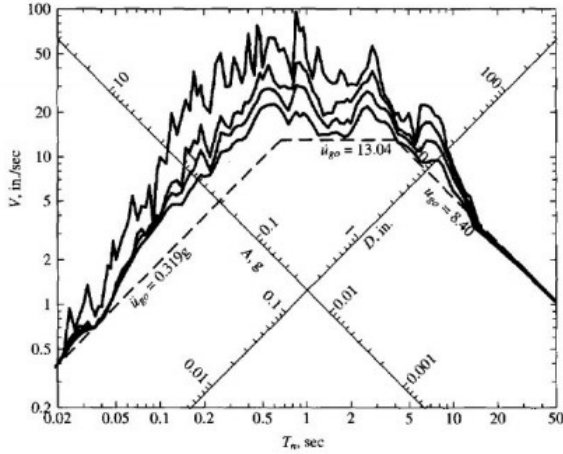
Phản ứng của kết cấu đáp ứng lại các chuyển động đất nền của các trận động đất với cường độ lớn có thể được tiếp cận theo hai phương pháp khác nhau. Phương pháp thứ nhất là xây dựng mô hình một kết cấu và tính toán chính xác phản ứng động với giả thiết chuyển động của nền móng, phương pháp này được sử dụng cho các bước thiết kế cuối của các kết cấu quan trọng. Phương pháp thứ hai – phương pháp gần đúng, được hình thành mà cho phép tách riêng các đặc trưng của kết cấu riêng biệt từ các chuyển động đất nền và động đất thông qua phổ phản ứng. Các cách tiếp cận này đã được đưa vào tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn để thiết kế kết cấu công trình đáp ứng tác động của động đất.

Biểu đồ các giá trị đỉnh của một đại lượng phản ứng như một hàm của chu kỳ dao động tự do T_n hoặc các tham số liên quan như tần số góc ω_n hay tần số lặp f_n được gọi là phổ phản ứng của đại lượng đó. Mỗi biểu đồ cho các hệ SDOF (Single Degree of Freedom) tương ứng với một hệ số độ cản ζ cố định và tổng hợp tất cả các biểu đồ với các giá trị khác nhau của ζ sẽ cho chúng ta các phổ phản ứng của các dạng kết cấu khác nhau trong thực tế. Các loại phổ phản ứng khác nhau được định nghĩa theo đại lượng phản ứng và được biểu diễn như sau:

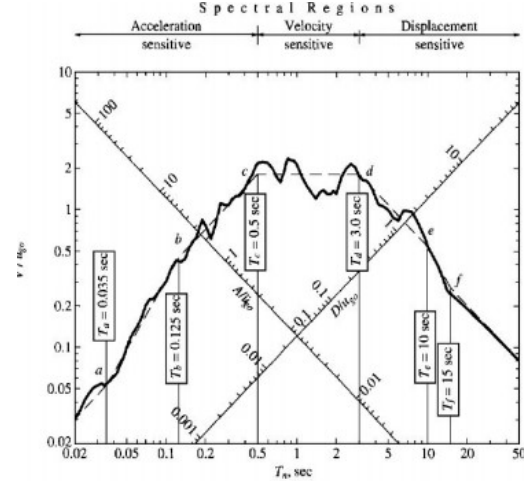
$$u_0(T_n, \zeta) = \max_t |u(t, T_n, \zeta)|; \dot{u}_0(T_n, \zeta) = \max_t |\dot{u}(t, T_n, \zeta)|; \ddot{u}_0(T_n, \zeta) = \max_t |\ddot{u}(t, T_n, \zeta)| \quad (1.3)$$

Phổ phản ứng chuyển vị là biểu đồ của u_0 với chu kỳ T_n với một giá trị cố định ζ . Biểu đồ tương tự như vậy với $\dot{u}_0$ là phổ phản ứng vận tốc tương đối và biểu đồ với $\ddot{u}_0$ là phổ phản ứng gia tốc.

Đặc trưng của phổ phản ứng:



Hình 1.4: Phổ phản ứng ($\zeta = 0, 2, 5, 10\%$) và các giá trị đỉnh của gia tốc, vận tốc và chuyển vị nền cho dao động nền El Centro 1940[94]



Hình 1.5: Phổ phản ứng cho dao động nền El Centro được thể hiện dưới dạng chuẩn hóa [94]

Hình 1.5 thể hiện một trong các đường cong phổ, cho hệ có hệ số độ cản $\zeta = 5\%$. Dựa vào hình 1.4 tới hình 1.5, ta thấy các phổ phản ứng cho nhiều loại chu kỳ dao động tự nhiên khác nhau được tách biệt tại các giá trị chu kỳ ở a, b, c, d, e và f: $T_a = 0.035s$, $T_b = 0.125s$, $T_c = 0.5s$, $T_d = 3s$, $T_e = 10s$ và $T_f = 15s$. Chúng phụ thuộc vào giá trị hệ số độ cản ζ của hệ SDOF. Đối với những hệ có chu kỳ nhỏ hơn so với T_a , gia tốc giả A cho mọi hệ số cản ζ gần như bằng với gia tốc đỉnh của dao động nền $\ddot{u}_{g0}$ và chuyển vị phổ D rất nhỏ.

Thông thường, các phổ lý tưởng trong hình 1.5 không thể sát với phổ thực tế. Điều này có thể chưa rõ ràng, tuy nhiên nó sẽ rõ ràng hơn nếu chúng ta để ý rằng các tung độ trong phổ trên là ở dạng logarit. Hơn nữa ta sẽ nhận thấy rằng lợi ích lớn nhất của phổ lý tưởng là để xây dựng một phổ thiết kế có thể đại diện cho nhiều dao động nền. Các giá trị chu kỳ, liên quan tới các điểm T_a , T_b , T_c , T_d , T_e , T_f và các hệ số biên độ cho các đoạn b-c, c-d và d-e không phải là duy nhất với ý nghĩa rằng chúng thay đổi từ một dao động nền này sang dao động nền khác. Một số sự thay đổi trong các tham số này phản ánh sự khác biệt về xác suất vốn có mà tồn tại trong các dao động nền thậm chí chúng được ghi lại dưới các điều kiện như nhau: độ lớn của động đất, khoảng cách từ vùng tới nguồn phát sinh động đất, các điều kiện địa chất cục bộ. Nếu điều kiện ghi lại các dao động nền này khác nhau thì sự khác biệt này còn lớn hơn rất nhiều. Tuy nhiên, nhiều nhà nghiên cứu đã kết

luận rằng, khuynh hướng phản ứng được phân biệt trước từ ba vùng trong một phổ phản ứng thường là hợp lý cho các vùng phổ tương ứng của các dao động nền khác nhau [93, 94].

Quá trình xây dựng phổ dựa trên việc giải phương trình dao động của các hệ SDOF chịu tải trọng động đất là các gia tốc nền theo thời gian. Công cụ để giải phương trình vi phân dao động là phương pháp số Newmark. Phổ phản ứng đàn hồi là phổ rằng cưa thể hiện các giá trị phản ứng đỉnh của mọi kết cấu dưới tác dụng của một dao động nền [37]. Phổ phản ứng đàn hồi là công cụ chính giúp xây dựng phổ thiết kế đàn hồi trong các tiêu chuẩn kháng chấn, hướng dẫn tính toán công trình chịu tác dụng động đất của các nước.

1.3. Tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn thế giới và Việt Nam, các tham số trong tiêu chuẩn thiết kế

1.3.1. Tiêu chuẩn kháng chấn thế giới và các tham số trong tiêu chuẩn thiết kế các nước

1.3.1.1. Hệ thống tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn một số nước

Ở Nga, Quy chuẩn và Tiêu chuẩn xây dựng SNiP II-7-81* “Xây dựng trong các vùng có động đất” đã được thực hiện sửa đổi trong các năm 2011, 2013, 2014, 2016 và 2018. Tuy nhiên, các biểu đồ mô tả các tác động động đất và điều kiện đất nền trong các lần sửa đổi không khác nhau nhiều so với các tài liệu của những năm 1980, trong khi những nội dung liên quan đến mô tả các hệ số của phổ phản ứng thì trở nên đơn giản hơn đáng kể.

Ở Mỹ, Bộ Tiêu chuẩn xây dựng Quốc tế (IBC) 2012 là bộ tiêu chuẩn xây dựng hiện áp dụng cho hầu hết các tiểu bang. IBC tham chiếu tiêu chuẩn 7 của Hiệp hội Kỹ thuật Xây dựng Mỹ, Tải trọng thiết kế tối thiểu cho các công trình xây dựng và các kết cấu khác (ASCE, 2010) và các quy định về vật liệu cụ thể khác như các điều khoản thiết kế động đất bao gồm một số sửa đổi hoặc điều chỉnh.

Bộ tiêu chuẩn về thiết kế công trình động đất của Trung Quốc GB 50011-2010 là tài liệu độc lập bao gồm hầu hết các yêu cầu thiết kế động đất cần thiết cho các công trình xây dựng.

Ở Nhật Bản, kể từ khi tiêu chuẩn động đất đầu tiên vào năm 1924, các quy định về thiết kế động đất đã được sửa đổi đáng kể vào năm 1981 và 2000 (Kuramoto, 2006). Lần sửa đổi lớn vào năm 1981 là sự ra đời của quy trình thiết kế động đất hai giai đoạn. Các phương pháp và yêu cầu về động đất dựa trên hiệu suất đã được đưa vào tiêu chuẩn động đất Nhật Bản phiên bản 2000 (BSL), nhưng đồng thời các quy định về thiết kế động đất trước đây vẫn được giữ lại như một

giải pháp thay thế. Vì vậy các quy định về động đất vào năm 1981 vẫn được sử dụng vào thiết kế ở Nhật Bản.

Theo danh mục tiêu chuẩn động đất của các nước trên thế giới do Hội Địa chấn quốc tế sưu tập tại trang web <http://www.iaee.or.jp> gồm có 44 tiêu chuẩn của các nước trên thế giới. Ngoài các tiêu chuẩn nói trên có tiêu chuẩn động đất khu vực như tiêu chuẩn động đất Châu Âu (Eurocode 8) và tiêu chuẩn một số nước không tham gia hiệp hội.

Như vậy vấn đề thiết kế công trình an toàn khi động đất đã được nhiều nước quan tâm, nghiên cứu và ban hành thành các tiêu chuẩn để áp dụng.

1.3.1.2. Quy trình phân tích kết cấu theo các tiêu chuẩn kháng chấn

Các nghiên cứu từ năm 1906 sau trận động đất ở San Francisco. Năm 1915, giáo sư Sano người Nhật đưa ra khái niệm “độ chấn” để lượng hóa độ lớn của động đất, lực động đất tác dụng lên công trình được xác định: $F = R.W$ (trong đó: R là “độ chấn”, W là trọng lượng của công trình). Sau trận động đất Kanto xảy ra (năm 1924), khái niệm “độ chấn” được đưa vào tiêu chuẩn của Nhật Bản, đồng thời quy định $R=0,1$. Quy định tương tự cũng được sử dụng trong phiên bản đầu tiên của tiêu chuẩn UBC năm 1927. Sau trận động đất Long Beach năm 1933 và động đất Elcentro năm 1940 ở Mỹ, lần đầu tiên con người đã thu được một số giản đồ gia tốc động đất mạnh quan trọng. Trên cơ sở những sóng động đất và số liệu dao động của công trình có được, một số học giả của Mỹ đưa ra lý thuyết phổ phản ứng. Năm 1956, San Francisco đưa ra quy định mới về thiết kế kháng chấn trên cơ sở lý thuyết phổ phản ứng, thiết lập quan hệ giữa chu kỳ dao động, tỷ số cản với tổng lực cắt ở chân công trình. Sau đó, các nghiên cứu tiếp theo ở một số nước dẫn đến việc hình thành phương pháp thiết kế kháng chấn được phổ biến chấp thuận trên khắp thế giới.

Khả năng chịu lực của cấu kiện kết cấu được tiến hành thiết kế dựa theo nội lực được tổ hợp giữa tải trọng khác và tác dụng của động đất xác định bằng phương pháp phổ phản ứng thông qua phân tích đàn hồi. Sau đó, xét đến cơ chế dẻo hợp lý của kết cấu và yêu cầu về biến dạng phi tuyến để đưa ra các giải pháp kháng chấn (bao gồm điều chỉnh nội lực và biện pháp cấu tạo) ứng với các yêu cầu về độ dẻo thiết kế. Một số dạng kết cấu còn phải tính toán ứng xử dưới tác dụng của động đất mạnh để kiểm tra chuyển vị không vượt quá giá trị cho phép cho trong tiêu chuẩn. Đây chính là một trong những nội dung quan trọng của nguyên

lý thiết kế gần đúng theo phương pháp phổ thiết kế và đây cũng là cơ sở cho việc giảm độ lớn của tác dụng động đất từ phổ phản ứng đàn hồi thành phổ thiết kế.

Đối với phân tích kết cấu công trình càng phức tạp và nguy cơ động đất càng lớn, thì việc phân tích càng nghiêm ngặt càng cần được thực hiện. Quy trình phân tích Tiêu chuẩn Mỹ ASCE-7 dựa trên hạng mục thiết kế động đất và mô hình công trình. Tiêu chuẩn Trung Quốc GB 50011 yêu cầu quy trình phân tích phải được dựa trên các đặc tính động lực học, chiều cao của công trình, tính thường xuyên và nguy cơ động đất. Tiêu chuẩn động đất của Nhật Bản, cần thực hiện thiết kế hai pha, lúc đầu, một công trình được phân loại là nhóm từ 1 đến 4 dựa trên chiều cao của công trình và sau đó, thiết kế phi tuyến được lựa chọn dựa trên nhóm công trình. Tiêu chuẩn Nga SP.1330.2018 thông thường lựa chọn dựa trên các đặc tính động lực học.

Hiện nay, trong các tiêu chuẩn kháng chấn trên thế giới ASCE 2010, EUROCODE 8 và BSL 2000, có hai phương pháp phân tích cho thiết kế kháng chấn thường dùng: bao gồm phương pháp tĩnh (tuyến tính hoặc phi tuyến) và phương pháp động (phân tích phổ phản ứng hoặc phân tích lịch sử thời gian). Tiêu chuẩn động đất của Nhật Bản thiết kế giai đoạn đầu là thiết kế ứng suất cho phép và kết cấu phản ứng đàn hồi nên mọi phân tích tuyến tính. Đối với thiết kế giai đoạn hai, khi cần kiểm tra cường độ vượt mức của hệ thống, thường cần phải phân tích động hoặc tĩnh phi tuyến (phân tích lịch sử thời gian hoặc phi tuyến).

1.3.1.3. Các tham số trong tiêu chuẩn thiết kế các nước

Trong phương pháp phân tích phổ phản ứng việc xác định các tham số để phân tích phản ứng thiết kế đóng vai trò quan trọng.

- Phổ đàn hồi thiết kế:

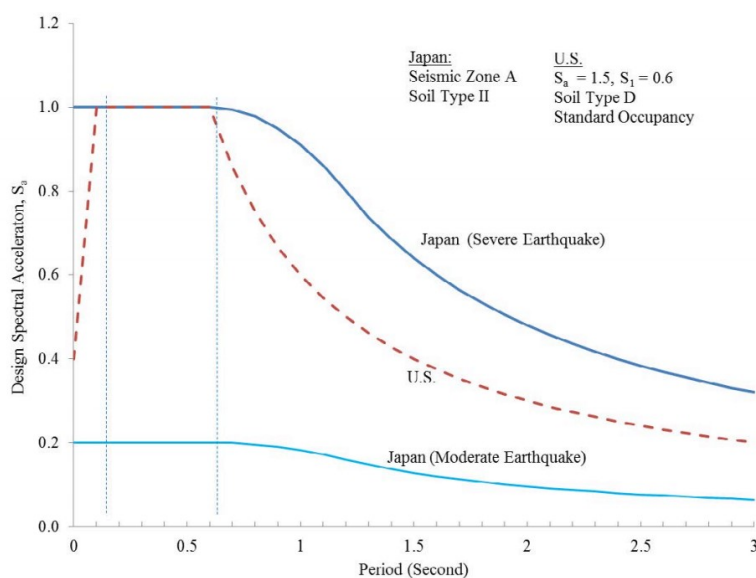
Phổ đàn hồi thiết kế do IBC 2012 quy định. Điểm T_s ($T_s = S_{DI}/S_{DS}$) tương ứng với chu kỳ phân chia phạm vi chu kỳ ngắn và phạm vi dài hạn. Các điểm T_0 tương đương với 20% giá trị của T_s . T_L là chu kỳ tiếp theo đánh dấu sự chuyển tiếp giữa chu kỳ đỉnh gia tốc cực đại và chu kỳ dao động kéo dài đến 10s. [82].

Tiêu chuẩn động đất của Trung Quốc chỉ định đường cong hệ số ảnh hưởng động đất (α) có thể so sánh với phổ phản ứng, đường cong biểu thị hai mức độ nguy hiểm động đất, động đất thường xuyên hoặc động đất hiếm gặp phụ thuộc vào giá trị của α_{max} (hệ số ảnh hưởng động đất lớn nhất). Lực thiết kế động đất được xác định dựa trên α_{max} , đối với động đất thường xuyên nhân với hệ số tải trọng 1,3. Đặc trưng của phổ phản ứng, T_g là khoảng thời gian xảy ra sự chuyển đổi sang phạm vi chu kỳ dài. $T = 5T_g$ là điểm tương ứng với chu kỳ chia mối quan hệ phi tuyến (giữa α và T) và quan hệ tuyến tính. [87].

Tiêu chuẩn động đất Eurocode 8 có nêu hệ số ảnh hưởng động đất khi xét tầm quan trọng công trình. Khi đó tham số gia tốc nền a_g cần được nhân hệ số γ_I với các giá trị: 0,8 đối với công trình tầm quan trọng nhỏ, 1,0 với các công trình bình thường, 1,2 đối với công trình có tầm quan trọng trong việc bảo vệ con người như cơ quan văn hóa, trường học.v.v..., 1,4 đối với công trình rất quan trọng cần tính vện toàn để bảo vệ con người như bệnh viện, trường học, nhà máy điện.v.v..

Trong tiêu chuẩn động đất Nhật Bản, hệ số phổ thiết kế (R , đường cong) có thể so sánh với phổ phản ứng. Phổ đáp ứng thiết kế có thể được xây dựng bằng cách nhân hệ số phổ thiết kế hệ số R , với hệ số vùng động đất Z và hệ số cắt tiêu chuẩn C_0 . Tùy thuộc vào giá trị của C_0 , đường cong có hai mức độ nguy hiểm động đất, động đất trung bình (khi $C_0 = 0,2$ hoặc $0,3$ đối với công trình xây dựng bằng gỗ tại nơi có đất yếu) hoặc động đất nghiêm trọng (khi $C_0 = 1,0$). [88]

Hình 1.12 cho thấy sự so sánh phổ thiết kế của Mỹ và Nhật Bản. Gia tốc phổ thiết kế của Mỹ trong thời gian ngắn tương tự như phổ của Nhật Bản, đối với động đất nghiêm trọng, trong thời gian dài, gia tốc phổ thiết kế của Nhật Bản cao hơn.



Hình 1.6: Phổ thiết kế của Mỹ và Nhật Bản [83]

Nhận xét: Các quy định xây dựng phổ phản ứng theo các tiêu chuẩn của mỗi nước có quy định khác nhau, dựa vào các số liệu thu được từ số liệu quan trắc, xử lý xác xuất thống kê, các bài toán về nền của từng khu vực, mỗi dạng nền và khu vực địa lý khác nhau cho hàm phổ khác nhau.

Phổ phản ứng đàn hồi xây dựng dựa trên một thành phần duy nhất của một trận động đất tại địa điểm xây dựng chỉ thích hợp cho việc tính toán lý thuyết chứ

không phù hợp cho mục đích thiết kế thực tế. Các trận động đất khác nhau tại địa điểm khác nhau sẽ cho các phổ phản ứng khác nhau. Mặt khác tính chất của các trận động đất sẽ xảy ra trong tương lai tại một địa điểm xây dựng nào đó hoàn toàn chưa thể kiểm soát được. Quy định phổ phản ứng địa chấn dùng để thiết kế công trình xây dựng phải được thiết lập trên một tập hợp các chuyển động địa chấn có thể xảy ra tại địa điểm đang xét. Các thông số này cần phải bao hàm tất cả các yếu tố ảnh hưởng tới cường độ động đất của các trận động đất sẽ xảy ra. Phổ thiết kế được xây dựng, đề xuất là phổ trung bình của các phổ phản ứng động đất từ các gia tốc đồ ghi lại từ các địa điểm có cấu trúc địa chất tương đồng của nhiều trạm động đất khác nhau, sau đó được điều chỉnh và làm tròn, trong đó được áp dụng nhiều nhất phổ thiết kế dựa trên việc giải phương trình dao động của các hệ SDOF chịu tải trọng động đất là các gia tốc nền theo thời gian. Công cụ để giải phương trình vi phân dao động là phương pháp số Newmark và cần thực hiện tính toán một khối lượng đủ lớn để xây dựng đường cong phổ.

Từ các nội dung nghiên cứu trên cho thấy tính chất của phổ là một hàm mờ, muốn xác định tin cậy thì phải có nhiều số liệu đo được từ các gia tốc đồ theo từng khu vực và phải có số lượng các trận động đất đủ nhiều để lập bài toán xác suất thống kê. Việc xác định bài toán tính toán kết cấu với phổ thiết kế cần tìm phương pháp phù hợp trong bài toán thiếu số liệu.

- *Tham số đất nền:*

Về mặt các tham số đất nền, hiện nay các tiêu chuẩn xây dựng của Hoa Kỳ, Nhật Bản và các nước Châu Âu về cơ bản đã được cải thiện theo những tiến bộ hiện đại trong địa chấn học. Số lượng các loại đất đã được tăng lên 5 loại chính A, B, C, D, E và 2 loại bổ sung yêu cầu các nghiên cứu đặc biệt S1, S2 có thể có các hiệu ứng cộng hưởng. Phổ phản ứng được thiết lập cho các loại đất chính. Trong Tiêu chuẩn của các quốc gia Châu Âu, thông số kỹ thuật phản ứng được thiết lập cho 2 loại động đất, ứng với những trận động đất mạnh và những trận động đất yếu hơn. Các mô tả về loại đất và tác động của sóng địa chấn được xác định bởi các điều kiện từng nước, tức là, bởi địa chấn của lãnh thổ và các loại đất phổ biến tại lãnh thổ đó. Các tiêu chuẩn đã được nghiên cứu và thống kê bao gồm thu thập và phân tích dữ liệu về các sóng cắt, đo đạc thực địa về thông số các trận động đất mạnh và yếu, mô phỏng số. [81]

Ở Nga, Quy chuẩn và Tiêu chuẩn xây dựng SNIIP II-7-81* “Xây dựng trong các vùng có động đất” và các phiên bản soát xét sau đó (SP 14.1330.2018.v.v..) có các biểu đồ phổ phản ứng (phổ phản ứng theo tỷ lệ) mô tả các tác động địa chấn và điều kiện đất trong các quy tắc này không khác nhau nhiều so với các tài liệu của những năm 1980, trong đó điều kiện đất chỉ được xác định bởi 3–4 loại đất. Tiêu

chuẩn hiện hành của Nga SP 14.13330.2018 xác định tính địa chấn của các vị trí xây dựng đối với 4 loại đất và 6 nhận xét đưa ra các chi tiết về cấu trúc khối đất. Các loại đất gần bề mặt trên lãnh thổ Nga đã được nghiên cứu và ban hành bản đồ phân bố nền của họ (*Inzhener naya...*, 2011). Theo đó có mười một loại đất tiêu biểu nhất được phân biệt trên lãnh thổ của Nga trong đó loại đất 6, 9 và 11 có đặc tính cộng hưởng (lớp rời trên một nửa không gian rắn), chiếm khoảng 25% lãnh thổ Nga ở phần châu Âu, Tây và Đông Siberia và vùng Pri Morsky, những loại đất này rất nguy hiểm trong các trận động đất vì có thể có các hiệu ứng cộng hưởng. Ví dụ về các trận động đất thảm khốc (Mexico, 1985; Spitak, 1988) cho thấy rằng các loại đất như vậy cần được chú ý đặc biệt. Những nội dung về nền đất vẫn đang được nghiên cứu ở Nga [82].

- *Hệ số ứng xử:*

Trong các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành việc kể đến làm việc dẻo của hệ kết cấu chính là xét đến sự giảm lực tác động động đất lên kết cấu có tính chất đàn hồi dẻo, thông qua điều chỉnh phổ phản ứng đàn hồi thiết kế, việc lựa chọn hệ số điều chỉnh ứng xử tổng thể R (tiêu chuẩn UBC [90], ASCE[88,89]) hay hệ số ứng xử q (TCVN 9386:2012 [5], EC8 [91]) được xem là điểm mấu chốt trong xét đến khả năng giảm tác động động đất khi hệ kết cấu làm việc dẻo trong tính toán thiết kế kháng chấn. Mục đích chính của các hệ số này là để đơn giản hóa quy trình phân tích, sử dụng phương pháp phân tích đàn hồi dự đoán một cách gần đúng ứng xử đàn hồi dẻo của kết cấu khi chịu tác dụng của động đất. Hệ số R (hay q) là giá trị định lượng ở mức độ tổng thể, không thể dùng nó để đánh giá tính năng của kết cấu ở mức độ cấu kiện.

Hạn chế của việc sử dụng hệ số R , q là rất rõ, ví dụ khi chọn giá trị của các hệ số này mà không liên quan đến chu kỳ dao động của từng công trình, không thể thể hiện được diễn biến cụ thể của quá trình phân bố “phi tuyến” giữa các cấu kiện khác nhau dẫn đến sự phân bố lại nội lực cũng như các thay đổi xảy ra trong quá trình động đất. Thêm vào đó, cơ chế phá hoại của kết cấu, sự phân bố hư hỏng trong các kết cấu khác nhau là khác nhau, sự bố trí cấu tạo nút, tầng cứng cũng ảnh hưởng ngay đến hệ số ứng xử. Do vậy các công trình có các thông số đặc trưng khác nhau, đặc biệt là độ cứng tổng thể và sự phát triển dẻo của hệ kết cấu mỗi công trình khác nhau thì hệ số ứng xử là khác nhau. Cần có số liệu xác định thông qua các nghiên cứu chuyên sâu về các dạng hệ kết cấu, cần qua các phân tích tĩnh phi tuyến, phân tích động phi tuyến theo lịch sử thời gian nhưng số liệu phải đủ lớn để xây dựng được bài toán xác suất-thống kê để đưa ra được giá trị cụ thể R , (hay q) cho từng dạng kết cấu đặc biệt khác nhau.

Do vậy hệ số ứng xử của mỗi công trình có một tham số cụ thể khác nhau việc xác định hệ số ứng xử cần có những nghiên cứu chuyên sâu để đưa vào quy định trong tiêu chuẩn. Trong tiêu chuẩn có quy định hệ số ứng xử của mỗi công trình là tham số được lựa chọn chủ quan trong một khoảng quy định.

Hơn nữa đến nay ở các nước phát triển trên thế giới, công tác thiết kế cho các công trình chịu được động đất không chỉ dừng ở thiết kế kháng chấn (*Seismic design*) mà kết hợp giảm chấn (*Damping*) và cách chấn (*Insolation*). Các tham số để tính toán kháng chấn được mở rộng nhiều tham số, nhiều khoảng quy định hơn về giảm chấn và cách chấn, các tham số chứa tham số mờ có giá trị tin tưởng.

1.3.2. Tiêu chuẩn kháng chấn Việt Nam và các tham số thiết kế trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012

Trước khi tiêu chuẩn TCXDVN 375:2006 được ban hành, các công trình nhà ở Việt Nam khi tính với tác động động đất thường áp dụng một số tiêu chuẩn nước ngoài như UBC-97, SNiP II-7-81* của Nga, công tác tính toán khá thô sơ và các số liệu về cấp động đất và thông số nền không được quy định rõ ràng.

Tiêu chuẩn TCXDVN 375:2006 nay là TCVN 9386:2012 là "Tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất" do Bộ Xây dựng ban hành được biên soạn trên cơ sở chấp nhận Eurocode 8 "Design of structures for earthquake resistance" có bổ sung hoặc thay thế các phần mang tính đặc thù của Việt Nam. Tiêu chuẩn đã sử dụng Bản đồ phân vùng gia tốc nền lãnh thổ Việt Nam. Tuy nhiên, Tiêu chuẩn này chỉ phù hợp cho việc áp dụng cho công trình xây dựng kết cấu nhà.

Ngoài tiêu chuẩn TCVN 9386:2012, hiện nay còn có các tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn đối với công trình giao thông được áp dụng: Tiêu chuẩn 22TCN 221-95 là "Tiêu chuẩn thiết kế công trình giao thông trong vùng có động đất" do Bộ Giao thông vận tải ban hành, Tiêu chuẩn TCVN 11823:2017 là "Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ Việt Nam" (Phần thiết kế chống động đất cho các công trình cầu).

1.3.2.1. Phương pháp phân tích kết cấu theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012

Cũng như tiêu chuẩn Eurocode, trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 quy định phương pháp phân tích kết cấu có phương pháp phân tích đàn hồi tuyến tính, phương pháp phi tuyến.

- Phương pháp phân tích đàn hồi tuyến tính gồm [5]:

+ Phân tích tĩnh lực ngang tương đương (nhà cần thỏa mãn yêu cầu có các chu kỳ dao động cơ bản T_1 theo hai hướng chính nhỏ hơn giá trị (1.4) và tiêu chí về tính đều đặn mặt đứng);

$$T_1 \leq \begin{cases} 4.T_c \\ 2,0s \end{cases} \quad (1.4)$$

- + Phân tích phổ phản ứng dạng dao động (có thể áp dụng cho tất cả các loại nhà).
- Phương pháp phi tuyến bao gồm:
- + Phân tích tĩnh phi tuyến;
- + Phân tích phi tuyến theo thời gian (động).

Tuy nhiên, phương pháp phân tích lịch sử thời gian đòi hỏi phải có số liệu đầu vào là số liệu của chuyển động đất nền lấy từ các ghi chép của những trận động đất mạnh đo được tại khu vực xây dựng. Việt Nam chưa có được nhiều những ghi chép như vậy trong quá khứ, nhất là các trận động đất mạnh. Do đó, việc tiến hành thiết kế kháng chấn theo phương pháp phân tích lịch sử thời gian là khó thực hiện.

Hiện nay quy định thiết kế các công trình trong vùng động đất theo Tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 Thiết kế công trình chịu động đất [5]. Trong đó các quy định về đầu vào có nhiều quy định bằng lời (ngôn ngữ) có tính chất định tính, không định lượng, việc định lượng dành cho người thiết kế.

Trong tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn TCVN 9386:2012 các nguyên tắc thiết kế trên được thể hiện dưới dạng hai yêu cầu cơ bản: yêu cầu không sụp đổ và yêu cầu hạn chế hư hỏng.

1.3.2.2. Phân tích phổ phản ứng đàn hồi và phổ thiết kế $S_d(T)$ theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012

Phổ phản ứng (Response spectrum) được sử dụng rộng rãi trong lý thuyết và thực hành tính toán công trình chịu tác dụng động đất. Biểu diễn cơ bản tác động của động đất là phổ phản ứng gia tốc đàn hồi (phổ phản ứng đàn hồi) với các yêu cầu của nguyên tắc thiết kế, dạng phổ phản ứng đàn hồi được lấy như nhau. Ngoài ra còn một số cách biểu diễn khác như: Biểu diễn theo lịch sử thời gian hay mô hình không gian của tác động động đất (khi không giả thiết được lực kích động các điểm tựa như nhau).

Với phương nằm ngang, tác động động đất mô tả bằng hai thành phần độc lập vuông góc cùng một dạng phổ phản ứng. Khi có thành phần động đất theo phương đứng, có thể chấp nhận một hoặc nhiều dạng khác nhau của phổ phản ứng, trong tiêu chuẩn đưa ra dạng hàm phổ phản ứng đàn hồi theo phương ngang và hàm phổ phản ứng đàn hồi theo phương thẳng đứng khác nhau.

Trong tiêu chuẩn quy định “Ở những nơi chịu ảnh hưởng động đất phát sinh từ các nguồn rất khác nhau, khả năng sử dụng nhiều hơn một dạng phổ phản ứng phải được xem xét để có thể thể hiện đúng tác động động đất thiết kế. Trong những

trường hợp như vậy, thông thường giá trị của a_g cho từng loại phổ phản ứng và từng trận động đất sẽ khác nhau”. Do vậy hàm phổ phản ứng là một hàm mờ phụ thuộc vào số liệu thực nghiệm đo được từ các máy đo gia tốc kế và phân tích lý thuyết của các trận động đất đã xảy ra. Ngoài ra còn yêu cầu đối với công trình quan trọng ($\gamma_l > 1$) cần xét các hiệu ứng khuếch đại địa hình.

Phổ thiết kế dùng cho phân tích đàn hồi: Do khả năng kháng chấn của hệ kết cấu trong miền ứng xử phi tuyến thường cho phép thiết kế kết cấu với các lực động đất bé hơn so với các lực ứng với phản ứng đàn hồi tuyến tính. Để tránh phải phân tích trực tiếp các kết cấu không đàn hồi, người ta kể đến khả năng tiêu tán năng lượng chủ yếu thông qua ứng xử dẻo của các cấu kiện của nó và/hoặc các cơ cấu khác bằng cách phân tích đàn hồi dựa trên phổ phản ứng được chiết giảm từ phổ phản ứng đàn hồi, vì thế phổ này được gọi là “phổ thiết kế”. Sự chiết giảm được thực hiện bằng cách đưa vào hệ số ứng xử q .

Tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 sử dụng các hàm phổ theo Eurocode 8 được biểu diễn với từng thành phần theo phương ngang và phương thẳng đứng. Xét trường hợp với các thành phần nằm ngang của tác động động đất:

- Phổ phản ứng đàn hồi $S_e(T)$ cho các thành phần nằm ngang của tác động động đất (xem Hình 1.7):

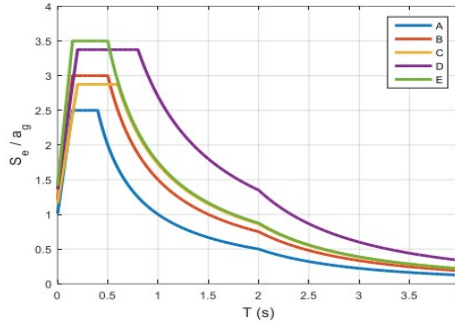
$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] \quad (1.7)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \quad (1.8)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \quad (1.9)$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \quad (1.10)$$

Trong đó: $S_e(T)$ là phổ phản ứng đàn hồi; T là chu kỳ dao động của hệ tuyến tính một bậc tự do; a_g là gia tốc nền thiết kế trên nền loại A ($a_g = \gamma_l \cdot a_{gR}$ (m/s^2)); T_B là giới hạn dưới của chu kỳ, ứng với đoạn nằm ngang của phổ phản ứng gia tốc; T_C là giới hạn trên của chu kỳ, ứng với đoạn nằm ngang của phổ phản ứng gia tốc; T_D là giá trị xác định điểm bắt đầu của phần phản ứng dịch chuyển không đổi trong phổ phản ứng; S là hệ số nền; η là hệ số điều chỉnh độ cản với giá trị tham chiếu $\eta = 1$ đối với độ cản nhót 5 %.



Hình 1.7: Phổ phản ứng đàn hồi cho các loại nền đất từ A đến E (độ cản 5 %).

- Phổ thiết kế $S_d(T)$ cho các thành phần nằm ngang của tác động động đất:

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (1.11)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad (1.12)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) = \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (1.13)$$

$$T_D \leq T : S_d(T) = \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (1.14)$$

Trong đó: a_g , S , T_C , T_D như đã định nghĩa trên; $S_d(T)$ là phổ thiết kế; q là hệ số ứng xử; β là hệ số ứng với cận dưới của phổ thiết kế theo phương nằm ngang, $\beta=0,2$.

1.3.2.3. Các tham số ảnh hưởng vào phổ thiết kế trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012

- Về hệ số ứng xử q

Hệ số ứng xử q biểu thị một cách gần đúng tỷ số giữa lực động đất mà kết cấu sẽ phải chịu nếu phản ứng của nó là hoàn toàn đàn hồi với tỷ số cản nhớt 5 % và lực động đất có thể sử dụng khi thiết kế theo mô hình phân tích đàn hồi thông thường mà vẫn tiếp tục bảo đảm cho kết cấu một phản ứng thỏa mãn các yêu cầu đặt ra. Giá trị của hệ số ứng xử q trong đó có xét tới ảnh hưởng của tỷ số cản nhớt khác 5% của các loại vật liệu và hệ kết cấu khác nhau.

Hệ số ứng xử q còn phụ thuộc các tham số phản ánh vượt độ bền, tính đều đặn trong mặt bằng, tính đều đặn hay không đều đặn trên chiều cao, phản ánh dạng phá hoại chiếm ưu thế trong hệ kết cấu có các tường chịu lực, phản ánh có hoặc không kế hoạch đảm bảo chất lượng trong thiết kế và thi công được đưa vào là các hệ số xác định hệ số ứng xử q , các hệ số này là các tham số có tính mờ cần xét.

Tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 quy định đối với thành phần thẳng đứng của tác động động đất, hệ số ứng xử q nói chung có thể lấy nhỏ hơn hoặc bằng 1,5 cho mọi

loại vật liệu và hệ kết cấu, việc lấy giá trị q lớn hơn 1,5 theo phương thẳng đứng cần được lý giải thông qua phân tích phù hợp. Với các quy định như vậy, q là một đại lượng mờ.

Các phần trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 quy định bằng lời về hệ số ứng xử cụ thể, đưa ra xác định hệ số cơ cấu dẻo xác định cho cả hai sơ đồ phân bố tải trọng ngang. Các cơ cấu dẻo phải phù hợp với các kết cấu dùng để xác định hệ số ứng xử q sử dụng trong thiết kế. Giá trị của hệ số ứng xử q có thể khác nhau theo các hướng nằm ngang khác nhau của kết cấu, mặc dù sự phân loại cấp dẻo kết cấu phải như nhau trong mọi hướng. Vậy hệ số ứng xử q của hệ là một số “mờ”, khi đã có thông tin về hệ, về cấu tạo bố trí thiết kế có thể xác định hệ số dẻo q trong 1 khoảng được nêu theo các cận trong tiêu chuẩn.

Giá trị cơ bản của hệ số ứng xử q_0 , cho hệ có sự đều đặn theo mặt đứng $q=q_0.k_w \geq 1,5$ trong đó q_0 được xác định theo giá trị trong bảng tra theo mô tả bằng lời về loại kết cấu. Như vậy phải kiểm tra độ dẻo kết cấu thích hợp của các cấu kiện chịu lực cũng như của toàn bộ kết cấu, có xét tới yêu cầu độ dẻo kết cấu muốn có, phụ thuộc vào hệ kết cấu đã chọn đưa vào hệ số ứng xử, mỗi công trình sẽ có giá trị khác nhau do vậy hệ số ứng xử q của hệ là một số “mờ”.

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra các công trình có độ dẻo khác nhau cho cấu tạo nút, sơ đồ kết cấu, bố trí cấu kiện trên mặt bằng vì vậy hệ số ứng xử nằm trong khoảng theo các cận trên, dưới không phải là một giá trị cho được trong bảng tra của tiêu chuẩn thiết kế.

- *Tham số đỉnh gia tốc nền a_g*

Đỉnh gia tốc nền tham chiếu do cơ quan Nhà nước có thẩm quyền lựa chọn cho từng vùng động đất, tương ứng với chu kỳ lặp tham chiếu T_{NCR} của tác động động đất đối với yêu cầu không sụp đổ (hoặc một cách tương đương là xác suất tham chiếu vượt quá trong 50 năm, P_{NCR}). Hệ số tầm quan trọng γ bằng 1,0 được gán cho chu kỳ lặp tham chiếu. Gia tốc nền thiết kế a_g (đơn vị g) trên nền loại A sẽ bằng a_{gR} nhân với hệ số tầm quan trọng γ (tức là $a_g = \gamma.a_{gR}$) [5] (khi quy đổi đơn vị (m/s^2) cần nhân thêm hệ số gia tốc trọng trường g).

Trong trường hợp không có nghiên cứu vi phân động đất khu vực xây dựng, gia tốc nền cực đại a_{max} được xác định theo Phụ lục G, H và I của TCVN 9386:2012 - Thiết kế công trình chịu động đất [5].

Nguy cơ động đất được mô tả dưới dạng một tham số là đỉnh gia tốc nền tham chiếu a_{gR} trên nền loại A được lấy từ bản đồ phân vùng gia tốc nền lãnh thổ Việt Nam. Trong đó có chú thích trong tiêu chuẩn: “*Trong tiêu chuẩn này, đỉnh gia tốc nền tham chiếu a_{gR} trên lãnh thổ Việt Nam được biểu thị bằng các đường đẳng trị.*”

Giá trị a_{gR} giữa hai đường đẳng trị được xác định theo nguyên tắc nội suy tuyến tính. Từ đỉnh gia tốc nền có thể chuyển đổi sang cấp động đất theo thang MSK-64 hoặc thang MM dựa vào bảng chuyển đổi cho trong Phụ lục I, Phần I” [5]. Do vậy tham số nền trong một địa danh không là số liệu tất định, tham số gia tốc nền là tham số được xác định theo khoảng $a_{gR}^1 \leq a_{gR} \leq a_{gR}^2$ Trong đó a_{gR}^1, a_{gR}^2 là các giá trị cận biên của vùng địa danh bố trí công trình theo phương pháp tham chiếu a_{gR} trên.

- Về hệ số tầm quan trọng công trình γ_1 trong phân loại các công trình

Về phân loại phân cấp công trình được Quy định tại Phụ lục F Phân cấp, phân loại công trình xây dựng [5] được chia làm 4 cấp từ cấp I đến cấp IV theo mức độ tầm quan trọng γ , với các hệ số $\gamma = 1,25$ cho cấp I, $\gamma = 1,0$ cho cấp II, $\gamma = 0,75$ cho cấp III, với cấp IV không yêu cầu tính toán kháng chấn, chỉ yêu cầu cầu tạo.

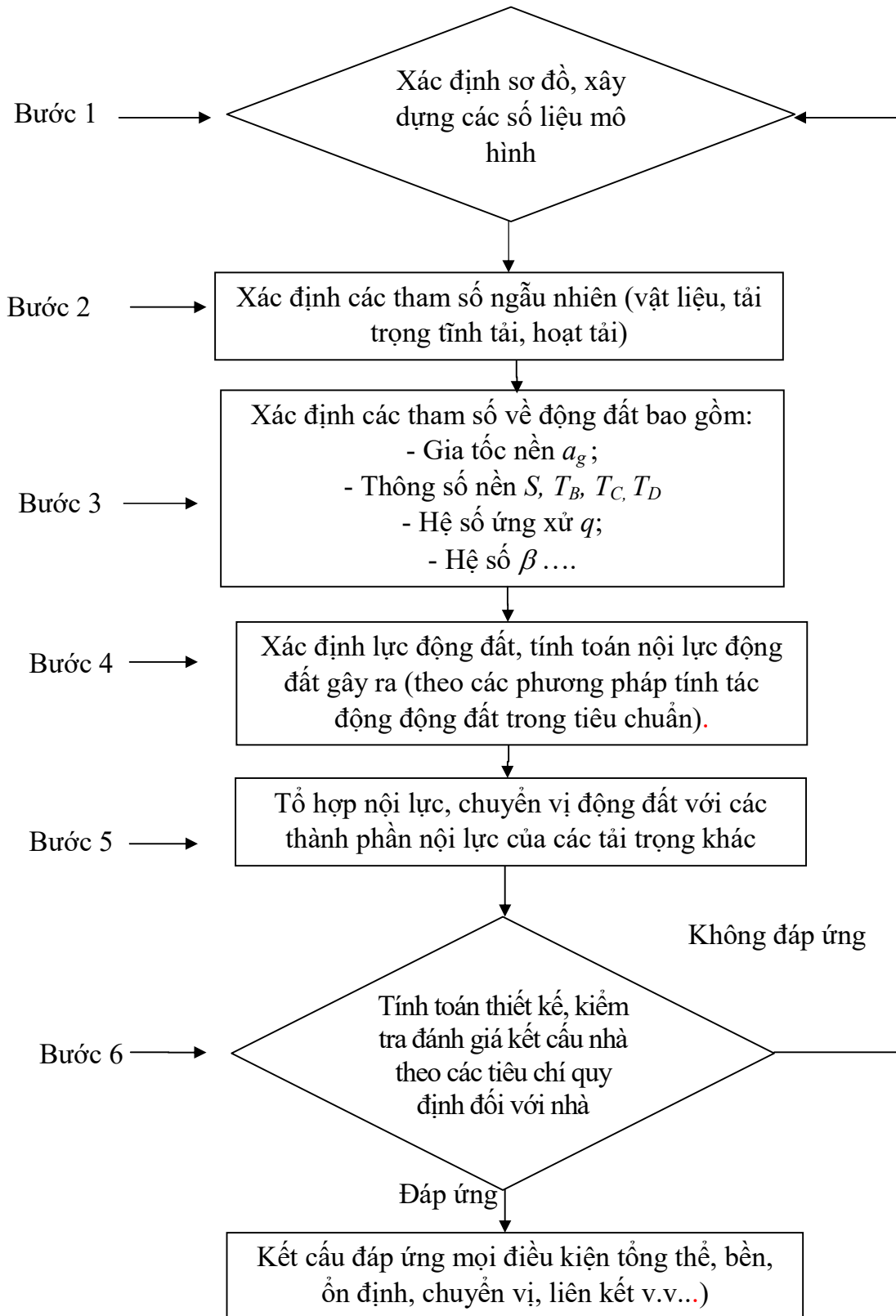
- Về các tham số theo phân loại vùng đất hoặc địa điểm

Giá trị của chu kỳ T_B , T_C và T_D và của hệ số nền S mô tả dạng phổ phản ứng đàn hồi phụ thuộc vào loại nền đất, nếu không xét tới địa chất tầng sâu được xác định theo mô tả đất nền với 30m đất trên bề mặt. Trong tiêu chuẩn nêu: “Việc kể đến ảnh hưởng này còn có thể thực hiện bằng cách xem xét thêm ảnh hưởng của địa chất tầng sâu tới tác động động đất”. Quy định của tiêu chuẩn còn khá “mờ” cho xác định các hệ số.

Đặc điểm động đất của địa điểm xây dựng công trình. Yếu tố này thuộc phạm trù điều kiện tự nhiên, thay đổi tùy từng điều kiện địa chất, từng vùng địa danh. Các loại nền đất A, B, C, D và E được mô tả bằng các mặt cắt địa tầng, các tham số cho trong Bảng 3.1 TCVN 9386:2012. Nhận dạng nền theo sóng cắt hoặc số liệu SPT, trong đó nhiều khu vực có địa tầng thay đổi mạnh, số liệu SPT trung bình trong khoảng tầng sâu của nền cho 2 giá trị xác định 2 dạng nền trong 1 công trình. Bảng phân loại nền đất có tính mờ rất rõ, vì chỉ xác định trên 1 khoảng khá rộng hay 1/2 khoảng, tiêu chuẩn quy định 2 loại nền đất (S1, S2) cần có nghiên cứu riêng, còn xét đến khả năng cộng hưởng sóng truyền (Trận động đất có độ mạnh 8,1 độ Richter ở thành phố Mexico City năm 1985 tâm chấn cách 320km gây ảnh hưởng lớn đến nhà 8-20 tầng, đất nền cộng hưởng sóng truyền qua môi trường trầm tích của nền thành phố).

Các tham số giá trị mô tả nền đất được xác định theo bảng 3.2 TCVN 9386:2012, các bảng này được chia làm 5 loại nền được mô tả theo loại nền [5]. Tuy nhiên các tham số của phổ phản ứng đàn hồi không được xác định qua phương pháp xác suất-thống kê tại các vùng đất nghiên cứu theo cách xác định phổ phản ứng đàn hồi của tiêu chuẩn Eurocode 8. Các tham số được mô tả theo tiêu chuẩn Eurocode 8.

1.3.2.4. *Lược đồ tính toán kết cấu nhà chịu động đất theo TCVN hiện hành*



Hình 1.8: *Sơ đồ khối tính khả năng chịu lực của kết cấu nhà chịu động đất*

- *Những vấn đề phụ thuộc vào các tham số trong tính toán kết cấu nhà:*

+ Tham số xây dựng mô hình: Tiết diện (đặc trưng hình học: thanh, bản sàn, vách v.v....), liên kết (cứng, khớp, đàn hồi v.v....)

+ Tham số về vật liệu và tải trọng: Vật liệu (mô đun đàn hồi, cường độ v.v..), tải trọng tĩnh tải (tải trọng bản thân hệ kết cấu, tải trọng sàn, tải trọng tường, vách ngăn v.v...), tải trọng hoạt tải (hoạt tải đứng, hoạt tải gió tĩnh, gió động, tải trọng hoạt tải tập trung tĩnh, động, nhiệt độ v.v....)

+ Tham số về tải trọng đặc biệt: Tải trọng động đất (gia tốc nền, loại nền, hệ số ứng xử của kết cấu v.v...), tải trọng nổ v.v...

- *Ảnh hưởng của các tham số đến kết quả tính toán:*

Các tham số trong tính toán kết cấu có 3 thành phần như sau:

- a) Tham số tất định: Kích thước hình học, cường độ vật liệu v.v....
- b) Tham số ngẫu nhiên: Mô đun đàn hồi, tải trọng tác động tĩnh, động, nhiệt độ, thường xuyên, không thường xuyên v.v....
- c) Tham số mờ: Các hệ số vượt tải, độ dẻo (hệ số ứng xử q của hệ kết cấu), hệ số tin cậy, các hệ số xác định tải trọng động đất v.v....

1.4. Tổng quan về phân tích mờ kết cấu

Từ đặc điểm bài toán tính toán kháng chấn có đủ các yếu tố tất định, ngẫu nhiên và mờ cũng như độ phức tạp của kết cấu công trình xây dựng nên luận án phải lựa chọn phương pháp Monte – Carlo cải tiến để phân tích kết cấu thay cho phương pháp Monte – Carlo cổ điển (chỉ chứa biến tất định và ngẫu nhiên), cũng như các phương pháp tập mờ khác như của Zadeh, Ben Moller, v.v..

1.4.1. Tình hình nghiên cứu ngoài nước

- Năm 2001, Siu-Kui Au, James L. Beck đã cho công bố công trình “Estimation of small failure probabilities in high dimension by subset simulation.” Trên Probabilistic Engineering Mechanics [55].

Trong đó tác giả đã dùng kỹ thuật mô phỏng tập con (subset simulation) dựa trên thuật toán Metropolis để chuẩn bị đầu vào, sau đó sửa đổi một số thủ tục để giải bài theo phương pháp Monte – Carlo thông thường, chưa đề cập đến các biến mờ.

- Năm 2003, cũng các tác giả trên đã cho xuất bản công trình “Subset Simulation and its Application to Seismic Risk Based on Dynamic Analysis”[56].

Trong đó các tác giả đã dùng kỹ thuật “mô phỏng tập con” để giải bài toán của công trình thủy chịu động đất, đã xét các dạng phá hoại khác nhau của công trình. Các tác giả đã dùng khá sâu các lý thuyết toán học (Markov chain Monte Carlo simulation) và một số giả thiết khác của quá trình ngẫu nhiên (chưa dùng quá trình mờ), các tác giả đã cải tiến thuật toán (Modified Metropolis – Hastings algorithm). Ngoài ra các tác giả còn trình bày lý luận “đánh giá mô phỏng Monte – Carlo”, để đánh giá các xác suất cần tìm.

- Năm 2004, Xinggang Bai, Shorab Asgarpour cho xuất bản công trình “Fuzzy-based approaches to substation reliability evaluation” [57].

Trong đó các tác giả dùng kỹ thuật mô phỏng Monte – Carlo để nhận được chỉ số độ tin cậy theo phân bố khả năng (possibility distribution) của chỉ số độ tin cậy. Do có biến mờ tham gia, tác giả đã dùng lý thuyết khả năng, một thuyết dùng lý thuyết tập mờ.

- Năm 2007, G.I. Schuëller cho xuất bản công trình “On the treatment of uncertainties in structural mechanics and analysis” [58].

Trong đó tác giả đã dùng các giả thiết chủ quan về các tham số không chắc chắn (uncertainties) trong cơ học kết cấu để suy luận và đánh giá, để mở rộng phương pháp cổ điển của lý thuyết xác suất, tác giả cũng gọi đó là phương pháp Monte – Carlo cải tiến.

- Năm 2004, Berd Möller, Michael Beer cho xuất bản cuốn sách “Fuzzy Randomness: Uncertainty in Civil Engineering and Computational Mechanics” - Springer 2004 [59].

Trong đó các tác giả đã trình bày lý do phải ứng dụng lý thuyết tập mờ vào tính toán kết cấu, phân tích mờ kết cấu, lý thuyết ngẫu nhiên mờ và ứng dụng v.v..

Các tác giả đã đưa ra phương pháp gần đúng “tối ưu mức α ” để tìm hàm thuộc bằng cách giải một số bài tối ưu tất định, có lẽ đó là quyển sách đầu tiên viết về phân tích mờ kết cấu. Trong đó các tác giả đã trình bày sự cần thiết, các dạng bài toán có tham số mờ, phương pháp giải (bao gồm phương pháp Monte – Carlo). Rất tiếc trong đó các tác giả đã giả thiết mọi tham số đầu vào là mờ bởi vậy muốn áp dụng phải biến đổi các tham số tất định và ngẫu nhiên (như: mô đun đàn hồi E) về mờ, việc này không đơn giản đối với các kỹ sư, ngoài ra còn dùng rất nhiều giả thiết toán học chặt chẽ, khó đánh giá sai số [59, 60].

Cái quý giá của quyển sách này là đã tổng kết và đánh giá khá đầy đủ các tài liệu về phân tích mờ kết cấu trước năm 2004.

- Năm 2010, L. Farkas, D. Moens, D. Vandepitte, W. Desmet đã công bố bài báo “Fuzzy finite element analysis based on reanalysis technique” [63].

Trong đó, các tác giả đều nhắc đến và đánh giá phương pháp phần tử hữu hạn mờ đã công bố trước đó và đưa ra đề xuất của mình, song cũng chỉ là bước đầu và quá phức tạp, việc áp dụng thực tế gặp khó khăn, chương trình tính kết cấu mờ chưa thành chương trình thương mại.

- Năm 2011, M. Moghaddasi, M. Cubrinovski, J.G. Chase, S. Pampanin, A. Carr đã công bố bài báo “Effects of soil–foundation–structure interaction on seismic structural response via robust Monte Carlo simulation” [95]

Trong đó, các tác giả đã nghiên cứu các tác động của đất nền – móng – kết cấu về phản ứng địa chấn của kết cấu, thông qua mô phỏng bằng phương pháp Monte – Carlo.

- Năm 2017, Carlo Del Gaudio, Paolo Ricci, Gerardo M. Verderame, Gaetano Manfredi đã công bố bài báo “Urban-scale seismic fragility assessment of RC buildings subjected to L'Aquila earthquake” [96]

Trong đó, các tác giả đã nghiên cứu đề cập sự ngẫu nhiên trong tác động động đất, đặc tính vật liệu, thông số mô hình và ngưỡng giới hạn được tính toán thông qua kỹ thuật mô phỏng Monte – Carlo, xây dựng các đường cong phổ tính toán dự đoán các kịch bản thiệt hại do tác động động đất.

- Năm 2018, Gian Felice Giaccu, Luca Caracoglia đã công bố bài báo “Wind-load fragility analysis of monopole towers by Layered Stochastic Approximation-Monte - Carlo method” [97]

Trong đó, các tác giả mô tả thuật toán số mới để mô phỏng phản ứng dưới tác động dòng chảy hỗn loạn của gió lên công trình tháp, sử dụng thuật toán Monte – Carlo ngẫu nhiên phân lớp (LSAMC).

1.4.2. Tình hình nghiên cứu trong nước

- Năm 2016, Lê Xuân Huỳnh và Nguyễn Hùng Tuấn, đã cho xuất bản tài liệu chuyên khảo [24] “Độ tin cậy của Kết cấu xây dựng. • Fuzzy finite element Algorithm. • Fuzzy Reliability”

Trong đó các tác giả dành nhiều trang cho phân tích mờ kết cấu, chẳng hạn Chương 3: Phương pháp phân tử hữu hạn tham số mờ, Chương 4: Phân tích động lực học cho mô hình mờ.

Phương pháp Monte – Carlo được các tác giả đề cập đến, song phần lớn thuật toán được dùng là các đề xuất về tính kết cấu khung theo phương pháp “mức tối ưu α ”. Các bài toán đặt ra phần nhiều là các bài toán của Cơ học kết cấu, chưa đề cập đến các bài toán được tính toán theo các tiêu chuẩn thiết kế.

- Năm 2006, Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Đình Xuân, Nguyễn Thạc Vũ có công trình “Mô hình giao thoa trong phân tích mờ kết cấu” [25].

Trong đó các tác giả đã đề xuất biến đổi mờ về ngẫu nhiên để tính chung trên một sơ đồ tính giữa mờ và ngẫu nhiên.

- Năm 2013, Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Xuân An có công trình “Phương pháp Monte – Carlo cải tiến và tính toán công trình” [23].

Trong đó các tác giả đã trình bày thuật toán để tính kết cấu với đầu vào có chứa 3 loại tham số: tất định, ngẫu nhiên và mờ, dưới dạng ý tưởng, chưa đi vào cụ thể.

- Năm 2017, Nguyễn Văn Phó, Vũ Trọng Huy có công bố công trình “Tính toán công trình chịu động đất bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến” [19].

Trong đó đã xét tới các tham số mờ của tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn, mờ hóa nó và tính toán với đầu vào ngẫu nhiên.

- Năm 2019, Vũ Trọng Huy, Nguyễn Võ Thông, Nguyễn Văn Phó có công trình “Đánh giá độ tin cậy Công trình chịu động đất được thiết kế theo tiêu chuẩn Việt Nam 9386:2012” [20].

Trong đó các tác giả đã hoàn thiện thuật toán công trình chịu động đất theo tiêu chuẩn Việt Nam bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến và đưa ra các nhận xét cần thiết trong ứng dụng.

- Năm 2021, Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Võ Thông, Vũ Trọng Huy có công trình “Tính toán công trình chịu động đất theo TCVN 9386:2012, có kể đến các đặc trưng bất định của các tham số, bằng cách số hóa các tham số của tiêu chuẩn bằng thuật toán Monte – Carlo cải tiến” [21]. Tạp chí xây dựng số 2-2021.

- Năm 2021, Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Võ Thông, Vũ Trọng Huy có công trình “Số hóa các tham số mờ của tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 và các ứng dụng” [32].

Trong đó các tác giả đã bổ sung và hoàn thiện việc số hóa các tham số tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 bằng cách phân loại đại lượng mờ và số hóa nhờ đó việc ứng dụng được dễ dàng hơn.

- Năm 2019, Nguyễn Văn Phó, Chu Thanh Bình có công trình “Số hóa các dữ liệu phi cấu trúc để tính toán công trình trong bối cảnh biến đổi khí hậu bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến” [35]

Trong đó các tác giả đã trình bày trong bối cảnh biến đổi khí hậu, hai đặc điểm của biến đổi khí hậu là bất thường và cực đoan, không thể dùng được phương pháp Monte – Carlo cổ điển mà phải cải tiến và bước đầu đã đưa ra một số cải tiến về chọn đầu vào theo mẫu toàn thể, xử lý thống kê có trọng số.

• *Một số luận án tiến sĩ trong nước sử dụng lý thuyết tập mờ phương pháp Monte – Carlo và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:*

- Nguyễn Đình Xuân (2005): Đánh giá độ tin cậy của phần tử kết cấu trong trường hợp số liệu mờ. Luận án tiến sĩ kỹ thuật – Đại học Xây dựng

Luận án đưa ra một quy trình đánh giá độ tin cậy của phần tử kết cấu trong trường hợp số liệu mờ, ứng dụng tính toán số liệu.

- Lê Công Duy (2014): Một phương pháp đánh giá mức độ an toàn của kết cấu khung chịu tải trọng động theo lý thuyết tập mờ. Luận án tiến sĩ kỹ thuật – Đại học Xây dựng.

Luận án có vận dụng và triển khai công thức “Tỷ số diện tích” đánh giá mức độ an toàn kết cấu. Phân tích xây dựng các bước giải phương trình đại số tuyến tính có tham số mờ và áp dụng giải bài toán phân tích tĩnh và động kết cấu bằng phương pháp PTHH có tham số mờ.

- Nguyễn Thanh Hưng (2017): Bài toán chẩn đoán kỹ thuật công trình trong trường hợp thiếu số liệu và ứng dụng cho dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn. Luận án tiến sĩ kỹ thuật – Đại học Xây dựng.

Luận án áp dụng phương pháp Monte – Carlo cải tiến để phân tích tính toán dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn bằng phương pháp PTHH với các số liệu tất định trong trường hợp thiếu số liệu.

- Nguyễn Hùng Tuấn (2015): Phân tích và đánh giá mức độ an toàn của kết cấu khung phẳng nhiều tầng trong trường hợp thiếu thông tin về tác động và đặc trưng của kết cấu. Luận án tiến sĩ kỹ thuật – Đại học Xây dựng.

Luận án phân tích tĩnh và động kết cấu hệ thanh có tham số đầu vào là các số mờ tam giác cân, xây dựng trình tự tính toán, ứng dụng đánh giá mức độ an toàn kết cấu khung phẳng nhiều tầng chịu tác dụng động.

- Chu Thanh Bình (2014): Một phương pháp gần đúng tính độ tin cậy của công trình dao động chịu tải ngẫu nhiên, có kể đến các sai lệch ngẫu nhiên của các tham số vật liệu và hình học. Luận án tiến sĩ kỹ thuật – Đại học Xây dựng.

Luận án đề xuất một phương pháp gần đúng tính độ tin cậy của một số dạng kết cấu, phân tích độ tin cậy một số bài toán động lực học công trình dạng dầm, khung, tấm có kể đến sai lệch ngẫu nhiên của các tham số vật liệu, hình học và điều kiện đầu vào.

1.4.3. Nhận xét

- Các ảnh hưởng và tác động của động của động đất lên công trình được nghiên cứu đã có những bước tiến dài trên con đường chế ngự động đất và có nhiều thành tựu đáng kể. Mặc dù vậy, song vẫn phải ra quyết định trong trường hợp thiếu thông tin, dự báo chủ quan. Với bài toán đầu vào không xác định, qua thuật toán bất kỳ đầu ra cũng không xác định, bài toán về động đất cũng như vậy.

- Từ những điều trên ta thấy dù ở trạng thái hiện đại thì con người khi giải quyết vấn đề động đất vẫn là quyết định trong trường hợp bất định, nghĩa là làm việc với các thông tin không chắc chắn. Điều đó phản ánh ngay trong các tiêu chuẩn kháng chấn hiện đại.

- Phương pháp Monte – Carlo và phương pháp Monte – Carlo cải tiến có nhiều ưu điểm dùng để tính toán kết cấu, các nghiên cứu đã đưa ra phân tích tính toán đối với bài toán cơ học kết cấu, nghĩa là tính nội lực khi cho tải trọng, chứ không phải tính toán thiết kế công trình chịu động đất, xác định lực động đất trước, xác định nội lực sau.

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

Từ tổng quan về tình hình nghiên cứu trong nước và trên thế giới về vấn đề luận án nghiên cứu, Có thể thấy rằng các kết quả chính được thể hiện thông qua các công trình nghiên cứu đã công bố đến thời điểm này chủ yếu là:

- Các phép biến đổi mờ về ngẫu nhiên để tính chung trên một sơ đồ tính, thuật toán để tính kết cấu với đầu vào có chứa 3 loại tham số: tất định, ngẫu nhiên và mờ trong các nghiên cứu lý thuyết.

- Phương pháp Monte – Carlo và phương pháp Monte – Carlo cải tiến có nhiều ưu điểm dùng để tính toán kết cấu, các nghiên cứu đã đưa ra phân tích tính toán đối với bài toán cơ học kết cấu, một số kết cấu đơn lẻ. Chưa có nghiên cứu ứng dụng vào bài toán tính toán tổng thể công trình đó là xây dựng số liệu đầu vào và phân tích giải mờ các số liệu thu được đối với tổng thể công trình theo tiêu chuẩn.

- Giá trị các tham số trong biểu diễn của tác động động đất. Nhìn chung các kết quả số liệu phong phú, các giá trị được xây dựng trong tiêu chuẩn theo các mô tả quy định điều kiện cụ thể hoặc quy định trong một khoảng. Một số nghiên cứu đã đề cập về các số liệu tham số biểu diễn tác động động đất chuyên sâu phân ra nhiều cách xác định cụ thể ở một số trường hợp, song nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở phân tích tham số cụ thể để nhận ra các cách lựa chọn tham số động đất cho trường hợp cụ thể chưa thành một phương pháp chung.

- Tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất của Việt Nam cũng như tiêu chuẩn các nước có quy định phương pháp tính động đất theo phổ thiết kế là phổ biến trong giai đoạn hiện nay, tính toán phân tích đàn hồi nhưng có xét đến sự làm việc ngoài miền đàn hồi thông qua hệ số ứng xử q , phương pháp này mục đích đưa về tính đơn giản cho người thiết kế. Với các tham số động đất quy định để tính toán hàm phổ thiết kế, liên quan đến các tham số xác định hàm phổ thiết kế $S_d(T)$ là a_g (γ_I và a_{gR}), q , S , T_B , T_C , T_D , các tham số này của tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 cũng như tiêu chuẩn các nước đưa ra các cận giá trị xác định theo mô tả và cho chọn theo chủ quan của người thiết kế và chủ đầu tư. Tuy nhiên với quy định chọn chủ quan sẽ dẫn đến kết quả theo ý chủ quan của số liệu chọn.

1.6. Các vấn đề tiếp tục nghiên cứu của luận án

- Nghiên cứu các giá trị các tham số trong biểu diễn của tác động động đất trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012. Nhận diện, phân loại, số hóa (tìm hàm thuộc) các tham số mờ và biến đổi tương đương về định lượng giữa tham số mờ với các tham số khác để phục vụ tính toán công trình xây dựng trong vùng động đất.

- Nghiên cứu phương pháp Monte – Carlo cải tiến ứng dụng vào bài toán tính toán công trình chịu động đất theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012. Đó là đưa ra những quy trình tính toán để tính toán kết hợp được giữa khách quan (số liệu thực) và chủ quan của người thiết kế (dự báo chủ quan, các kịch bản rủi ro), giải quyết vấn đề trong tính toán bài toán có chứa tham số ngẫu nhiên và mờ sử dụng cách

tính toán phân tích công trình chịu động đất bằng phổ thiết kế dùng cho phân tích đàn hồi trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012. Đưa ra sơ đồ số tính kết cấu chịu động đất theo TCVN 9386:2012 có kể đến các tham số mờ của tiêu chuẩn bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến.

- Tiếp tục nghiên cứu, áp dụng phương pháp tính toán theo thuật toán đề xuất, nghiên cứu với nội lực, chuyển vị với một số hệ kết cấu công trình nhà (thấp tầng và cao tầng) qua tính toán theo thuật toán đề nghị và so sánh với thuật toán tất định hiện hành của một số dạng công trình nhà để đưa ra nhận xét và kiến nghị.

1.7. Nhận xét chương 1

- Trình bày một số đại lượng đặc trưng của động đất như: gia tốc cực đại, chuyển động của nền đất khi xảy ra động đất và phổ phản ứng trong tính toán động đất, đã chứng tỏ rằng hiểu biết của con người về động đất còn rất hạn chế, vì động đất mang đặc trưng ngẫu nhiên, bất định, không rõ định tính, dẫn đến một số quyết định được đưa ra trong tình trạng thiếu thông tin hoặc thông tin không đủ tin cậy.

- Giới thiệu tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn của thế giới và Việt Nam cùng các tham số trong tiêu chuẩn thiết kế. Các tham số động đất trong tính toán kết cấu có thể tạm thời chia thành 3 loại:

- a) Tham số tất định: Kích thước hình học, cường độ vật liệu.v.v...
- b) Tham số ngẫu nhiên: Mô đun đàn hồi, tải trọng tĩnh và động.v.v...
- c) Tham số mờ: Gia tốc nền, hệ số ứng xử q , hệ số nền, giới hạn của chu kỳ.v.v...

Việc phân loại tất định, ngẫu nhiên và mờ là tương đối, có thể phân loại theo cách khác.

- Tổng quan về phân tích mờ kết cấu, các tác giả đã phân tích và giải quyết các vấn đề của mình trong bối cảnh biến đổi khí hậu với đặc điểm là bất thường và cực đoan, không dùng được phương pháp Monte – Carlo cổ điển, bước đầu phải đưa ra một số cải tiến về chọn đầu vào theo mẫu toàn thể, xử lý thống kê có trọng số, hoàn thiện thuật toán phân tích mờ kết cấu.

CHƯƠNG 2. PHƯƠNG PHÁP MONTE - CARLO VÀ PHƯƠNG PHÁP MONTE - CARLO CẢI TIẾN TRONG TÍNH TOÁN KẾT CẤU

2.1. Mở đầu

Phương pháp Monte – Carlo là một phương pháp số có thể áp dụng để phân tích hệ thống phức tạp, phân tích kết cấu chỉ là trường hợp riêng.

Cũng giống như các phương pháp phân tích hệ thống khác, nó cũng có những ưu và nhược điểm. Các ưu và nhược điểm đó là do bản chất của phương pháp hay do gặp những bài toán mới, cần phải cải tiến phương pháp hiện có, do vậy hình thành một số cải tiến phương pháp và hiện nay đều được gọi là Phương pháp Monte – Carlo cải tiến.

Trong chương này, tác giả luận án xin trình bày phương pháp Monte – Carlo và các cải tiến, để có thể giải được các bài toán phân tích kết cấu có chứa đồng thời 3 loại tham số: tất định, ngẫu nhiên và mờ. Các phần chính của chương II gồm có 02 phần chính:

Phần I: Phương pháp Monte – Carlo (M-C)

- Cơ sở lý luận của phương pháp Monte – Carlo.
- Thuật toán của phương pháp Monte – Carlo, thí dụ.
- Ưu và nhược điểm của phương pháp Monte – Carlo.
- Sơ đồ áp dụng phương pháp Monte – Carlo vào tính toán kết cấu.

Phần II: Phương pháp Monte – Carlo cải tiến

- Nội dung và cơ sở lý luận của cải tiến.
- Thuật toán cải tiến, thí dụ.
- Ưu và nhược điểm của phương pháp Monte – Carlo cải tiến.
- Cách khắc phục các nhược điểm.
- Sơ đồ áp dụng phương pháp Monte–Carlo cải tiến vào phân tích kết cấu.

2.2. Tính toán kết cấu bằng phương pháp Monte – Carlo với các tham số đầu vào ngẫu nhiên

2.2.1. Phương pháp Monte – Carlo

2.2.1.1. Cơ sở toán học của phương pháp Monte – Carlo

Cơ sở toán học của phương pháp Monte - Carlo đã có từ lâu, song đến năm 1949 danh từ “phương pháp Monte - Carlo” mới được dùng trong toán học tính toán (Numerical Method). Sở dĩ như vậy vì phương pháp Monte - Carlo đòi hỏi

một khối lượng tính toán lớn. Cho nên nó chỉ phát triển cùng với sự ra đời và sử dụng rộng rãi của máy tính điện tử [26]

Cơ sở toán học của phương pháp Monte - Carlo là luật số lớn của lý thuyết xác suất, cụ thể là định lý Bernoulli [27]

“Nếu m là số lần xuất hiện biến cố A trong n lần thử độc lập và nếu xác suất để biến cố A xảy ra trong mỗi lần thử là một hằng số p , thì tần suất $\frac{m}{n}$ sẽ hội tụ theo xác suất tới p khi n dần tới vô cùng”.

Luật số lớn Bernoulli là cơ sở lý thuyết của định nghĩa thống kê về xác suất, do đó nó cũng là cơ sở cho mọi áp dụng của định nghĩa thống kê trong thực tế.

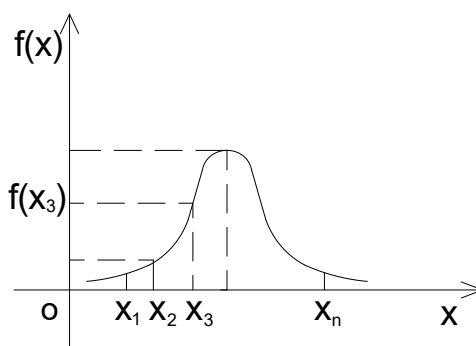
Khi áp dụng phương pháp Monte - Carlo vào thực tế cần lưu ý 2 điều kiện sau:

- Tiến hành thử nghiệm hay quan sát đo đạc phải trong cùng một điều kiện (song trong thực tế người ta chấp nhận các điều kiện gần đúng)
- Số thử nghiệm (số số liệu) phải đủ lớn. Độ chính xác của bài toán phụ thuộc vào số số liệu. Về mặt toán học người ta đã đánh giá được độ chính xác theo số phép thử n trong một số điều kiện nhất định [26]

2.2.1.2. Nội dung cơ bản của phương pháp Monte - Carlo

Điểm mấu chốt của phương pháp Monte - Carlo là chuyển bài toán ngẫu nhiên (hay đưa về ngẫu nhiên) là các bài toán có chứa các tham số ngẫu nhiên về một tập các bài toán tất định, bằng cách thay đầu vào ngẫu nhiên bằng một tập đầu vào tất định. Việc thay thế nhờ các thuật toán tìm số giả ngẫu nhiên (pseudo random) [50].

Các số giả ngẫu nhiên được các nhà nghiên cứu tạo ra bằng cách ngẫu nhiên nào đó (xin trình bày chi tiết ở phần sau). Các số giả ngẫu nhiên là các giá trị rời rạc nằm trong khoảng xác định của đại lượng ngẫu nhiên, mỗi giá trị rời rạc gắn liền với một giá trị của hàm mật độ xác suất $f(x)$ (Hình 2.1).



Hình 2.1: Hàm mật độ xác suất

Nghĩa là tạo ra được cặp các số $(x_i, f(x_i))$, $i=1, 2, \dots$

Để thay thế đại lượng ngẫu nhiên bằng các số giả ngẫu nhiên các nhà thống kê đã dày công nghiên cứu để đưa ra một lược đồ tổng quát, nhằm tạo số giả ngẫu nhiên của một đại lượng ngẫu nhiên có phân phối bất kỳ.

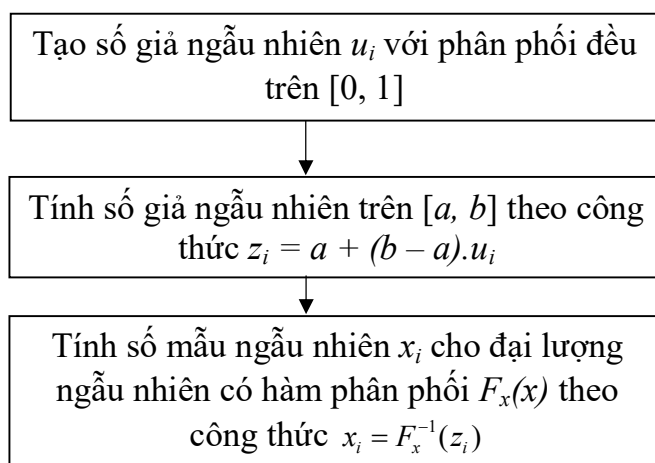
Lược đồ này có 2 bước chính sau:

- Bước 1: Tạo số giả ngẫu nhiên u_i của biến ngẫu nhiên có phân phối đều trên $[0, 1]$, từ đó chuyển số giả thu được về số giả ngẫu nhiên z_i trên đoạn $[a, b]$ là miền xác định của đại lượng tham gia bài toán theo công thức: $z_i = a + (b - a).u_i$

Như vậy chỉ tạo số giả u_i trên $[0, 1]$ với phân phối đều là ta có số giả z_i trên $[a, b]$ cho một đại lượng bất kỳ.

- Bước 2: Tính giá trị mẫu x_i của đại lượng x với hàm phân phối xác suất $F_x(x)$ trên $[a, b]$, để thử nghiệm trên máy tính theo công thức: $x_i = F_x^{-1}(z_i)$, trong đó F_x^{-1} là hàm ngược của F_x .

Như vậy khi có u_i trên $[0, 1]$ ta có z_i trên $[a, b]$, từ z_i ta có x_i , nghĩa là ta có số liệu mẫu (số giả ngẫu nhiên của đại lượng có hàm phân bố trên $[a, b]$). Quá trình tính toán được thực hiện theo sơ đồ sau:



Hình 2.2: Sơ đồ các bước tạo số giả ngẫu nhiên của một đại lượng ngẫu nhiên có phân phối bất kỳ

Ghi chú:

- Với một đại lượng ngẫu nhiên đã có hàm phân phối $F_x^{(x)}$ (hay hàm mật độ, vì $F_x^{(x)} = \int f_{(x)}.dx$) thì ta dễ dàng có x_i , sau khi tìm được số giả trên $[0, 1]$ với phân phối đều.

- Với đại lượng mờ, nói chung không có hàm phân phối, nếu có chỉ là chấp nhận gần đúng, việc tìm x_i gặp khó khăn.

- Bảng số giả ngẫu nhiên được sản sinh trên $[0, 1]$ với phân phối đều đã được giới thiệu trong nhiều tài liệu, ngày nay đã có nhiều chương trình để tạo số giả trên

máy tính [50]. Xin dẫn ra sau đây một cách tạo số giả ngẫu nhiên một cách cổ điển.

Theo [26], Nôi - man đã đề xuất cách tạo số giả ngẫu nhiên như sau:

Giả sử ta cần 4 số ngẫu nhiên có 4 số lẻ sau dấu phẩy, số đầu tiên là một số được chọn bất kỳ trên $[0, 1]$. Chẳng hạn, $R_1 = 0,9876$. Để thu được số thứ 2 R_2 , ta bình phương số thứ nhất $R_1^2 = 0,97535376$ (nói chung R_1^2 có 8 chữ số sau dấu phẩy). Ta chọn 4 chữ số giữa trong 8 chữ số sau dấu phẩy của R_1^2 làm giá trị R_2 , ta có $R_2 = 0,5353$. Tiếp tục tương tự, bình phương R_2 là $R_2^2 = 0,28654609$ lấy 4 chữ số ở giữa ta có $R_3 = 0,6546$, tiếp tục tương tự ta có R_i ($i = 1, 2, 3, 4, \dots$)

Chú ý rằng tập số giả theo thuật toán trên phụ thuộc vào giá trị R_1 (giá trị mầm – seed) và thuật toán sau đó.

Theo [50], các tác giả đã chỉ ra rằng, với các giá trị R_1 khác nhau sẽ tạo ra các tập số giả khác nhau, trong các tập tạo ra có “cái tốt”, “cái xấu” theo nghĩa độ chính xác cao, thấp. Do đó, người ta khuyến cáo, khi sử dụng chương trình tạo số giả ngẫu nhiên trên máy cần thận trọng.

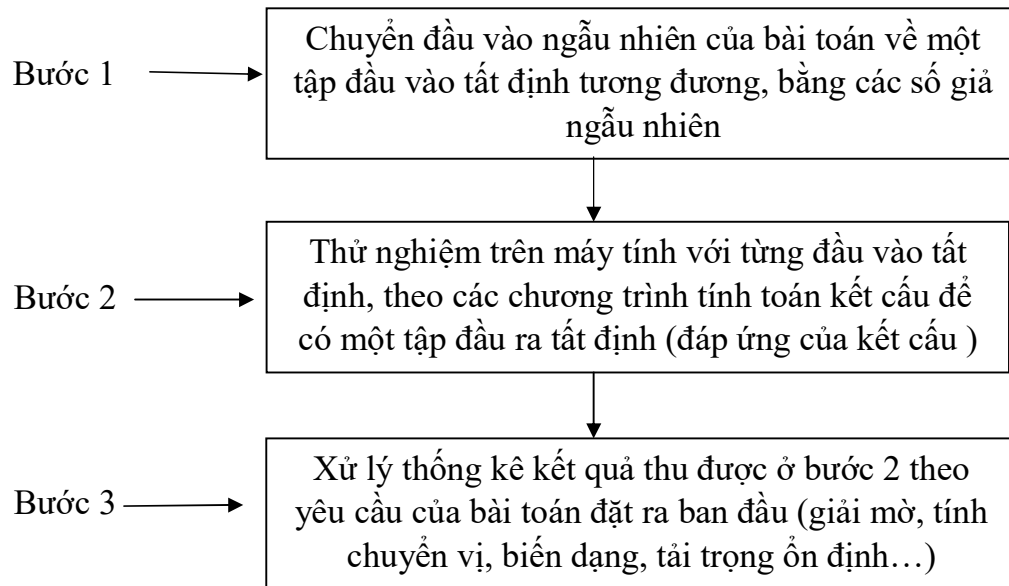
Sau đây là 1 bảng số giả ngẫu nhiên trên $[0, 1]$ có 5 số lẻ sau dấu phẩy theo phần mềm tạo số giả ngẫu nhiên online <https://www.calculator.net/random-number-generator>

Bảng 2.1: Bảng số giả ngẫu nhiên trên $[0, 1]$

0,31099	0,46015	0,26344	0,93890
0,57760	0,06416	0,84204	0,36574
0,55071	0,08834	0,32409	0,84378
0,31796	0,42918	0,49934	0,33116
0,85851	0,85976	0,39858	0,22159
0,53871	0,11432	0,54577	0,00841
0,94119	0,23245	0,40763	0,20526
0,72861	0,68625	0,22300	0,33879
0,53951	0,33018	0,51720	0,12604
0,56929	0,53902	0,42679	0,49661
0,13587	0,66312	0,31848	0,32290
0,82141	0,39967	0,64468	0,63503
0,94230	0,25279	0,03121	0,81538
0,48422	0,76089	0,33159	0,56049
0,72359	0,26285	0,07715	0,16802
0,87352	0,90196	0,08598	0,36662
0,15722	0,57968	0,58041	0,07349
0,15874	0,32801	0,01806	0,36598
0,08512	0,65457	0,64558	0,49590
0,07405	0,47274	0,50825	0,53079

Sơ đồ phương pháp Monte – Carlo có 3 bước chính.

Ta giả thiết rằng bài toán đã được thành lập và đã có thuật toán giải với các tham số đầu vào tất định. Khi các tham số đầu vào là ngẫu nhiên, ta dùng lời giải một loạt các bài toán tất định, để giải cho bài toán ngẫu nhiên theo sơ đồ sau:



Hình 2.3: Sơ đồ phương pháp Monte – Carlo

2.2.1.3. Sai số của phương pháp Monte - Carlo

Như đã trình bày ở phần trên, phương pháp Monte - Carlo dựa vào định lý Bernoulli. Với số phép thử (hay số liệu – kết quả của các phép thử độc lập) đủ lớn, người ta lấy giá trị trung bình thay kỳ vọng, lấy tần suất thay cho xác suất. Việc thay thế gần đúng như thế đã phát sinh sai số.

$$\Delta_1 \approx |M\xi - \bar{\xi}| ; \Delta_2 \approx \left| P(A) - \frac{m}{n} \right|$$

Trong đó $M\xi$ là kỳ vọng của ξ , $P(A)$ là xác suất của hiện tượng ngẫu nhiên A .

Theo [26,40], với một số giả thiết người ta đã chứng minh:

$$\Delta_1 \leq 3\sqrt{\frac{D(\xi)}{n}}$$
$$\Delta_2 \leq 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

Trong đó $D(\xi)$ là phương sai có thể thay thế bởi ước lượng không chệch,

$$D(\xi) \approx \bar{S}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{\xi} - \xi)^2$$

Còn P có thể chọn gần đúng là tần suất, nếu chọn $P = 0,5$ thì với ước lượng giả, sai số Δ_2 như sau:

$$\Delta_2 \leq \frac{3}{2\sqrt{n}}$$

Trong [26] cũng đã đưa ra các công thức đánh giá sai số.

Sau đây ta xét sự phụ thuộc giữa Δ_1, Δ_2 với số phép thử n .

Chẳng hạn, để đánh giá Δ_1 , yêu cầu sai số δ_1 ,

n được xác định là số tròn từ $3\sqrt{\frac{D(\xi)}{n}} = \delta_1$ suy ra n là số nguyên tròn của $\frac{9D(\xi)}{\delta_1^2}$

$$\text{Do } \Delta_2 = \left| P - \frac{m}{n} \right| \leq 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

Khi đã chọn $\Delta_2 = \delta_2$ ta suy ra n

Chẳng hạn chọn $p = 0,999$ thì sai số là

$$1-p = 0,001 = 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} = 0,001, \text{ suy ra } n = \frac{9p(1-p)}{0,001^2}$$

$$N \text{ là số tròn của } \frac{9p(1-p)}{0,001^2} = 8991$$

Nếu chọn $P = 0,9999$ thì N là nguyên số tròn của

$$9 \frac{(0,9999)(1-0,9999)}{0,0001^2} = 899910000$$

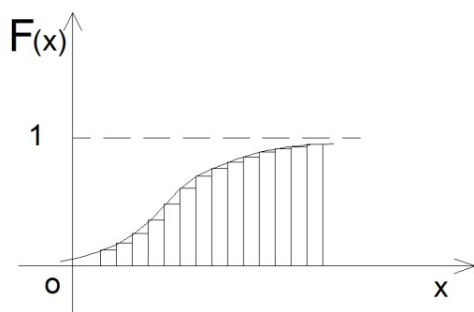
2.2.1.4 Nhận xét phương pháp Monte – Carlo

- Mỗi phép thử là một lần tính toán riêng biệt, không tính lặp theo nghĩa lấy kết quả bước trước bước làm đầu vào của bước sau, nên không có sai số tích lũy.

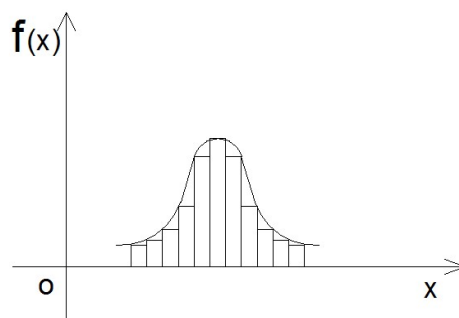
- Khối lượng tính toán lớn, vì phải thí nghiệm nhiều lần trên máy tính.

- Đòi hỏi phải thỏa mãn một số giả thiết toán học chặt chẽ, trong khi tập số liệu thu được trong thực tế khó đáp ứng. Chẳng hạn, để tính toán phải có hàm mật độ xác suất $f(x)$ hay hàm phân phối $F_x(x)$ ($f(x) = \frac{dF_x}{dx}$) và tính được F_x^{-1}

- Theo lý thuyết thống kê [27], hàm phân phối xác suất $F_x(x)$ và hàm mật độ xác suất $f(x)$ đều được xác định từ tập số liệu thực nghiệm. Hình 2.4, 2.5.



Hình 2.4: Hàm phân phối $F_x(x)$



Hình 2.5: Hàm mật độ $f(x)$

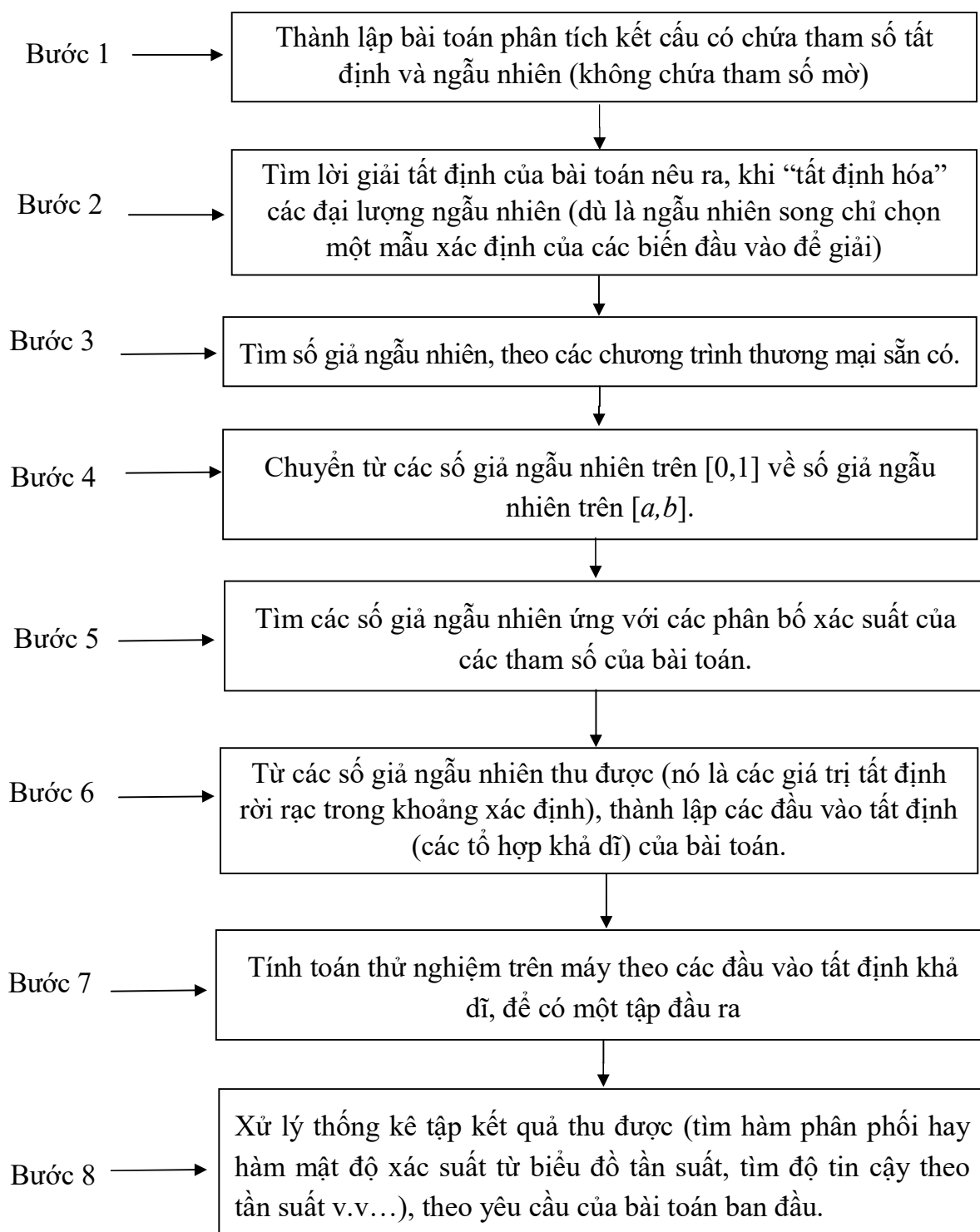
Để tìm hàm mật độ, ta lập biểu đồ tần suất xuất hiện (theo giá trị $\frac{m}{n}$ trên từng khoảng con), xấp xỉ biểu đồ tần suất bằng một đường cong trơn, ta có hàm mật độ. Song do biểu đồ tần suất phức tạp, không thể xấp xỉ bằng một đường cong trơn. Khi đó đường trơn xấp xỉ có thể gặp sai số lớn.

Lý thuyết thống kê đưa ra tiêu chuẩn phù hợp để đánh giá [27] có hai tiêu chuẩn phù hợp được dùng nhiều là tiêu chuẩn K.Pearson χ^2 và tiêu chuẩn Kô-mô-gô-rov.

Như đã nêu trên, để tạo ra số giả ngẫu nhiên ta cần có giá trị “mầm” (seed) để khởi động chương trình. Với giá trị mầm khác nhau ta có tập số giả khác nhau. Việc chọn “mầm” như thế nào là tốt cũng chưa được nghiên cứu bằng lý luận, chỉ được chọn theo kinh nghiệm của người nghiên cứu. Do đó, người ta khuyến cáo khi sử dụng chương trình mẫu hiện có để tạo số giả ngẫu nhiên cần thận trọng [28]

Để khắc phục thiếu sót trên, nhờ có các siêu máy tính, gần đây người ta đưa ra ý kiến tính toán với nhiều mầm khác nhau, sau đó lấy giá trị trung bình của kết quả. Làm như vậy thì khối lượng tính toán số rất lớn và số mầm phải đủ lớn.

2.2.2. Sơ đồ áp dụng phương pháp Monte – Carlo vào tính toán kết cấu



Hình 2.6: Sơ đồ tính kết cấu bằng phương pháp Monte – Carlo

2.3. Tính toán kết cấu bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến với các biến đầu vào ngẫu nhiên và mờ

2.3.1. Phương pháp Monte – Carlo cải tiến

Nhiều bài toán trong thực tế, đặc biệt là trong bối cảnh biến đổi khí hậu, không thể dùng phương pháp Monte- Carlo, do thiếu số liệu, do dự báo bằng các kịch bản rủi ro chủ quan, tình trạng số lớn, bắt buộc người ta phải tìm các phương pháp mới hoặc cải tiến phương pháp cũ.

2.3.1.1. Mục đích và phương pháp cải tiến

Mục đích của cải tiến là giảm bớt các giả thiết, mở rộng phạm vi ứng dụng và vẫn có thể bằng các chương trình phân tích kết cấu tất định quen thuộc để tính toán. Có thể giải được bài toán có các biến mờ tham gia.

Phương pháp được cải tiến vẫn giữ nguyên ý tưởng và các bước tính toán của phương pháp Monte - Carlo, song sửa đổi một số thủ tục tính toán sao cho khắc phục được một số nhược điểm của phương pháp Monte - Carlo, mở rộng phạm vi ứng dụng, đặc biệt là có thể tính toán với các biến mờ.

2.3.1.2. Nội dung cải tiến

Phương pháp Monte - Carlo có 3 bước chính, 2 bước được cải tiến là bước 1 và bước 3.

a. Cải tiến bước 1 (tìm các đầu vào tất định)

Không dùng các mẫu là số giả ngẫu nhiên, để tạo các đầu vào tất định, mà tạo các đầu vào tất định bằng cách dùng “mẫu toàn thể” của lý thuyết thống kê [27].

Theo lý thuyết thống kê, các mẫu thí nghiệm có thể chọn mẫu bằng hai cách:

- + Mẫu toàn thể là mẫu mà mọi khả năng xảy ra đều được chọn vào mẫu.

- + Mẫu ngẫu nhiên là mẫu chọn một cách ngẫu nhiên một số mẫu của mẫu toàn thể, sao cho số được chọn đại diện cho mẫu toàn thể (số lượng mẫu ngẫu nhiên thử ít hơn số mẫu toàn thể).

Nếu chọn mẫu toàn thể để thí nghiệm thì mọi khả năng có thể xảy ra đều được xét đến, song khối lượng tính toán lớn, có trường hợp không kể hết được mọi khả năng.

Nếu chọn mẫu ngẫu nhiên thì số lượng tính toán giảm, song phải có cách chọn sao cho nó đại diện cho mẫu toàn thể.

Để cải tiến người ta dùng mẫu toàn thể, với giả thiết các tham số là hữu hạn, các giá trị mẫu là các giá trị rời rạc trong các khoảng xác định của tham số đầu vào. Như vậy các tổ hợp khả dĩ của các biến là tập các đầu vào khả dĩ của bài toán.

Chọn như vậy có thể dẫn đến số đầu vào khả dĩ tất định lớn, khối lượng tính toán lớn. Để khắc phục khó khăn đó người ta dùng biện pháp trọng số trong xử lý thống kê (xin trình bày ở phần sau)

Thí dụ: Ta có hai biến đầu vào x và y

x được rời rạc hóa bởi 5 điểm x_1, x_2, x_3, x_4, x_5

y được rời rạc hóa bởi 7 điểm $y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7$

Thì số tổ hợp khả dụng là: $5 \cdot 7 = 35$

$x_1y_1, x_1y_2, \dots, x_1y_7; x_2y_1, x_2y_2, \dots, x_2y_7, \dots$

$x_5y_1, x_5y_2, \dots, x_5y_7$

b. Cải tiến bước 3 (xử lý thống kê theo số liệu có trọng số)

** Trọng số:*

Cơ sở để xác định trọng số là số lần xuất hiện khả dĩ trong các phép thử độc lập.

Để xác định trọng số của giá trị rời rạc trong miền xác định, ta cần xác định trọng số của giá trị xuất hiện một lần và giá trị đó có trọng số bằng đơn vị, giá trị xuất hiện m lần trọng số có giá trị bằng m . Ta gọi đầu vào có trọng số bằng 1 là “đầu vào khả dĩ cơ bản” và đầu vào cơ bản có trọng số bằng 1.

Với “đầu vào khả dĩ cơ bản” có hai biến có trọng số p, q thì trọng số của đầu vào là tích pq . Với đầu vào có k tham số, tương ứng các trọng số $p_1, p_2 \dots p_k$ thì trọng số của đầu vào là: $p_1 \cdot p_2 \dots p_k = \prod_{i=1}^k p_i$

Như vậy, ta phải xác định các “tổ hợp khả dĩ cơ bản” của các giá trị rời rạc và trọng số tương ứng;

Để xác định trọng số thì ta phải xác định được số lần xuất hiện của các giá trị rời rạc trong các phép thử độc lập.

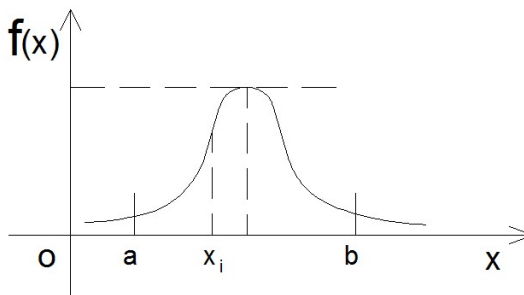
Nếu xuất phát từ biểu đồ tần suất của kết quả thí nghiệm thì ta chuyển biểu đồ tần suất về biểu đồ tần số. Bằng cách nhân tần suất với tổng số lần thử nghiệm

$$\frac{m_i}{N} \times N = m_i$$

Nếu xuất phát từ hàm mật độ xác suất thì ta phải xác định giá trị chỉ xuất hiện một lần trong các phép thử, xác định với giá trị đó tung độ của hàm mật độ là bao nhiêu? Từ đó căn cứ vào tung độ của điểm rời rạc để xác định trọng số của điểm rời rạc tương ứng.

Thí dụ: Chuyển đầu vào một đại lượng ngẫu nhiên về một tập các giá trị rời rạc và trọng số tương ứng. Giả sử xét đại lượng ngẫu nhiên X có hàm mật độ xác

suất $f(x)$, miền xác định $[a, b]$, độ lớn của hàm mật độ tỷ lệ với tần số xuất hiện của X . Do đó, để toán học hóa biểu đồ tần suất thành một đường cong trơn (đường cong toán học), sẽ xuất hiện những điểm có hàm mật độ rất bé, nghĩa là rất ít khả năng xuất hiện, các miền đó có thể bỏ qua. Vì vậy người ta thừa nhận khoảng xác định là hữu hạn (Hình 2.7).



Hình 2.7: Biểu đồ hàm mật độ xác suất $f(x)$

Với phân phối chuẩn, khoảng xác định toán học là $(-\infty, +\infty)$. Song trong tính toán thực hành người ta chỉ xét trên $[a, b]$ hữu hạn. Coi tại $x=a$ xuất hiện 1 lần, nghĩa là có trọng số bằng 1, $f(a) \equiv \alpha$ (tại $x=b$ cùng tương tự)

Suy ra $x_i \in [a; b]$ có trọng số là số tròn của $\frac{f(x_i)}{f(a)} = \frac{f(x_i)}{\alpha} \equiv q_i$. Như vậy tập giá trị rời rạc x_i có hàm mật độ tương ứng $f(x_i)$, $\{x_i, f(x_i)\}$ được thay gần đúng bởi tập giá trị rời rạc và giá trị trọng số tương ứng $\{x_i, q_i\}$.

Do đó với một đại lượng ngẫu nhiên và xác định trọng số từ biểu đồ đường tần suất hay hàm mật độ là dễ dàng.

Với bài toán có nhiều đại lượng ngẫu nhiên tham gia thì trọng số của đầu vào tất định khả dĩ là tích các trọng số của các số hạng.

*** Trọng số và giảm số lần thử nghiệm**

Thử nghiệm trên máy tính với đầu vào cơ bản có trọng số bằng đơn vị ta được một số liệu. Khi thử nghiệm với đầu vào có trọng số S_k ta có S_k số hiệu giống nhau [28,35]

Như vậy số liệu mà ta có khi xử lý thống kê là $\sum_{k=1} S_k$

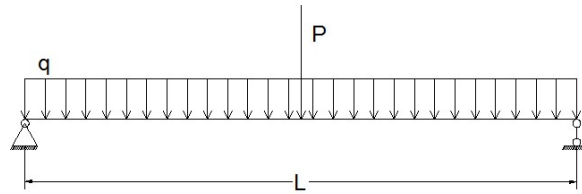
Nghĩa là ta chỉ cần thử nghiệm trên máy tính với các “đầu vào khả dĩ cơ bản”. Khi xử lý số liệu được nhân với trọng số tương ứng. Do đó, về số liệu để xử lý thống kê tăng lên rõ rệt.

Giả sử bài toán có hai biến đầu vào x_1, x_2 với $x_1^{(i)}$ có trọng số $q_1^{(i)}$, $x_2^{(j)}$ có trọng số $q_2^{(j)}$. Khi ta tính một lần với đầu vào $(x_1^{(i)}, x_2^{(j)})$ ta có tích $q_i q_j$ số liệu. Nếu ta

tính với M đầu vào cơ bản (trọng số = 1) thì ta có số liệu trên là $k = \sum_{i,j=1}^M q_i q_j$, do $q_i \geq 1$, $q_j \geq 1$ suy ra $k \gg M$.

* *Thí dụ:*

Xét dầm đơn như hình 2.8, chịu tải trọng phân bố đều q tất định, chịu tải trọng mờ P ở giữa nhịp, mô đun đàn hồi E của vật liệu là ngẫu nhiên.

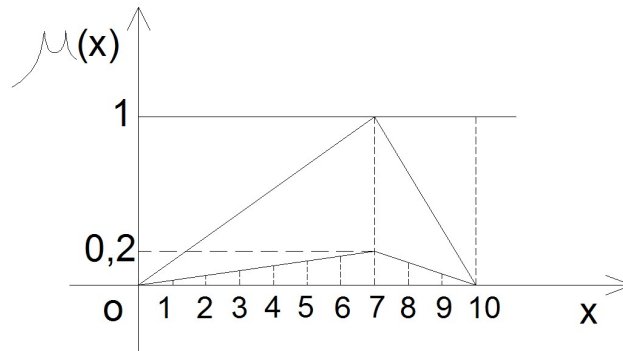


Hình 2.8: Sơ đồ tính dầm

Biến đổi tương đương mờ - ngẫu nhiên:

Giả sử hàm thuộc của P là $\mu(x)$. Điều kiện tương đương là $\int_A^B \lambda \mu(x) d(x) = 1 \rightarrow \lambda = \left[\int_A^B f(x) dx \right]^{-1}$.

Suy ra hàm tương đương ngẫu nhiên là $y_1 = \lambda \mu(x)$. Nếu $\mu(x)$ là tam giác, có miền xác định $[0,10]$, $\int_A^B \lambda \mu(x) d(x) = 5 \rightarrow \lambda = \frac{1}{5} \rightarrow y_1 = \frac{1}{5} \mu(x)$.



Hình 2.9: Hàm thuộc của đại lượng mờ ($\mu(x)$, $\mu^*(x)$)

Bảng 2.2: Trọng số các điểm rời rạc của P mờ

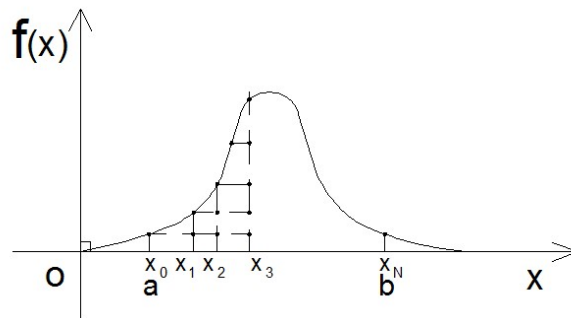
x_i	0,1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9.9
$\lambda \mu(x)$	0,0029	0,0286	0,0571	0,086	0,114	0,1429	0,1714	0,20	0,1333	0,0667	0,0067
Trọng số	1	10	20	30	40	50	60	70	47	23	1

Trọng số các điểm rời rạc của đại lượng ngẫu nhiên và tương đương:

Giả sử E là đại lượng ngẫu nhiên chuẩn, có hàm mật độ $f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$, trong đó μ là kỳ vọng, σ là độ lệch chuẩn.

Giả sử $\mu_E = 2,1.10^8 \text{ kN/m}^2$; $\sigma_E = 0,105.10^8 \text{ kN/m}^2$.

Rời rạc hóa E trong miền hữu hạn $(-3\sigma; 3\sigma)$.



Hình 2.10: Hàm mật độ của đại lượng ngẫu nhiên

Bảng 2.3: Trọng số các điểm rời rạc của đại lượng ngẫu nhiên E

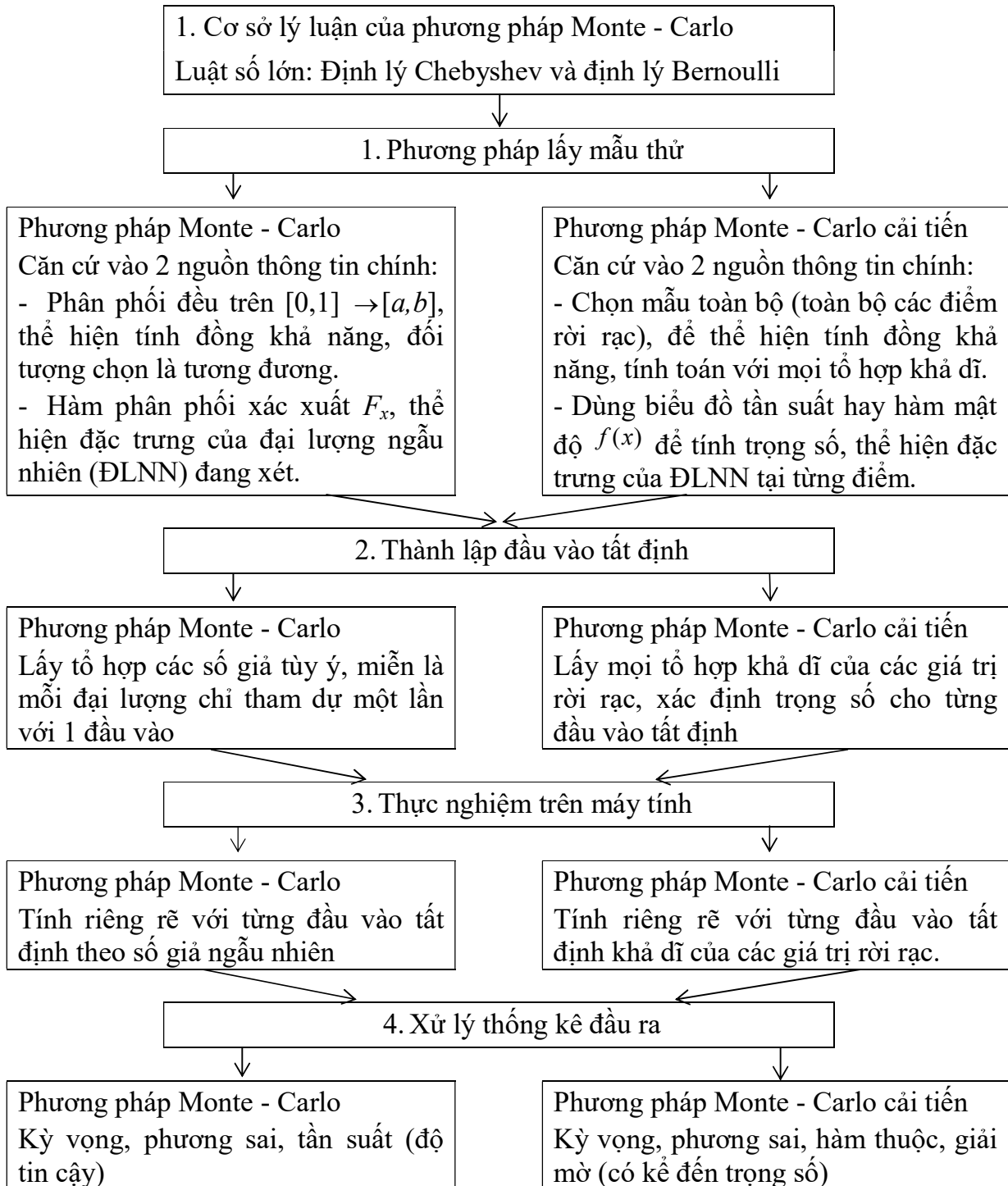
x_i	1,8E+08	2E+08	1,9E+08	2E+08	2,1E+08	2,2E+08	2,26E+08	2,34E+08	2,4E+08
$f(x)$	4,2E-10	3E-09	1,2E-08	2,9E-08	3,8E-08	2,9E-08	1,23E-08	3,02E-09	4,2E-10
Trọng số	1	7	29	68	90	68	29	7	1

Số lần tính toán thử nghiệm trên máy tính là $9 \times 11 = 99$ là số đầu vào cơ bản. Khi kể đến trọng số thì số liệu thu được là 10.590.

Xây dựng biểu đồ tần suất kết quả thí nghiệm trên máy tính. Từ đó suy ra đường cong “mật độ xác suất gần đúng”, tương tự đường mật độ trong lý thuyết xác suất.

Với số liệu trên ta có thể tìm giá trị đại diện bằng cách giải mờ (Khi đã đưa đường cong tần suất về hàm thuộc), tìm xác suất của các giá trị rời rạc và một khoảng xác định (ước lượng khoảng), tức tìm độ tin cậy.

2.3.1.3. So sánh phương pháp Monte – Carlo và phương pháp Monte – Carlo cải tiến



Hình 2.11: Sơ đồ so sánh phương pháp Monte – Carlo và phương pháp Monte – Carlo cải tiến

Kết luận: Phương pháp Monte – Carlo chỉ giải được bài toán có các tham số ngẫu nhiên. Bài toán ngẫu nhiên không có các biến mờ, giải bằng phương pháp Monte - Carlo rất thuận lợi.

Phương pháp Monte – Carlo cải tiến có thể giải được bài toán có biến mờ tham gia và khắc phục được một số nhược điểm của phương pháp Monte – Carlo. Bài toán ngẫu nhiên không có biến mờ, giải bằng phương pháp Monte - Carlo cũng rất thuận lợi.

Ngày nay trong điều kiện biến đổi khí hậu, nhiều tham số trong tính toán không đủ số liệu phải dự báo chủ quan; hoặc nhiều số liệu (big data), song không thỏa mãn các giả thiết thống kê, nên phương pháp Monte – Carlo cải tiến là một công cụ hữu hiệu, trong thời đại có siêu máy tính. Vấn đề bây giờ là phải số hóa các đại lượng mờ, để có thể đưa vào máy tính.

2.3.2. Sơ đồ tính kết cấu bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến

Bước 1: Thành lập bài toán phân tích kết cấu có chứa 3 loại tham số: Tất định (deterministic), ngẫu nhiên (stochastic) và mờ (fuzzy). Chú ý 2 loại bài toán: Bài toán cơ học kết cấu và bài toán thiết kế công trình theo tiêu chuẩn.

Bước 2: Mờ hóa (fuzzification) các tham số mờ bằng cách tìm hàm thuộc (membership function) của bài toán và của tiêu chuẩn (có liên quan).

Bước 3: Biến đổi tương đồng (hay phù hợp) về mặt định lượng giữa mờ và ngẫu nhiên.

Bước 4: Rời rạc hóa các tham số ngẫu nhiên và mờ (được biến đổi) kèm theo trọng số của các điểm rời rạc.

Bước 5: Lập các “tổ hợp khả dĩ” của các tham số đầu vào của bài toán (tập các đầu vào tất định).

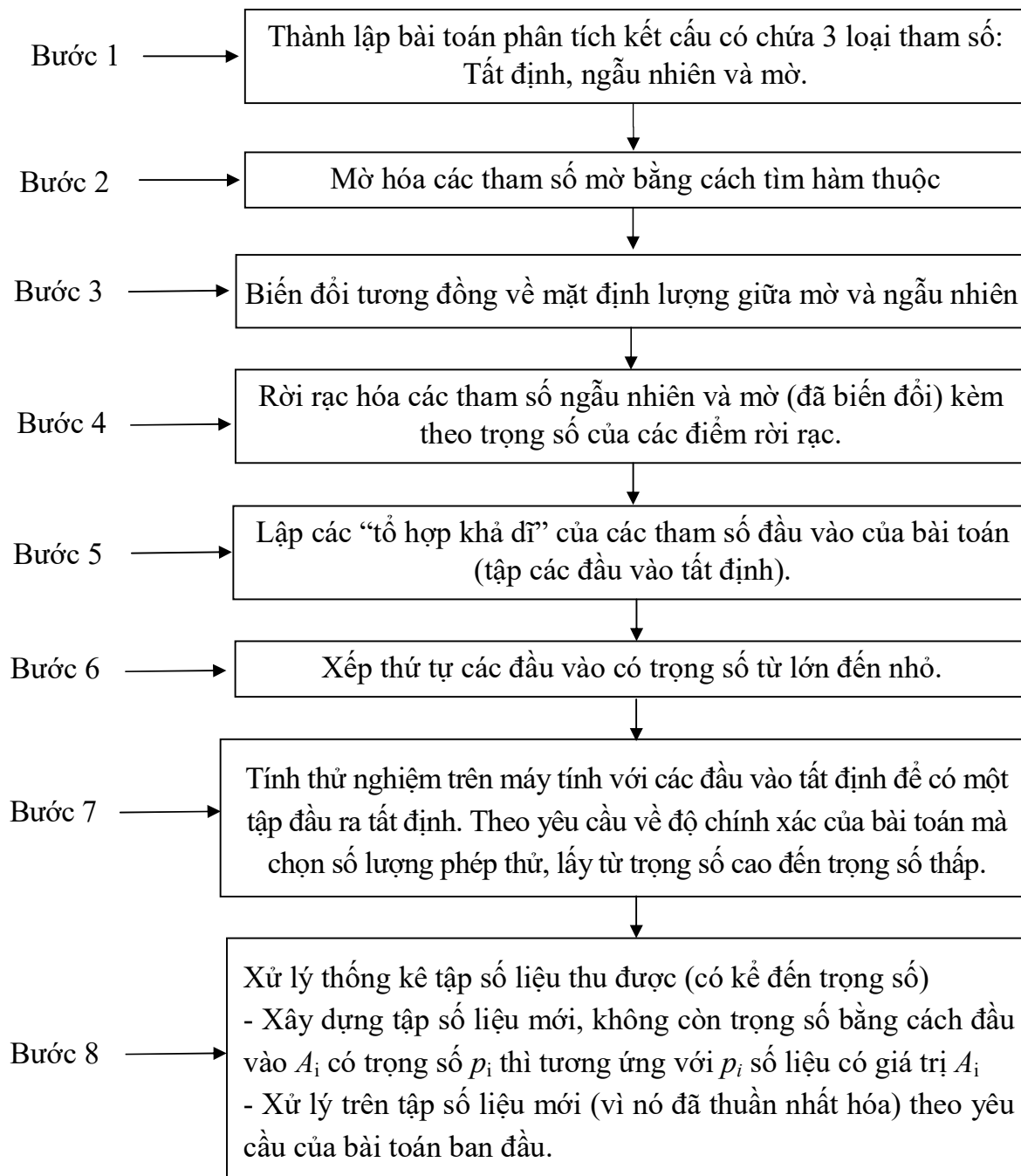
Bước 6: Xếp thứ tự các đầu vào có trọng số từ lớn đến nhỏ.

Bước 7: Tính thử nghiệm trên máy tính với các đầu vào tất định để có một tập đầu ra tất định. Theo yêu cầu về độ chính xác của bài toán mà chọn số lượng phép thử, lấy từ trọng số cao đến trọng số thấp.

Bước 8: Xử lý thống kê tập số liệu thu được (có kể đến trọng số)

- Xây dựng tập số liệu mới, không còn trọng số bằng cách đầu vào A_i có trọng số p_i thì tương ứng với p_i số liệu có giá trị A_i

- Xử lý trên tập số liệu mới (vì nó đã thuần nhất hóa) theo yêu cầu của bài toán ban đầu.



Hình 2.12: Sơ đồ phương pháp Monte – Carlo cải tiến

2.3.3. Các ứng dụng phương pháp Monte – Carlo cải tiến để tính toán kết cấu

Khi đã có một tập số liệu đáp ứng của công trình, thì các bài toán được giải quyết (tìm lời giải) bằng cách xử lý thống kê thích hợp.

Sau đây xin trình bày một số trường hợp điển hình.

2.3.3.1. Bài toán tìm đáp ứng mờ của công trình

Đầu vào mờ, qua ánh xạ là phân tích kết cấu ta có đầu ra mờ. Do đó, để áp dụng vào bài toán kết cấu có thể tiến hành:

- Tìm hàm thuộc đầu ra theo biểu đồ tần suất;
- Giải mờ để tìm một giá trị xác định đại diện cho tập số liệu [57];
- Ước lượng khoảng hay điểm để đánh giá sai số và độ tin cậy [27].

2.3.3.2. Bài toán xác định độ tin cậy

Bài toán tổng quát về độ tin cậy của công trình là tính xác suất [41],

$$P = P_{ri} \left\{ \begin{array}{l} L_u = q_{\mu\bar{u}=\bar{v}} \\ f_{(\bar{v})} \in \Omega_0 \\ \forall \bar{x} \in \nu \end{array} \right\}$$

Trong đó $L_u = \bar{q}$ là phương trình trạng thái, $f_{(\bar{v})}$ là hàm chất lượng Ω_0 là miền an toàn.

- Tập số liệu thu được xác định theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến coi như lời giải của $L_u = \bar{q}$.

- Để thỏa mãn $f_{(\bar{v})} \in \Omega_0$ ta kiểm tra sau mỗi lần thử. Vì vậy từ tập số liệu ta thu được tần suất thỏa mãn điều kiện an toàn, nghĩa là giá trị gần đúng của độ tin cậy. Chú ý rằng đây là “độ tin cậy mờ”.

2.3.3.3. Bài toán chẩn đoán kỹ thuật công trình (công trình hiện hữu)

Trong bài toán chẩn đoán kỹ thuật công trình các tham số thường thiếu số liệu thực nghiệm, không thể dùng lý thuyết xác suất – thống kê để nghiên cứu.

Có nhiều phương pháp để giải bài toán chẩn đoán kỹ thuật, song vì là bài toán chứa tham số mờ, nên dùng phương pháp Monte – Carlo cải tiến là thuận lợi nhất.

Thông thường để giải bài toán chẩn đoán kỹ thuật, người ta dùng cách đồng nhất hóa giữa số liệu thực và số liệu dự báo, bằng cách dẫn đến giải một bài toán tối ưu, giải bài toán tối ưu đó bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến [29].

2.3.3.4. Bài toán dao động công trình

Khi xét bài toán dao động công trình thì phải kể đến yếu tố thời gian. Khi có thời gian tham gia thì có thể xuất hiện các quá trình ngẫu nhiên. Ta xét mỗi thể hiện của quá trình là tương ứng một đầu vào bất định. Do đó ta chuyển đầu vào ngẫu nhiên về một tập đầu vào tất định (là các thể hiện). Dẫn đến ta phải giải một loạt các bài toán dao động tất định để tìm số liệu đầu ra.

Xử lý tập số liệu đầu ra của các bài toán dao động, ta có kết quả bài toán [30].

2.3.3.5. Nhận xét phương pháp Monte – Carlo cải tiến

- Khi có biến mờ tham gia, có thể có các cách khác nhau để giải bài toán [24,57].

- Trong luận án này đã sử dụng phương pháp chọn mẫu toàn thể có trọng số để giải các bài toán có 3 loại đại lượng đầu vào (tất định, ngẫu nhiên và mờ).

- Để giải bài toán, các tham số đã được số hóa và biến đổi tương đồng về định lượng để tính chung với đại lượng ngẫu nhiên.

2.4. Nhận xét chương 2

- Phương pháp Monte – Carlo giải được các bài toán phức tạp, mà các phương pháp khác không thể giải được.

- Phương pháp Monte – Carlo đưa bài toán có chứa các tham số ngẫu nhiên về bài toán tất định, nhờ vậy tận dụng được các thuật toán và chương trình tính toán tất định hiện có, tận dụng được khả năng tính toán của máy tính.

- Trong các bài toán phân tích kết cấu có nhiều đại lượng ngẫu nhiên tham gia, để tạo số giả ngẫu nhiên phải biết mật độ phân bố đồng thời của các biến ngẫu nhiên. Do đó, đòi hỏi số liệu đo đạc đồng thời, việc đó rất khó khăn, hầu như không thực hiện được trong thực tế khi sử dụng phương pháp Monte – Carlo.

- Do thực tiễn đòi hỏi, xuất hiện nhiều bài toán chứa các đại lượng mờ (uncertainty), không thể dùng được các phương pháp xác suất – thống kê cổ điển để giải. Phương pháp Monte – Carlo cải tiến đã giải quyết được bài toán tính toán kết cấu có chứa đại lượng mờ, cải tiến là thủ tục tính toán và xử lý số liệu.

- Để dùng được các thuật toán tính kết cấu tất định quen thuộc thì phải số hóa các đại lượng mờ, gồm mờ hóa các hiện tượng tự nhiên và mờ hóa các quy định của các tiêu chuẩn.

CHƯƠNG 3. PHƯƠNG PHÁP MONTE – CARLO CẢI TIẾN TRONG TÍNH TOÁN KẾT CẤU CÔNG TRÌNH NHÀ CHỊU ĐỘNG ĐẤT THEO TCVN 9386:2012 CÓ KỂ ĐẾN THAM SỐ MỜ CỦA TIÊU CHUẨN

3.1. Mở đầu

Tính toán kết cấu nói chung bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến cho kết cấu công trình đã được trình bày ở chương 2. Trong chương này, trình bày áp dụng phương pháp Monte – Carlo cải tiến vào bài toán phân tích kết cấu công trình nhà chịu động đất theo TCVN 9386:2012.

Do đặc trưng ngẫu nhiên và mờ của vấn đề động đất, do yêu cầu quản lý xây dựng công trình chịu động đất, các tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn đã được thành lập và đã được cải tiến (hay đổi mới) nhiều lần.

Song do bản chất của vấn đề và lượng thông tin thu được còn thiếu, trong tiêu chuẩn kháng chấn TCVN 9386:2012 còn chứa nhiều quy định mờ. Ngoài các điều bắt buộc (được gọi là nguyên tắc) còn có những quy định bằng số hoặc bằng lời (ngôn ngữ), do đó khi tính toán cụ thể việc chọn giá trị các tham số mờ là do chủ quan của người thiết kế. Do đó, dễ dẫn đến sai số hoặc nảy sinh các hiện tượng tiêu cực (theo ý riêng của người thiết kế hay chủ đầu tư). Cũng vì vậy, việc tự động hóa thiết kế công trình theo tiêu chuẩn kháng chấn gặp khó khăn.

Trong chương này, trình bày 2 phần chính:

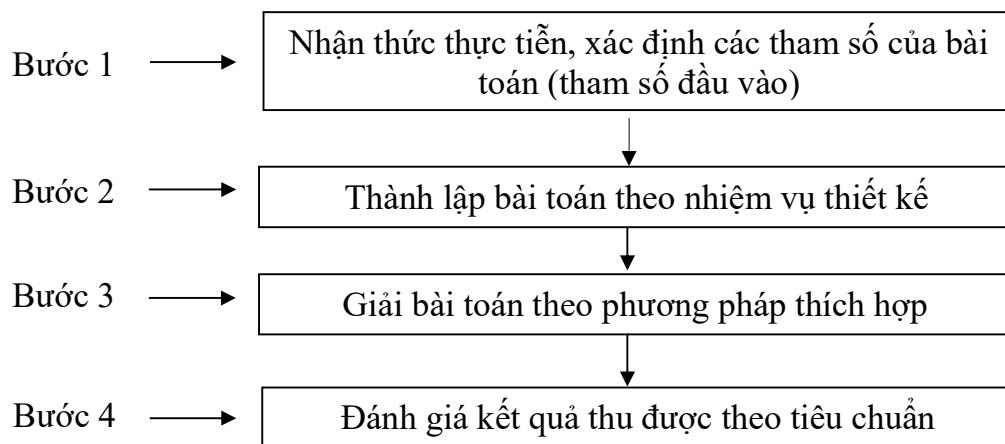
- Nhận diện và số hóa các tham số mờ trong tiêu chuẩn kháng chấn TCVN 9386:2012.
- Dùng phương pháp Monte – Carlo cải tiến để tính toán công trình chịu tải trọng động đất theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012.

3.2. Phân loại và số hóa các đại lượng mờ trong tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn

3.2.1. Các nguyên nhân sinh ra các đại lượng mờ trong tiêu chuẩn kháng chấn

3.2.1.1. Do bản chất ngẫu nhiên của vấn đề động đất

Để giải quyết một vấn đề nào đó trong thực tế, thường người ta phải thực hiện các bước sau:



Rõ ràng thấy rằng tiêu chuẩn thiết kế ảnh hưởng đến 4 bước kể trên.

Để hiểu được hiện tượng động đất, ta phải có các thông tin về địa điểm phát sinh, năng lượng được giải phóng (sức mạnh), quá trình truyền sóng chấn động v.v... Tất cả các điều đó được mang đặc trưng ngẫu nhiên (đủ số liệu thống kê) hay mờ (thiếu số liệu hay, không rõ số liệu).

Do đó, trong TCVN 9386:2012 (được chuyển từ Eurocode 8) trong phần quy định chung (mục 1.1, trang 9) đã chú thích: *“Do bản chất ngẫu nhiên của hiện tượng động đất cũng như những hạn chế của các giải pháp hiện có nhằm giải quyết hậu quả động đất nên những mục đích nói trên chỉ là tương đối khả thi và chỉ có thể đánh giá thông qua khái niệm xác suất. Mức độ bảo vệ đối với các loại công trình khác nhau chỉ có thể đánh giá thông qua khái niệm xác suất là một bài toán phân bổ tối ưu các nguồn tài nguyên và do vậy có thể thay đổi tùy theo từng quốc gia, tùy theo tầm quan trọng tương đối của nguy cơ động đất so với các nguy cơ do các nguyên nhân khác cũng như tùy theo điều kiện kinh tế nói chung”*.

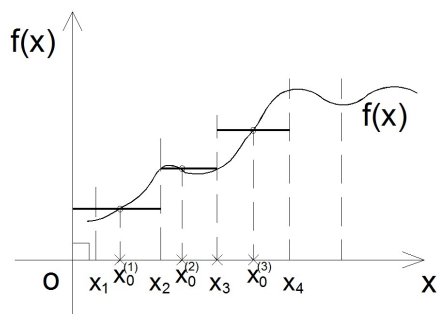
Chú thích trên đã thừa nhận:

- Đặc điểm ngẫu nhiên của hiện tượng;
- Phụ thuộc vào điều kiện của từng nước.

3.2.1.2. Do chủ quan của người thiết kế và người quản lý

Tiêu chuẩn là công cụ quan trọng để quản lý công tác xây dựng. Để phục vụ việc chỉ đạo và kiểm tra xây dựng công trình, người ta đã tiến hành phân cấp, phân loại công trình theo các chỉ tiêu khác nhau.

Trong cùng một loại, các tham số nằm trong một khoảng và giá trị tính toán cho mỗi loại là một giá trị xác định. Điều đó có thể minh họa trong trường hợp một chiều trong hình 3.1:

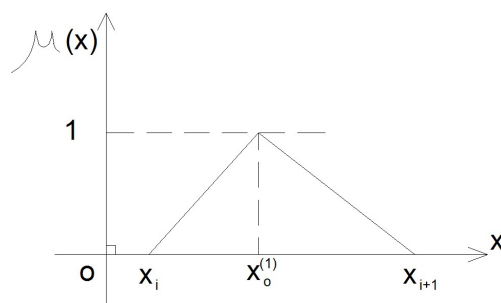


Hình 3.1: Các tham số trong trường hợp 1 chiều

Trong một loại, giá trị x nằm trong khoảng $[x_i, x_{i+1}]$ giá trị quy định để tính toán của tiêu chuẩn là $x^{(i)}_0$. Nghĩa là người ta thường thay đường cong $f(x)$ bằng những đoạn thẳng gián đoạn song song với trục hoành.

Theo lý thuyết tập mờ, đại lượng quy định trong khoảng như vậy được biểu diễn (mờ hóa) như sau:

Coi $x^{(i)}_0$ là giá trị tin tưởng, khoảng xác định là $[x_i, x_{i+1}]$ hàm thuộc $\mu(x)$ là tam giác (hình 3.2), giá trị x được lấy với mọi điểm trong khoảng xác định song có hàm thuộc khác nhau (hàm thuộc khi đủ thông tin có thể là đường cong, khi chỉ biết thông tin hai đầu, người ta thường xấp xỉ là đường thẳng).



Hình 3.2: Biểu diễn đại lượng mờ hóa

3.2.2. Số hóa các đại lượng mờ chứa trong tiêu chuẩn

Số hóa một đại lượng hay một quá trình được hiểu theo nghĩa khác nhau [31], trong Chương này chỉ hiểu số hóa các đại lượng mờ theo nghĩa hẹp [35].

Số hóa là biểu diễn hiện tượng (xã hội hay tự nhiên), quy định (bắt buộc hay tham khảo) bằng một số, một tập số, một bảng số, một hàm số hay một thuật toán v.v..., sao cho nó có thể là đầu vào của một chương trình tính toán trên máy tính.

Số hóa một hiện tượng là tạo một tập dữ liệu được định nghĩa hay xác định rõ ràng về mô hình toán học hay cách thức tổ chức nội dung, để có thể đưa vào máy tính một cách dễ dàng hay nhờ một chương trình con đơn giản.

Trong các tiêu chuẩn nói chung và TCVN 9386:2012 nói riêng, có các quy định bắt buộc và quy định tham khảo. Có 3 loại đại lượng chứa trong tiêu chuẩn là:

- **Tất định:** Là đại lượng được xác định cụ thể, rõ ràng bởi một số.

Các đại lượng này là đại lượng xác định với sai số ít và độ nhạy thấp. Chẳng hạn, các yếu tố hình học, hệ số poisson v.v... Nó được đưa vào đầu vào tính toán một cách thông thường và giữ nguyên giá trị trong mọi tổ hợp đầu vào khả dĩ.

- **Ngẫu nhiên:** Là những đại lượng được xác định bằng các đặc trưng bằng số của nó (kỳ vọng, phương sai v.v...) Không biết giá trị cụ thể, song biết khoảng xác định (tức là biết giá trị max và giá trị min), biết tần suất xuất hiện (tức biết hàm mật độ xác suất).

Chẳng hạn mô đun đàn hồi E của bê tông và thép, cường độ bê tông và thép.

- **Mờ:** Là đại lượng được xác định giá trị nằm trong một khoảng hữu hạn, có hay không có thông tin quy định bổ sung, song không xác định giá trị cụ thể; giá trị nằm trong khoảng bán vô hạn, có hoặc không có thông tin quy định bổ sung, song không xác định được giá trị cụ thể; giá trị được quy định bằng ngôn ngữ (nên, không nên, lớn, bé, trung bình v.v...).

Do đặc điểm của đại lượng mờ, nếu không số hóa thì không thể đưa vào tính toán trên máy tính.

Ngày nay trong tính toán với các hiện tượng tự nhiên và xã hội ta gặp các đại lượng mờ nói chung và tính toán kết cấu nói riêng.

Chẳng hạn, trong biến đổi khí hậu gió bão và lũ lụt chỉ được dự báo theo các kịch bản chủ quan, nằm trong một khoảng nào đó, tính chất của nền đất theo kết quả thí nghiệm tại hiện trường được xác định nằm trong một khoảng, Do phân cấp, phân loại công trình (theo đặc điểm hay tầm quan trọng) mà nhiều đại lượng của tiêu chuẩn được xác định trong một khoảng, không xác định giá trị cụ thể.

Tại sao tiêu chuẩn có các quy định mờ như vậy mà người thiết kế vẫn tính toán được? Vì tiêu chuẩn cho phép tính theo kỳ vọng (giá trị tin tưởng) là có sai số. Người lập tiêu chuẩn biết điều đó, song chưa có phương pháp khả dĩ khác.

Chẳng hạn, trong phạm vi ứng dụng vào tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 (mục 1.1, trang 9) đã chú thích: *“Do bản chất ngẫu nhiên của hiện tượng động đất cũng như những hạn chế của các giải pháp hiện có nhằm giải quyết hậu quả động đất, nên những mục đích nói trên chỉ là tương đối khả thi và chỉ có thể đánh giá thông qua khái niệm xác suất...”*

Từ chú thích ta thấy rõ người làm tiêu chuẩn cũng đã thừa nhận:

- Đó là hiện tượng ngẫu nhiên (thì phải tính toán với ngẫu nhiên);
- Cách giải quyết vấn đề hiện nay bị hạn chế (nghĩa là chưa triệt để, vì chưa giải quyết theo ngẫu nhiên);
- Các vấn đề quy định trong tiêu chuẩn cũng chỉ là tương đối (trong thực hiện cũng chỉ là tương đối);
- Để giải quyết vấn đề chỉ bằng cách thông qua khái niệm xác suất (tức là phải tính theo lý thuyết xác suất).

Cho đến nay các phương pháp xác suất để tính kết cấu thực phức tạp vẫn chưa hoàn chỉnh và chưa có chương trình kèm theo để tính toán thuận lợi trên máy tính, các tiêu chuẩn cũng chưa chuyển sang thiết kế theo độ tin cậy (trừ một số tiêu chuẩn đã nêu trong chương I).

Vì vậy không chờ sự phát triển của khoa học, các công trình vẫn được xây dựng, để đáp ứng yêu cầu thực tế và hợp với trình độ các kỹ sư, người ta đã “tắt định hóa” (determinization), nghĩa là các tham số ngẫu nhiên được xác định cụ thể, để tính toán theo thuật toán tắt định đã được đề xuất và có chương trình kèm theo (phương pháp PTHH).

Do đầu óc sáng tạo và bản chất thích nghi của con người, người ta căn cứ vào các tiến bộ khoa học tính toán và theo kinh nghiệm thực tế (các sự cố công trình xảy ra) để đổi mới (hay cải tiến) tiêu chuẩn theo định kỳ (5-10 năm 1 lần) lúc cần thiết.

Ngày nay ngoài lý thuyết xác suất thống kê, lý thuyết tập mờ ra đòi cho phép ta biểu diễn mờ và tính toán với các đại lượng mờ.

- Tiêu chuẩn quy định cho phép chọn 1 giá trị x_0 nào đó trong khoảng (giá trị tin tưởng).

- Cho phép người thiết kế tự chọn, theo ý chủ quan hay theo một số thông tin bổ sung nào đó (theo kinh nghiệm và điều kiện thực thi).

Làm như vậy người ta gọi là “xác định” (determination) đại lượng mờ.

Người ta chấp nhận chọn giá trị quy định hay giá trị chọn của người thiết kế làm giá trị tin tưởng để biểu diễn mờ. Đó là cách biểu diễn mờ thô, chưa đúng bản chất, có thể có sai số, song chưa có cách khác về phương pháp tính toán, song người ta có cách khắc phục như đã nói ở trên.

Cuối cùng, các đại lượng tắt định và ngẫu nhiên đã được số hóa, vậy ta cần phải số hóa các đại lượng mờ.

Để số hóa các đại lượng mờ phải tiến hành 2 bước:

Bước 1: Mờ hóa các đại lượng mờ, tức là tìm hàm thuộc $\mu(x)$.

Các phương pháp tìm hàm thuộc đã được trình bày trong các tài liệu [24, 33, 57..].

Bước 2: Thực hiện phép biến đổi phù hợp về định lượng để có thể tính chung trên một sơ đồ với đại lượng tất định và ngẫu nhiên [35].

3.2.2.1. Các cách số hóa

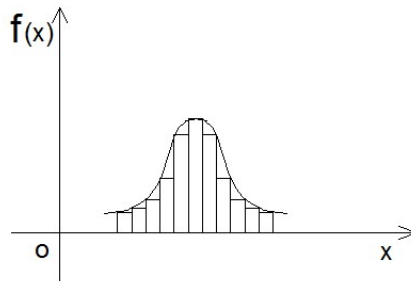
Đại lượng mờ trong các lĩnh vực: kỹ thuật, kinh tế, an ninh quốc phòng, truyền thông v.v... được hiểu theo nghĩa rộng. Đó là các đại lượng không được xác định rõ ràng (uncertainty), không rõ, thiếu số liệu hoặc số liệu lớn (big data) song không thỏa mãn các giả thiết thống kê, diễn đạt định tính bằng ngôn ngữ không xác định về định lượng, dự báo theo chủ quan [57, 63].

Sau đây chỉ xin trình bày một số ý kiến có tính chất thực hành và trong nghĩa hẹp hợp với công trình.

Năm 1965 L.A.Zadeh là một giáo sư của đại học California (Mỹ) đưa ra ý kiến biểu diễn mờ của một đại lượng mờ bằng hàm thuộc (hay hàm thuộc tính) $\mu(x)$. Sau đó ông đưa ra nguyên lý mở rộng để tìm hàm thuộc của một hàm của các biến mờ [24, 57, 63].

3.2.2.2. Xác định hàm thuộc $\mu(x)$ của đại lượng mờ

Để tìm hàm thuộc L.A.Zadeh đã mượn ý tưởng của biểu diễn hàm mật độ xác suất $f(x)$ của đại lượng ngẫu nhiên. Đối với các đại lượng ngẫu nhiên, người ta thu thập số liệu thực nghiệm về hiện tượng ngẫu nhiên bằng quan sát, đo đạc v.v..., xử lý thống kê tập số liệu thu được, lập biểu đồ tần suất, xấp xỉ biểu đồ tần suất bằng một đường cong trơn đó là hàm mật độ xác suất $f(x)$ (Hình 3.3).



Hình 3.3: Hàm mật độ xác suất

Mọi tính toán về đại lượng ngẫu nhiên đều dùng hàm $f(x)$. Do đó, có thể hiểu đơn giản là biết hàm mật độ là đã số hóa đại lượng ngẫu nhiên. Còn đối với đại lượng mờ mấy nguyên tắc sau đây được L.A.Zadeh sử dụng:

- Thiếu số liệu khách quan (thực nghiệm, quan sát, đo đạc, v.v...) thì cho phép bổ sung các số liệu chủ quan (ý kiến, kinh nghiệm) của người nghiên cứu.

- Hàm mật độ xác suất $f(x)$ biểu diễn mức độ xuất hiện (ít, nhiều) của đại lượng ngẫu nhiên trong các phép thử độc lập. Đối với đại lượng mờ thì “mức độ xuất hiện” được thay bởi “mức độ tin tưởng” của sự xuất hiện.

Từ 2 nguyên tắc trên, L.A.Zadeh đã kết hợp số liệu khách quan (có thực) và dự báo chủ quan của người nghiên cứu, để xác định hàm thuộc theo các bước sau:

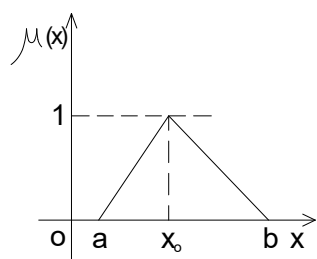
- Ước lượng theo số liệu khách quan và dự báo chủ quan của người nghiên cứu để quy định khoảng xác định của đại lượng mờ.

- Dự báo trong khoảng xác định, những giá trị nào có khả năng xuất hiện nhiều nhất, tại các giá trị đó được gán cho hàm thuộc có giá trị cực đại bằng đơn vị ($\max \mu(x)=1$).

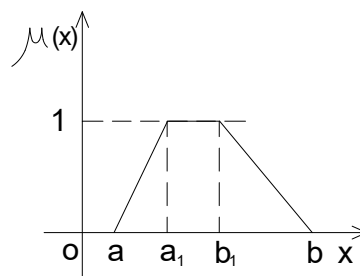
Giá trị cực đại được gọi là giá trị tin tưởng (không phải giá trị chắc chắn xuất hiện trong các phép thử, mà là giá trị có khả năng xuất hiện lớn nhất); các giá trị còn lại của khoảng xác định $\mu(x)$ có giá trị bé hơn, ngoài khoảng xác định giá trị hàm thuộc bằng 0.

Với cách làm trên, người ta thường dùng các hàm thuộc dạng tam giác, hình thang, hình chuông, hình thang, bán vô hạn,...

- Hàm thuộc tam giác (hình 3.4) có khoảng xác định $[a, b]$ và điểm tin tưởng x_0 .



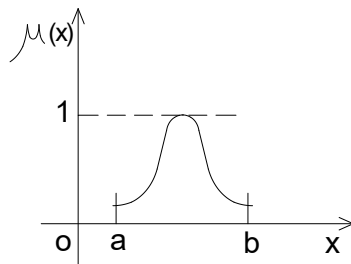
Hình 3.4: Hàm thuộc tam giác



Hình 3.5: Hàm thuộc hình thang

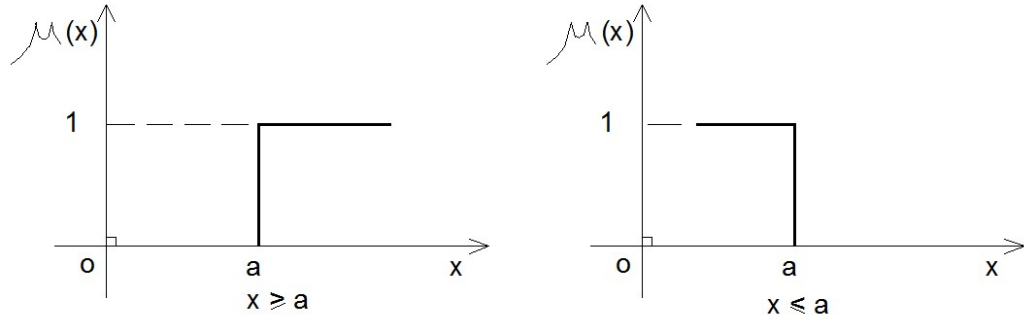
- Hàm thuộc hình thang (hình 3.5) có khoảng xác định $[a, b]$ và khoảng giá trị tin tưởng là $[a_1, b_1]$, biểu diễn trường hợp có thể có nhiều giá trị tin tưởng.

- Hàm thuộc hình chuông, có thể khoảng xác định là hữu hạn hay vô hạn. Do ý nghĩa kinh tế và kỹ thuật, trường hợp toán học biểu diễn là vô hạn, khi ứng dụng người ta cũng đưa về hữu hạn $[a, b]$ để xét (hình 3.6)



Hình 3.6: Hàm thuộc hình chuông

Do đặc điểm của các đại lượng mờ, hàm thuộc có thể có các dạng khác nhau.



Hình 3.7: Hàm thuộc bán vô hạn

Ghi chú: Mờ hóa (fuzzyfication) các đại lượng mờ như trên đã thừa nhận mọi đại lượng mờ đều có giá trị cực đại bằng 1. Nghĩa là các đại lượng mờ ít hay mờ nhiều thì giá trị tin tưởng cũng bằng 1, trong khi đại lượng ngẫu nhiên giá trị cực đại của hàm mật độ xác suất $f(x)$ phụ thuộc vào số liệu thực nghiệm. Đó là sự không tương đồng về mặt định lượng giữa mờ và ngẫu nhiên. Do đó, khi tính chung trên một sơ đồ có cả đại lượng ngẫu nhiên và mờ, ta cần thực hiện phép biến đổi tương đương.

3.2.2.3. Số hóa đại lượng mờ thứ cấp

- *Đại lượng mờ sơ cấp và thứ cấp:*

Khi tính toán công trình theo tiêu chuẩn, thường gặp 2 loại biến mờ, đó là đại lượng mờ sơ cấp và thứ cấp.

Đại lượng mờ thứ cấp là hàm của đại lượng mờ sơ cấp.

Chẳng hạn, theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012, đối với thành phần nằm ngang của tác động động đất phổ gia tốc thiết kế $S_d(T)$ theo chu kỳ dao động riêng T , với hệ số cản nhớt 5% được xác định như sau:

$$\begin{aligned} 0 \leq T \leq T_B : S_d(T) &= a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \\ T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) &= a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \\ T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) &\begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \\ T_D \leq T : S_d(T) &\begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \end{aligned}$$

Khi T đã xác định thì $S_d(T)$ là hàm của tham số mờ a_g, S, T_B, q . Vậy $S_d(T)$ là tham số mờ thứ cấp.

- *Số hóa các đại lượng thứ cấp*

Ý tưởng chung của số hóa các đại lượng mờ thứ cấp là: từ các giá trị rời rạc của các biến sơ cấp, ta lập được một tập đầu vào cho biến thứ cấp, từ đó tính toán để có một tập đầu ra của biến thứ cấp. Căn cứ theo tập số liệu thu được, ta có biểu đồ tần suất (hay tần số), nó là giá trị gần đúng của hàm thuộc.

Khi đã có hàm thuộc thì nó trở thành một biến sơ cấp, nó được tham gia tính toán tiếp tục của các bước sau của quá trình như các biến sơ cấp khác.

Thí dụ: Biến thứ cấp phụ thuộc 2 biến sơ cấp λ_1, λ_2 . Ta rời rạc số hóa λ_1 thành n_1 điểm, λ_2 thành n_2 điểm, số tổ hợp khả dĩ là $n_1.n_2$, nếu với k số thì số lượng tổ hợp là $n_1.n_2 \dots n_k$.

Đối với $S_d(T)$ phụ thuộc 4 biến cơ bản a_g, S, T_B, q (T đã xác định).

Giả sử ta rời rạc mỗi số thành 5 điểm, suy ra số tổ hợp khả dĩ là $5^4=625$. Như vậy ta có 625 số liệu đầu ra (chưa kể trọng số). Khi xử lý thống kê ta dùng trọng số để tăng số liệu.

3.2.2.4. *Biến đổi tương đương về định lượng*

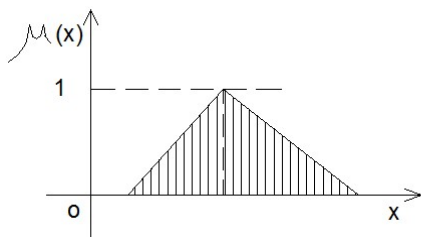
a) *Sự không phù hợp về định lượng*

Phân tích kết cấu trong bối cảnh biến đổi khí hậu thường có 3 loại đại lượng : tất định, ngẫu nhiên và mờ. Rất tiếc 3 loại đại lượng này không tương đương về định lượng, chỉ có sự tương tự về định tính. Nên đã có nhiều công trình trong và ngoài nước nghiên cứu về vấn đề này [25, 59, 60,...]. Trong đó người ta chỉ thực hiện các phép biến đổi qua lại mờ - ngẫu nhiên. Chưa xét không tương đồng về định lượng giữa mờ và ngẫu nhiên và phép biến đổi tổng quát.

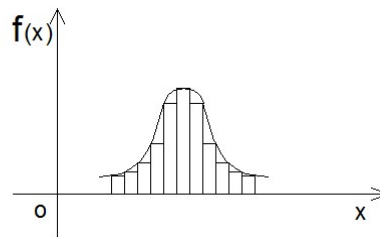
Trong mục này phân tích lý do sự không tương đương giữa mờ và ngẫu nhiên và sự biến đổi để có sự tương đồng về định lượng.

Biểu diễn toán học của đại lượng mờ là hàm thuộc $\mu(x)$ (hình 3.8).

Biểu diễn toán học của đại lượng ngẫu nhiên là hàm mật độ xác suất $f(x)$ (hình 3.9).



Hình 3.8: Hàm thuộc $\mu(x)$



Hình 3.9: Hàm mật độ xác suất $f(x)$

- Hàm mật độ xác suất được xây dựng trên cơ sở tập số liệu quan sát, đo đạc thỏa mãn các giả thiết thống kê. Không mất tính tổng quát, giả sử ta xét đại lượng

ngẫu nhiên chuẩn có kỳ vọng x_0 và phương sai σ^2 . Từ tập số liệu dựng biểu đồ tần suất, xấp xỉ biểu đồ tần suất bằng một đường cong ta có hàm mật độ $f(x)$.

Với phân phối chuẩn có hàm mật độ

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}}$$

$$\text{và } f(x_0) = \max f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

Như vậy từ 2 giá trị x_0 và σ xác định từ kết quả thực nghiệm, ta có hàm mật độ $f(x)$. Diện tích dưới hàm mật độ bằng đơn vị. Diện tích đó bằng đơn vị vì nó xấp xỉ biểu đồ tần suất [27].

Ngược lại, khi có hàm mật độ ta dễ dàng xấp xỉ nó bởi một biểu đồ tần suất thực nghiệm, nghĩa là ta có một tập số liệu tương ứng (trị số và tần suất).

Cần chú ý rằng, với một tập số liệu bất kỳ, ta có thể tính được x_0 và σ , song nó có phải là hàm mật độ xác suất hay không thì phải thỏa mãn tiêu chuẩn phù hợp K.Pearson [27]. Nhiều tập số liệu thu được trong thực tế không thỏa mãn tiêu chuẩn này.

- Hàm thuộc của đại lượng mờ, như phân trên đã trình bày, có 3 căn cứ để xây dựng hàm thuộc:

- + Miền xác định (do thông tin thật và dự báo);
- + Giá trị tin tưởng x_0 (do thông tin thật và dự báo chủ quan);
- + Gán cho $\mu(x_0) = 1$ và $\max \mu(x) = \mu(x_0) = 1, x \in [a, b]$.

Như vậy là hoàn toàn chủ quan, quy ước của người sáng lập lý thuyết tập mờ [65]. Người ta quan niệm rằng, mức độ xuất hiện trong khoảng xác định là có các mức độ khác nhau. Giá trị nào có mức độ tin tưởng cao nhất thì được gán cho hàm thuộc có giá trị cực đại bằng đơn vị, các giá trị còn lại có hàm thuộc bé hơn và ngoài khoảng xác định thì hàm thuộc bằng không, nghĩa là không có khả năng xuất hiện. Với quan niệm như vậy người ta có hàm thuộc đã được chuẩn hóa và xây dựng lý thuyết tập mờ trên đó [33].

Với các đại lượng mờ có các mức mờ khác nhau (khoảng xác định rộng hẹp khác nhau), thì cực đại của hàm thuộc vẫn là đơn vị. Nó không xấp xỉ của một tập số liệu như đại lượng ngẫu nhiên, nghĩa là chúng không tương đương về mặt định lượng với đại lượng ngẫu nhiên (tương tự không cùng đơn vị).

Do đó khi đem đại lượng ngẫu nhiên và mờ tính chung trên một sơ đồ tính toán thì phải có những biến đổi phù hợp.

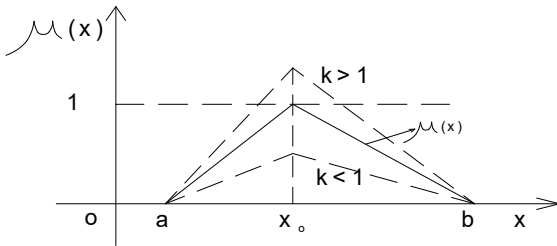
b) Phép biến đổi phù hợp từ mờ về ngẫu nhiên [35]

Như trên đã trình bày, hàm mật độ xác suất của đại lượng ngẫu nhiên biểu diễn của một tập số liệu (giá trị và tần suất). Để phù hợp với đại lượng ngẫu nhiên ta cần biến đổi hàm thuộc của đại lượng mờ về một hàm sao cho hàm đó cũng biểu diễn một tập số liệu như đại lượng ngẫu nhiên. Các tập số liệu của đại lượng ngẫu nhiên và tập số liệu đã được biến đổi của đại lượng mờ sẽ được đưa vào tính toán trên cùng một sơ đồ của phương pháp Monte - Carlo cải tiến.

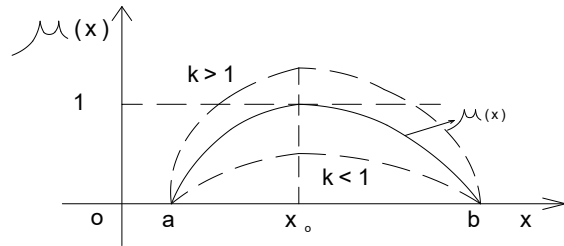
Muốn vậy ta thực hiện phép co/dãn hàm thuộc với $k=\text{const}$, sao cho diện tích dưới hàm thuộc bằng đơn vị (hình 3.11).

$$\int_a^b f(x)dx=1 \Rightarrow \int_a^b k\mu(x)dx = k \int_a^b \mu(x)dx = 1 \quad \text{suy ra } k = \frac{1}{\int_a^b \mu(x)dx} = \frac{1}{S}$$

S - là diện tích dưới hàm thuộc



Hình 3.10: Hàm thuộc tam giác $\mu(x)$



Hình 3.11: Hàm thuộc trơn bất kỳ

Ba đặc điểm của hàm thuộc được bảo toàn là:

- Khoảng xác định $[a, b]$;
- Điểm tin tưởng x_0 (tương tự điểm kỳ vọng);
- Quy luật biến thiên của hàm thuộc $\mu(x)$ trên $[a, b]$ (bảo toàn giá trị cực trị tại x_0 , giảm dần về 2 đầu mút, bằng 0 với các điểm ngoài khoảng xác định).

Ghi chú: trong trường hợp có đủ thông tin để dự đoán $k = k(x)$ thì việc tính toán cũng không khó khăn.

3.2.2.5. Số hóa một số trường hợp đặc biệt

Như trên đã trình bày, việc số hóa gồm hai bước là: mờ hóa tức tìm hàm thuộc, sau đó biến đổi phù hợp. Như vậy số hóa thực chất là tìm hàm thuộc, còn biến đổi phù hợp là việc đơn giản. Để tìm hàm thuộc ta cần biết điểm tin tưởng và khoảng xác định, còn quy luật biến thiên thường là tuyến tính để tính toán đơn giản (có thể chọn là phi tuyến nếu đủ số liệu).

Chú ý rằng, khoảng xác định đây là khoảng giá trị cho phép chọn không phải là sai số (các giá trị sai lệch quanh giá trị trung bình) mà là xác định theo các quy

định của tiêu chuẩn. Theo lý thuyết tập mờ thì khi khoảng xác định lớn thì ở “mức mờ” cao và ngược lại [23].

Do đó, theo quy định của tiêu chuẩn để xây dựng hàm thuộc của một số trường hợp gặp khó khăn, vì các quy định của tiêu chuẩn không đủ thông tin về khoảng xác định và giá trị tin tưởng. Điều này cũng làm lộ rõ việc chọn các tham số tính toán phụ thuộc rõ rệt và chủ quan của người thiết kế, do đó phải số hóa theo các trường hợp riêng (đó cũng là vấn đề cần nghiên cứu tiếp). Xin dẫn ra sau đây một vài trường hợp. Chẳng hạn

* Tại Bảng 3.1 (là bảng 6.3 trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012) - Các yêu cầu về phân loại tiết diện thép của cấu kiện có khả năng tiêu tán năng lượng theo cấp dẻo kết cấu và hệ số ứng xử đối với kết cấu thép.

Bảng 3.1: Các yêu cầu về phân loại tiết diện thép của cấu kiện có khả năng tiêu tán năng lượng theo cấp dẻo kết cấu và hệ số ứng xử đối với kết cấu thép

Cấp dẻo kết cấu	Hệ số ứng xử q	Phân loại tiết diện thép
DCM	$1,5 < q \leq 2$	Loại 1, 2 hoặc 3
	$2 < q \leq 4$	Loại 1 hoặc 2
DCH	$q > 4$	Loại 1

Từ bảng trên ta thấy rằng, loại 1 và loại 2 của cấp dẻo kết cấu DCM có thể chọn là:

$$\left. \begin{array}{l} 1,5 < q \leq 2 \\ 2 < q \leq 4 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Loại 1 và loại 2 có 2 khoảng}$$

Vậy phải căn cứ thêm các thông tin nào để xác định q , điều này đòi hỏi trình độ chuyên môn và tính trung thực của người thiết kế.

Với DCH: $q > 4$ với loại 1 tính theo quan niệm b giới hạn trên của q là không quá bằng 10 (Bảng 10 không có trong tiêu chuẩn). Vậy giới hạn q là bao nhiêu?

* Hệ số ứng xử với kết cấu xây:

Bảng 3.2: Các loại công trình và giới hạn trên của hệ số ứng xử đối với kết cấu xây

Loại công trình	Hệ số ứng xử q
Công trình bằng thể xây không có cốt thép phù hợp với các quy định của riêng EN 1996 (chỉ khuyến nghị trong trường hợp động đất yếu)	1,5
Công trình bằng thể xây không có cốt thép phù hợp với Phần 1 của tiêu chuẩn này	Từ 1,5 đến 2,5
Công trình bằng thể xây bị hạn chế biến dạng	Từ 2,0 đến 3,0
Công trình bằng thể xây có cốt thép	Từ 2,5 đến 3,0

Chú thích 1: Các giá trị khuyến nghị là giới hạn dưới của các số cho trong Bảng 3.7.

Chú thích 2: Đối với những nhà được xây với hệ thống khối xây tạo ra độ dẻo kết cấu lớn cho kết cấu thì có thể sử dụng các giá trị q khác, miễn là hệ thống và các giá trị q kèm theo được kiểm tra bằng thực nghiệm.

Khi chỉ biết giới hạn trên từ 1,5 đến 2,5 thì xác định q ra sao?

Trong tiêu chuẩn còn nhiều trường hợp đặc biệt, đặc biệt ở đây được hiểu là quy định không chặt, người thiết kế chọn giá trị phải quyết định chủ quan.

Nêu những điều trên đây không phải “góp ý” cho tiêu chuẩn mà chỉ nêu vấn đề: nên có cách tính toán hợp lý, phù hợp với tiêu chuẩn mà hạn chế được các quyết định chủ quan không hợp lý của người thiết kế.

3.2.3. Xác định trọng số trong xử lý thống kê

Để đảm bảo độ chính xác cần thiết của lời giải bài toán, số liệu do quan sát, đo đạc (số liệu thực) và số liệu do thử nghiệm trên máy tính (số liệu ảo) phải đủ lớn.

Do đó, từ khi phương pháp Monte - Carlo ra đời đến nay, việc giảm khối lượng tính toán luôn luôn được bàn đến. Trong phương pháp Monte - Carlo cải tiến dùng biện pháp trọng số để giảm bớt khối lượng tính toán.

3.2.3.1. Cơ sở khoa học của việc xác định trọng số

- Trong các hiện tượng ngẫu nhiên hay mờ thì có 2 đại lượng quan trọng phải kể đến là:

- + Giá trị xuất hiện.
- + Số lần xuất hiện.

- Theo lý thuyết thống kê, độ chính xác của phương pháp Monte - Carlo phụ thuộc không chỉ vào số lượng phép thử, mà còn phụ thuộc vào mức độ đồng đều của các mẫu thử.

Vì vậy, số mẫu thử (ở đây là đầu vào của chương trình tính) được chọn sao cho tất cả các tham số tham gia đều xuất hiện một lần. Các đầu vào có các tham số đều xuất hiện một lần được gọi là đầu vào cơ bản, mỗi đầu vào cơ bản cung cấp một số liệu. Để thành lập đầu vào cơ bản, ta xem các giá trị của tham số xuất hiện n là n số liệu (mặc dầu có giá trị giống nhau)

- Trọng số của 1 giá trị của tham số đầu vào bằng số lần xuất hiện của nó, nó phụ thuộc vào hàm mật độ xác suất của biến ngẫu nhiên hay phụ thuộc vào hàm thuộc của biến mờ.

- Trọng số của một đầu vào bằng tích các trọng số của các tham số trong các đầu vào đó.

3.2.3.2. Xác định trọng số:

Như vậy, để xác định trọng số của một giá trị rời rạc trong khoảng xác định và trọng số của một đầu vào ta thực hiện theo các bước sau:

Bước 1. Rời rạc hóa khoảng xác định của các biến đầu vào bởi một số hữu hạn điểm.

Bước 2. Xác định trọng số cho các giá trị rời rạc

Từ hàm mật độ xác suất $f(x)$ và hàm thuộc (đã được biến đổi) $\mu^*(x)$ ta xác định được tung độ của điểm rời rạc.

Xác định tung độ của điểm một lần xuất hiện (nếu nhiều lần xuất hiện thì chia đều) gọi là f_0

Trọng số của điểm rời rạc x_i là số tròn của tỷ số $\frac{f(x_i)}{f_0}$, f_0 là trọng số của giá trị xuất hiện một lần (giá trị ở đầu hoặc cuối khoảng)

Nếu số liệu ban đầu cho là bảng tần số, thì tần số chính là trọng số của giá trị điểm rời rạc.

Bước 3. Xác định trọng số của các đầu vào khả dĩ

Các đầu vào khả dĩ là tổ hợp khả dĩ của các điểm rời rạc của các tham số.

- Trong một đầu vào khả dĩ giá trị từng tham số chỉ được tham gia một lần.
- Trọng số của một đầu vào khả dĩ bằng tích trọng số của các đại lượng có mặt trong đầu vào.
- Giá trị tất định có mặt trong mọi đầu vào tất định với trọng số bằng đơn vị.

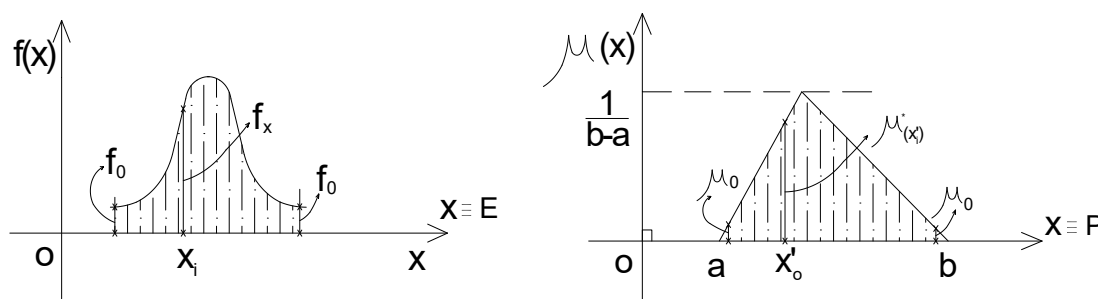
3.2.3.3. *Xác định số lần thử và số số liệu thu được.*

- Số lần thử là số tổ hợp của các giá trị rời rạc
- Số số liệu thu được là tổng của trọng số các đầu vào khả dĩ.

Thí dụ: Xét dầm đơn, tiết diện chữ nhật chịu tải trọng phân bố đều cường độ q và tải trọng P tập trung ở giữa nhịp, modun đàn hồi của vật liệu E . Xét đáp ứng của dầm.

Với giả thiết: Tải trọng P là biến mờ có hàm thuộc $\mu(x)$; q là tất định; E là ngẫu nhiên biết hàm mật độ $f(x)$; Các kích thước tiết diện là tất định.

Bài toán có 3 đại lượng: tất định, ngẫu nhiên và mờ.



Hình 3.12: Hàm mật độ $f(x)$ của biến ngẫu nhiên E và hàm thuộc $\mu(x)$ của biến mờ P

Rời rạc E thành n_1 điểm. Rời rạc hóa P thành n_2 điểm.

Số tổ hợp khả dĩ là $n_1 \cdot n_2$, trọng số của x_i là p_i của x'_j là p'_j , trọng số của tổ hợp của các kích thước của tiết diện đều bằng 1. Vậy trọng số của đầu vào tương ứng là $p_i \cdot p'_j$

So sánh: Số lần phải thử nghiệm trên máy là $n_1 \cdot n_2 = M$

Gọi $N = \sum_{i,j=1}^M p_i \cdot p_j$, khi thay $p_i = 1, p'_j = 1$ thì $M = N$

Do $p_i \geq 1, p'_j \geq 1 \quad \forall_{i,j} \Rightarrow N \gg M$

3.3. Phân loại và số hóa các đại lượng ngẫu nhiên và mờ trong tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất TCVN 9386:2012

3.3.1. Phân loại và mờ hóa các đại lượng mờ trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012

TCVN 9386 - 2012 chứa nhiều số mờ có các dạng khác nhau. Ngoài ra, còn có những điều quy định bằng ngôn ngữ, nên việc mờ hóa rất khó khăn. Sau đây xin liệt kê và mờ hóa một số loại phổ biến.

Loại 1:

a, Các thông tin đã biết:

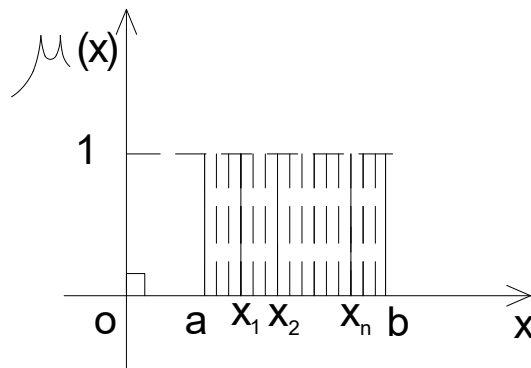
Đại lượng mờ x chỉ biết khoảng xác định $[a, b]$, không có thông tin gì thêm.

$$a \leq x \leq b$$

Trong đó a, b là các số, các số mờ hay các đại lượng ngẫu nhiên.

b, Mờ hóa x (tìm hàm thuộc $\mu(x)$):

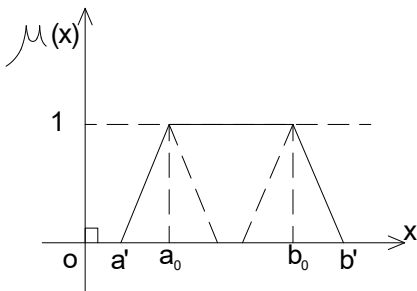
Theo lý thuyết thống kê, các thông tin đã biết với mọi x thuộc $[a, b]$ là như nhau, vì vậy có thể coi x có phân phối đều trên $[a, b]$. Do đó, khi a, b là các số, hàm thuộc x là hình chữ nhật.



$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & x \in [a, b] \\ 0 & x \notin [a, b] \end{cases}$$

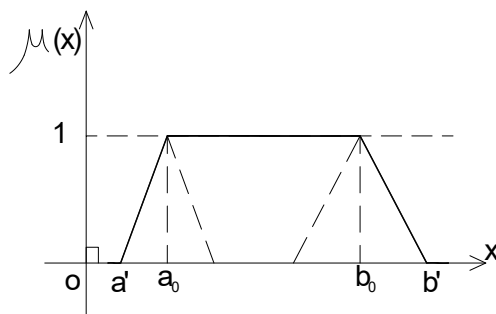
Hình 3.13: Hàm thuộc đại lượng mờ loại 1 hình chữ nhật

- Khi a, b là các số mờ, ta lấy a_0, b_0 là giá trị tin tưởng của a, b ; do đó khoảng xác định được mở rộng là $[a', b']$ (hình 3.14).



Hình 3.14: Hàm thuộc đại lượng mờ loại 1 hình thang

- Khi a, b là các số ngẫu nhiên, ta mở rộng khoảng xác định bằng cách chọn kỳ vọng của các đại lượng ngẫu nhiên a_0, b_0 trùng với giá trị điểm nút (có $\mu(x) = 1$), từ đó mở rộng miền xác định theo $\sigma, 2\sigma, 3\sigma$ về 2 phía, trong đó σ là độ lệch chuẩn của a, b , tùy theo yêu cầu về độ chính xác của bài toán (hình 3.15).



Hình 3.15: Hàm thuộc hình thang khoảng xác định là số ngẫu nhiên

Khoảng xác định của x là $[a', b']$, các khoảng mở rộng là: $[a', a_0]$ và $[b_0, b']$.

Loại 2:

a, Các thông tin đã biết:

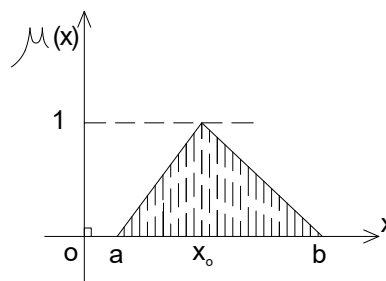
Đại lượng mờ x , biết khoảng xác định $[a, b]$ và một số thông tin khác, song không đủ để xác định giá trị. $a \leq x \leq b$

Trong đó a, b là các số hay các số mờ.

Ngoài ra còn có một số thông tin (quy định) khác để xác định giá trị tin tưởng x_0 và hình dạng (quy luật biến thiên) của x .

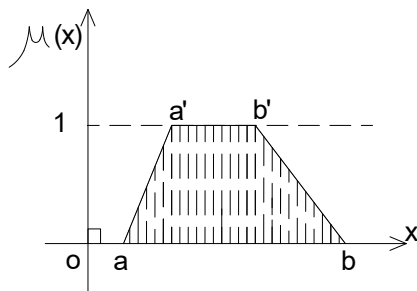
b, Mờ hóa x (tìm hàm thuộc)

- Thông tin thêm dẫn đến xác định được giá trị tin tưởng x_0 , hàm thuộc của x là hình 3.16.



Hình 3.16: Hàm thuộc đại lượng mờ loại 2, khoảng xác định x_0 duy nhất

- Thông tin thêm dẫn đến xác định được giá trị tin tưởng nằm trong một khoảng, hàm thuộc của x là hình 3.17 (giá trị x_0 không duy nhất).



Hình 3.17: Hàm thuộc loại 2, khoảng xác định x_0 không duy nhất

$$\mu(x) = 1 \quad \forall x \in [a', b']$$

Loại 3:

a, Các thông tin đã biết:

Đại lượng mờ x , biết khoảng xác định là khoảng bán vô hạn $x \geq a$ hay $x \leq b$, không có thông tin gì thêm.

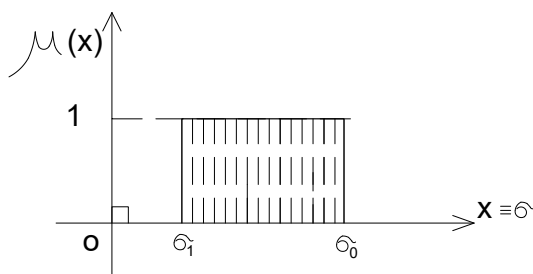
Trong đó a, b là các số hay các số mờ.

b, Mờ hóa x (tìm hàm thuộc)

Toán học đã biểu diễn điều kiện bằng nửa không gian vô hạn, nghĩa là thừa nhận x có thể tiến ra vô hạn.

Song trong thực tế xây dựng thì nói chung là không có đại lượng vô hạn, do đó người ta đưa về hữu hạn.

Căn cứ theo ý nghĩa kinh tế, kỹ thuật của x để xác định nằm trong một khoảng hữu hạn. Chẳng hạn, điều kiện bền của ứng suất một chiều $\sigma_{max} \leq \sigma_0$, σ_0 là ứng suất chảy, σ_0 được xác định theo kết quả thực nghiệm, còn σ_{max} được tính toán theo lý thuyết cơ học công trình. Trong các điều kiện thực thì σ_{max} không thể có giá trị bé vô cùng. Mặt khác ở đây càng bé (kéo) thì càng an toàn, nên người ta chỉ xét với $\sigma_1 \leq \sigma_{max} \leq \sigma_0$, trong đó σ_1 tự chọn. Lúc đó khi $\sigma_{max} \in [\sigma_1, \sigma_0]$ thì có thể coi là giá trị tin tưởng, σ_1 có thể chọn theo độ tin cậy vậy đồ thị hàm thuộc là hình 3.18.



Hình 3.18: Hàm thuộc đại lượng mờ loại 3

Với điều kiện $x \geq b$, cũng lý luận tương tự.

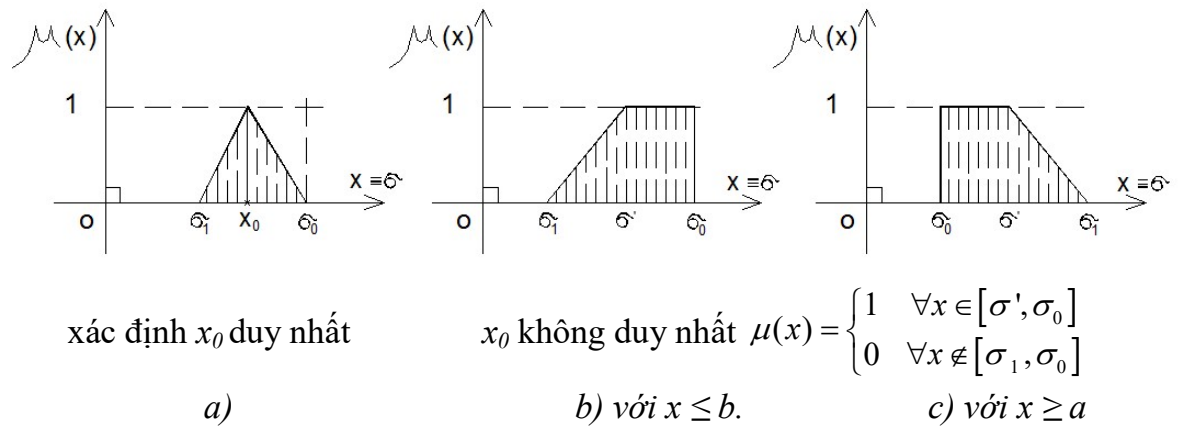
Loại 4:

a, Những thông tin đã biết:

Đại lượng mờ x , biết khoảng xác định là khoảng bán vô hạn $x \geq a$ hay $x \leq b$, và một số thông tin thêm, song không đủ để xác định giá trị.

Giả sử nhờ các thông tin thêm, ta xác định được giá trị tin tưởng x_0 là một điểm hay một khoảng, đồ thị hàm thuộc $\mu(x)$ là hình 3.19.

b, Tìm hàm thuộc $\mu(x)$



Hình 3.19: Hàm thuộc đại lượng mờ loại 4

Loại 5:

a, Những thông tin đã biết:

Đại lượng mờ x nhiều chiều (đại lượng thứ cấp), biết một số thông tin các vùng chung quanh, không đủ để xác định giá trị.

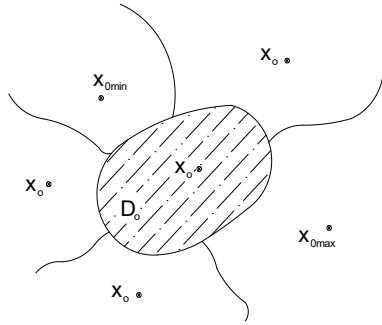
Trong các tiêu chuẩn thiết kế, người ta thường dùng cách phân vùng trên các bản đồ (bản đồ gió, động đất, tính chất nền đất v.v...).

Để thành lập các bản đồ người ta đã đồng nhất hóa các tính chất trong một vùng, nghĩa là một vùng chỉ có một giá trị (giá trị tin tưởng). Nghĩa là người ta đã biến một đại lượng liên tục thành gián đoạn.

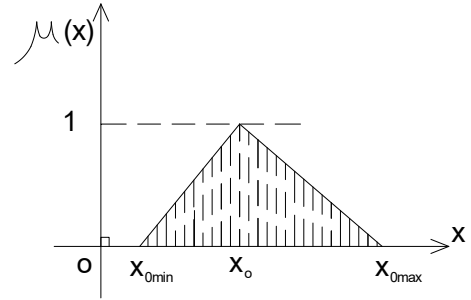
b, Mờ hóa (tìm hàm thuộc)

Giả sử giá trị tin tưởng của các vùng lân cận đã được xác định $x_0^{(i)}_{i=1,2,\dots}$, từ đó ta tìm được $x_{0\max}$ và $x_{0\min}$

- Nếu $x_0 \in [x_{0\min}, x_{0\max}]$ đồ thị hàm thuộc là hình 3.20b.

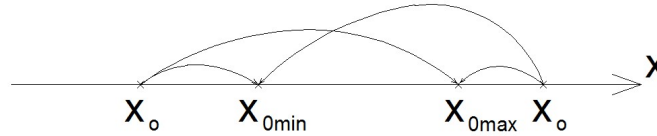


Hình 3.20a (phân vùng)

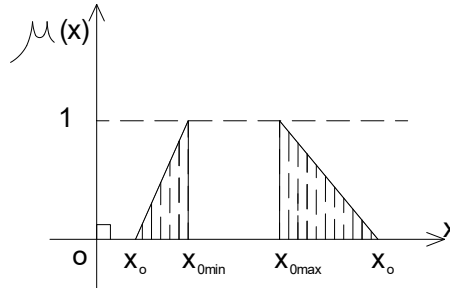


Hình 3.20b (hàm thuộc)

- $x_0 \notin [x_{0min}, x_{0max}]$, để bảo đảm x_0 là các giá trị tin tưởng, ta chia miền D_0 có giá trị tin tưởng x_0 thành 2 miền $D_0^{(1)}$ và $D_0^{(2)}$, trong mỗi miền con vẫn có giá trị tin tưởng x_0 song cận thì khác nhau.



- Khi $x_0 < x_{0min}$ và $x_0 > x_{0max}$ đồ thị hàm thuộc là hình 3.21



Hình 3.21. Hàm thuộc đại lượng mờ nhiều chiều

Loại 6:

Đại lượng mờ được biểu diễn bằng ngôn ngữ [3, 5], nói chung mờ hóa rất phức tạp, tùy theo ngữ nghĩa của văn bản để thành lập hàm thuộc.

3.3.2. Số hóa các tham số mờ trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012

Tiêu chuẩn chứa nhiều quy định mờ, sau đây xin nêu một số trường hợp Số hóa phổ phản ứng đàn hồi theo phương ngang (mục 3.2.3.5 của tiêu chuẩn)

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

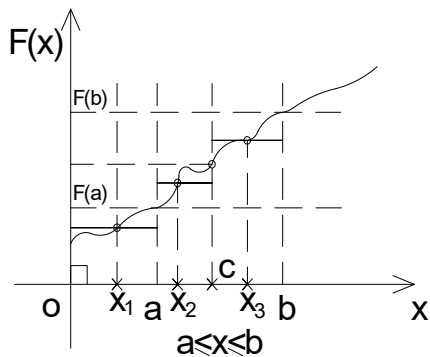
Trong đó a_g , S , T_C và T_D đã được định nghĩa trong mục 3.2.2.2 của tiêu chuẩn [5]. q là hệ số ứng xử, q phụ thuộc vào độ dẻo, độ dẻo được quy định trong các phần khác nhau của tiêu chuẩn, q còn phụ thuộc vào loại vật liệu, loại kết cấu, tầm quan trọng v.v...

• Số hóa các tham số S , T_B , T_C và T_D

Bảng 3.3: Giá trị các tham số mô tả phổ phản ứng đàn hồi trong TCVN 9386:2012

Loại nền đất	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Trước hết ta mờ hóa bảng 3.1. Do việc phân loại mà S vốn giá trị nằm trong một khoảng, nhưng đã “tắt định hóa” chỉ tại một điểm. Giả sử hàm $F(x)$ biến thiên liên tục theo một quy luật nào đó (tuyến tính hay phi tuyến). Nhưng để phân loại (nhằm mục đích quản lý), tiêu chuẩn thiết kế đã phân thành từng loại và trong mỗi loại $F(x)$ được gán một giá trị xác định (constant).



$$\begin{cases} a \leq x \leq b \\ F(a) \leq F(x) \leq F(b) \end{cases}$$

Trong $[a, c]$ chỉ chọn 1 giá trị để tính là x_2 , trong $[c, b]$ là x_3 , Đồ thị có bước nhảy và không đổi trong từng khoảng.

Hình 3.22: Biểu diễn hàm $F(x)$

Sau phân loại chỉ chọn 1 giá trị là $F(c)$ đại diện cho $F(a) \leq F(x) \leq F(b)$

Vậy với $a \leq x \leq b$ thì quy luật biến thiên của nó là $F(a) \leq F(x) \leq F(b)$, nghĩa là giá trị đúng của nó là biến thiên trong một khoảng không phải một điểm.

Nếu nằm trong một khoảng thì các thuật toán tắt định thông thường không tính được (trừ phương pháp Monte – Carlo), nên tiêu chuẩn đã chọn một giá trị xác định.

Mờ hóa bảng 3.3 ta được bảng 3.4.

Bảng 3.4: Mờ hóa giá trị các tham số phổ phản ứng đàn hồi trong TCVN 9386:2012

Loại nền đất	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	$1,0 \leq S \leq 1,15$	$0,15 \leq T_B \leq 0,20$	$0,4 \leq T_C \leq 0,50$	$T_D = 2,0$
B	$1,0 \leq S \leq 1,35$	$0,15 \leq T_B \leq 0,20$	$0,4 \leq T_C \leq 0,5$	$T_D = 2,0$
C	$1,0 \leq S \leq 1,20$	$0,15 \leq T_B \leq 0,20$	$0,5 \leq T_C \leq 0,8$	$T_D = 2,0$
D	$1,20 \leq S \leq 1,40$	$0,15 \leq T_B \leq 0,20$	$0,6 \leq T_C \leq 0,8$	$T_D = 2,0$
E	$1,35 \leq S \leq 1,40$	$0,15 \leq T_B \leq 0,20$	$0,4 \leq T_C \leq 0,6$	$T_D = 2,0$

Việc mờ hóa là kết hợp giữa thông tin khách quan (số liệu quan sát đo đạc được trên thực địa) và ý kiến chủ quan của người nghiên cứu. Do đó, do nhận xét của “người mờ hóa” mà khoảng biến thiên rộng hay hẹp. Do ở vùng đất có biến thiên các tham số rõ rệt nghĩa là biến thiên lớn, thì chọn khoảng biến thiên rộng và ngược lại. Mặt khác, phân loại nền đất bằng lời (ngôn ngữ), số liệu nền đất có rất nhiều lớp, các lớp có các độ sâu khác nhau, khó cụ thể hóa được số liệu để xác định, mà phải mờ hóa. Theo bảng 3.1 – Các loại nền đất trong tiêu chuẩn [5], các loại nền đất được lựa chọn không rõ ràng (mờ).

Còn giá trị tin tưởng là giá trị theo bảng 3.3 trên (bảng 3.2 của tiêu chuẩn [5]).

Như vậy ta có hàm thuộc của S , T_B , T_C , T_D như sau:

Bảng 3.5: Hàm thuộc gốc và hàm thuộc được biến đổi

Loại nền đất	- Giá trị tin tưởng - Khoảng xác định	Hình vẽ: - Hàm thuộc gốc $\mu(S)$ - Hàm thuộc được biến đổi $\mu^*(S)$
A	$x_o = 1,0$ $1,0 \leq S \leq 1,15$	

Loại nền đất	- Giá trị tin tưởng - Khoảng xác định	Hình vẽ: - Hàm thuộc gốc $\mu(S)$ - Hàm thuộc được biến đổi $\mu^*(S)$
B	$x_o = 1,2$ $1,0 \leq S \leq 1,35$	
C	$x_o = 1,15$ $1,0 \leq S \leq 1,20$	
D	$x_o = 1,35$ $1,20 \leq S \leq 1,40$	

Loại nền đất	- Giá trị tin tưởng - Khoảng xác định	Hình vẽ: - Hàm thuộc gốc $\mu(S)$ - Hàm thuộc được biến đổi $\mu^*(S)$
E	$x_0 = 1,4$ $1,35 \leq S \leq 1,40$	

Ghi chú:

- Kết hợp khách quan và chủ quan để giải quyết một vấn đề. Chủ quan thì có thể linh hoạt, cho nên người ta gọi là “tính toán mềm”.

- Nếu không làm như vậy thì không có cách giải quyết. Ngày nay rất nhiều vấn đề được giải quyết theo cách đó. Với cách đó thì phải dùng phương pháp Monte – Carlo để tính toán. Các phương pháp tắt định quen thuộc không dùng được.

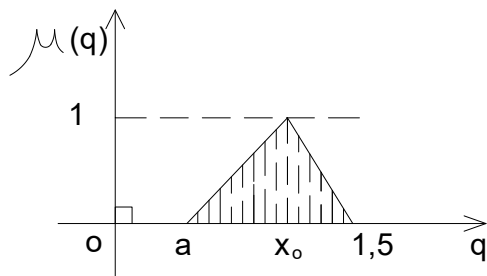
• *Số hóa hệ số ứng xử q*

Theo định nghĩa, hệ số ứng xử q là hệ số chiết giảm từ phổ phản ứng đàn hồi.

Hệ số ứng xử q phụ thuộc vào độ dẻo, độ dẻo phụ thuộc vào vật liệu vào loại kết cấu, độ dẻo được quy định trong các phần của tiêu chuẩn. Sau đây chỉ xét một vài trường hợp, các trường hợp còn lại cũng làm tương tự.

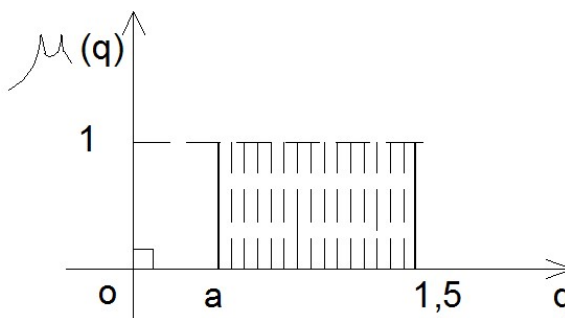
* Đối với thành phần thẳng đứng, thì hệ số dẻo được chọn là $q \leq 1,5$, vậy chọn q bằng bao nhiêu?

- Nếu có thêm thông tin, mà ta xác định được a , sao cho $a \leq q \leq 1,5$, a xác định sao cho q không quá nhỏ thì đồ thị hàm thuộc $\mu(q)$ với giá trị tin tưởng x_0 là:



Hình 3.23: Đồ thị hàm thuộc $\mu(q)$ với giá trị tin tưởng x_0

- Nếu không có thông tin nào ngoài $q \leq 1,5$ và a thì khoảng giá trị tin tưởng là $a \leq q \leq 1,5$, đồ thị $\mu(q)$ là:



Hình 3.24: Đồ thị hàm thuộc $\mu(q)$ với giá trị tin tưởng là $a \leq q \leq 1,5$

Ghi chú: giá trị q liên quan đến lực động đất, nếu không quy định a thì ý chủ quan không hợp lý của người thiết kế hoặc chủ đầu tư sẽ ảnh hưởng đến giá trị q .

Giá trị q được quy định trong các phần khác nhau của tiêu chuẩn được coi là giá trị tin tưởng, còn khoảng xác định của nó được xác định nhờ các thông tin bổ sung do các quy định khác của tiêu chuẩn. Từ các biểu đồ trên ta dễ dàng suy ra đồ thị của $\mu^*(q)$ (hàm thuộc đã được biến đổi).

* Đối với các tác động động đất theo phương nằm ngang của kết cấu khung bê tông nhiều tầng, thì hệ số ứng xử được chọn là $q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5$ trong đó Bảng 3.6 quy định - Giá trị cơ bản của hệ số ứng xử, q_0 , cho hệ có sự đều đặn theo mặt đứng cho kết cấu bê tông.

Bảng 3.6: Bảng tra hệ số ứng xử q_0 cho hệ có sự đều đặn theo mặt đứng

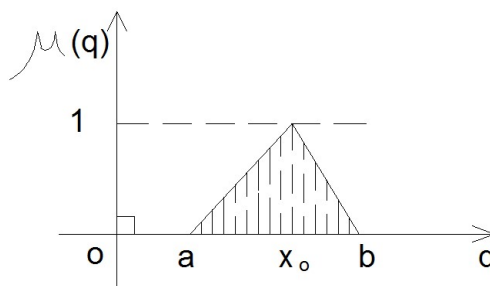
Loại kết cấu	Cấp dẻo kết cấu trung bình	Cấp dẻo kết cấu cao
Hệ khung, hệ hỗn hợp, hệ tường kép	$3,0 \alpha_u / \alpha_l$	$4,5 \alpha_u / \alpha_l$
Hệ không thuộc hệ tường kép (Wall system)	3,0	$4,0 \alpha_u / \alpha_l$
Hệ dễ xoắn	2,0	3,0

Quy định về hệ số α_u / α_l có thể được sử dụng các giá trị xấp xỉ, các giá trị này được xác định theo tiêu chuẩn. Khi hệ số α_u / α_l được xác định thông qua phân tích tổng thể phi tuyến tính lớn hơn giá trị xấp xỉ theo tiêu chuẩn có thể được sử dụng và tối đa có thể lấy bằng 1,5.

Các giá trị được gán cho q_0 có thể được quy định trong từng dự án cụ thể, phụ thuộc vào Kế hoạch đảm bảo chất lượng.

Vậy chọn q bằng bao nhiêu?

- Nếu có thêm thông tin, mà ta xác định được a và b sao cho $a \leq q \leq b$, a xác định sao cho q không quá nhỏ thì đồ thị hàm thuộc $\mu(q)$ với giá trị tin tưởng x_0 là:



Hình 3.25: Đồ thị hàm thuộc $\mu(q)$ với giá trị tin tưởng x_0

Rõ ràng ý chủ quan của người thiết kế vẫn được tham gia vào chọn các giá trị tính toán. Số hóa q là vấn đề phức tạp, trong luận án này chỉ xét một trường hợp riêng.

- Số hóa gia tốc nền a_{gR} theo địa danh hành chính tại phụ lục H (quy định) của tiêu chuẩn TCVN 9386: 2012

Gia tốc nền a_{gR} chiếm địa vị quan trọng đặc biệt trong tính toán công trình chịu động đất. Việc quy định giá trị nền theo đơn vị hành chính (huyện, quận) đã đồng nhất mọi điểm trong đơn vị hành chính có cùng một giá trị a_{gR} . Trong tiêu chuẩn mỗi đơn vị hành chính đó có chung một giá trị tin tưởng x_0 . Vậy khoảng xác định a_{gR} là gì?

Định gia tốc nền tham chiếu a_{gR} trong tiêu chuẩn được biểu thị bằng các đường đẳng trị. Giá trị a_{gR} giữa hai đường đẳng trị được xác định theo nguyên tắc nội suy tuyến tính. Ta thừa nhận a_{gR} biến thiên liên tục (trừ trường hợp đặc biệt, có ghi chú riêng), nên giá trị max và min của a_{gR} là giá trị max và min của các đơn vị hành chính lân cận.

Thí dụ: Tại thành phố Hà Nội

Bảng 3.7: Bảng gia tốc nền của quận Ba Đình – Hà Nội

Địa danh	Tọa độ		Gia tốc nền
	Kinh độ	Vĩ độ	
Quận Ba Đình (P. Cống Vị)	105.81285	21.039762	0,0976

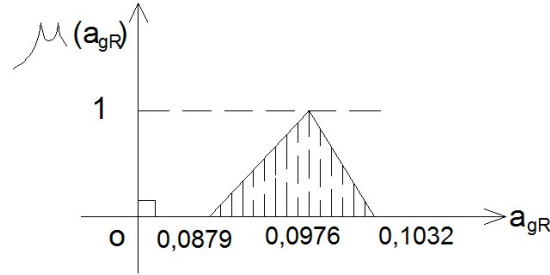
Lân cận Ba Đình là các quận

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Hoàn Kiếm:} & a = 0,0892 \\
 \text{Đống Đa:} & a = 0,0983 \\
 \text{Cầu Giấy:} & a = 0,1032 \\
 \text{Tây Hồ:} & a = 0,0819
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} a = 0,0892 \\ a = 0,0983 \\ a = 0,1032 \\ a = 0,0819 \end{array}} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{max} = 0,1032 \\ \text{min} = 0,0819 \end{array}$$

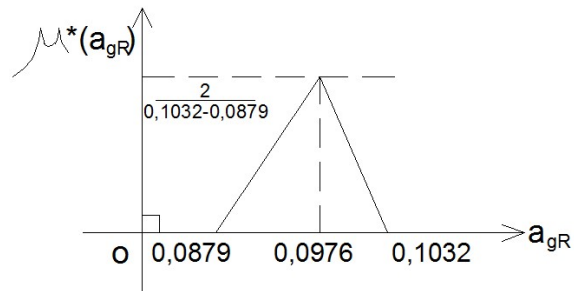
Vậy khoảng xác định của a_{gR} quận Ba Đình là $[0,0819; 0,1032]$.

Giá trị tin tưởng của hàm thuộc là 0,0976.

Đồ thị hàm thuộc của a_{gR} quận Ba Đình là:



Hình 3.26: Đồ thị hàm thuộc a_{gR} quận Ba Đình.



Hình 3.27: Đồ thị hàm thuộc $\mu^*(a_{gR})$ quận Ba Đình (hàm thuộc được biến đổi).

- Số hóa biến thứ cấp $S_d(T)$

Vì $S_d(T)$ là hàm của a_g , S , T_B , T_C , T_D và q khi T đã xác định T là tần số dao động riêng của công trình (dao động với lực ngoài bằng không), T được xác định bởi các đặc trưng của công trình, không phụ thuộc vào tác động động đất. Người ta thừa nhận gần đúng là các tham số ảnh hưởng đến dao động riêng là không chế được, nên chấp nhận T là xác định còn T_d theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 đều chọn $T_D=2.0$ cho mọi loại nền đất, nên giá trị T_D được xác định.

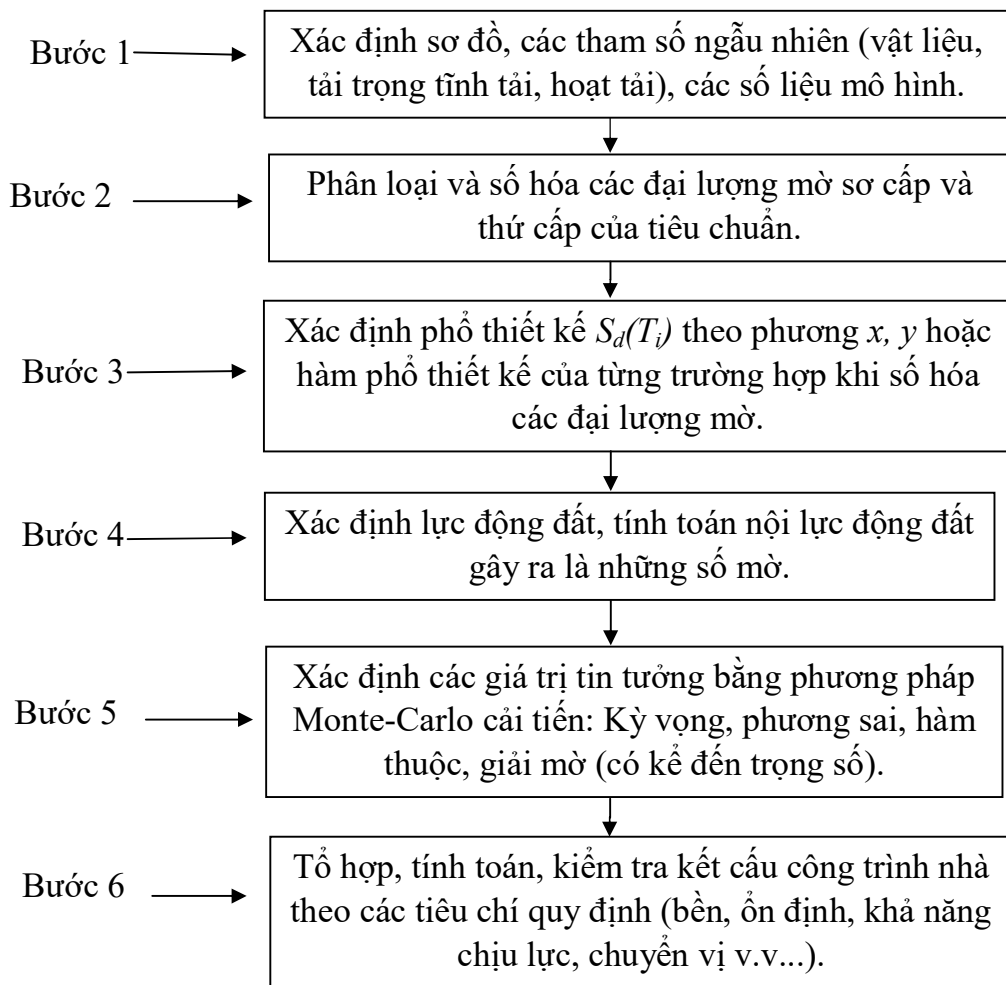
Vậy $S_d(T)$ là hàm của các biến mờ sơ cấp a_g (hay a_{gR} , $a_g=\gamma_1.a_{gR}$), S , T_B , T_C , q

Khi đã số hóa các tham số a_g , S , T_B , T_C , q thì ta dễ dàng số hóa $S_d(T)$ theo chỉ dẫn ở phần trên. Việc tính toán ở đây cũng dễ dàng vì $S_d(T)$ là một hàm hiện (biểu thức giải tích) của các biến mờ.

Ghi chú: Việc chọn giá trị tin tưởng x_0 cho các đơn vị hành chính (quận, huyện) thuận tiện cho việc quản lý trong xây dựng và phòng chống thiên tai, song có thể gặp sai số lớn.

Ở những đơn vị hành chính có “kích thước không cùng bậc” (chẳng hạn, chiều rộng nhỏ so với chiều dài) thì việc đồng nhất thêm giá trị a_{gR} có thể gặp sai số lớn. (Vấn đề này không bàn đến vì không phải là nhiệm vụ của luận án).

3.4. Sơ đồ số tính kết cấu chịu động đất theo TCVN 9386:2012 có kể đến các tham số mờ của tiêu chuẩn bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến



Hình 3.28: Sơ đồ tính kết cấu chịu động đất theo TCVN 9386:2012 có kể đến các tham số mờ của tiêu chuẩn bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến

3.5. Nhận xét chương 3

Các kết quả chính trong chương này:

- Nhận diện, phân loại các tham số mờ trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012.
- Số hóa các tham số mờ bằng cách mờ hóa và biến đổi tương đương về định lượng giữa tham số mờ và các tham số khác.
- Biện pháp trọng số để giảm khối lượng tính toán, phương pháp xử lý số liệu ứng dụng vào tính toán công trình chịu động đất.
- Đưa ra sơ đồ tính kết cấu chịu động đất theo TCVN 9386:2012 có kể đến các tham số mờ của tiêu chuẩn bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến.

CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU, KHẢO SÁT SỰ LÀM VIỆC CỦA MỘT SỐ KẾT CẤU CÔNG TRÌNH NHÀ CHỊU ĐỘNG ĐẤT THEO TIÊU CHUẨN TCVN 9386:2012 BẰNG PHƯƠNG PHÁP MONTE - CARLO CẢI TIẾN VÀ PHƯƠNG PHÁP TẮT ĐỊNH HIỆN HÀNH, SO SÁNH VÀ ĐÁNH GIÁ

Trong chương này, luận án nghiên cứu, khảo sát một số công trình chịu động đất được thiết kế tính toán theo phương pháp tắt định hiện hành (hiện nay các kỹ sư đang dùng) và tính toán theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến, từ đó đưa ra so sánh đánh giá. Nội dung nghiên cứu, khảo sát giới hạn trong phạm vi chỉ tính toán nội lực và chuyển vị với các tham số đầu vào là mờ và độc lập.

4.1. Khảo sát sự làm việc của kết cấu công trình nhà thấp tầng chịu tải trọng động đất

4.1.1. Thiết lập mô hình tính nhà thấp tầng

- *Mô hình tính với nhà thấp tầng với mô hình khung*

Lập mô hình các tham số hệ kết cấu nhà (hệ lưới trục, hệ dầm cột, sàn vách).

Xác định sơ đồ xây dựng các số liệu mô hình.

Đưa vào chương trình tính toán kết cấu thông dụng (Etabs V18...).

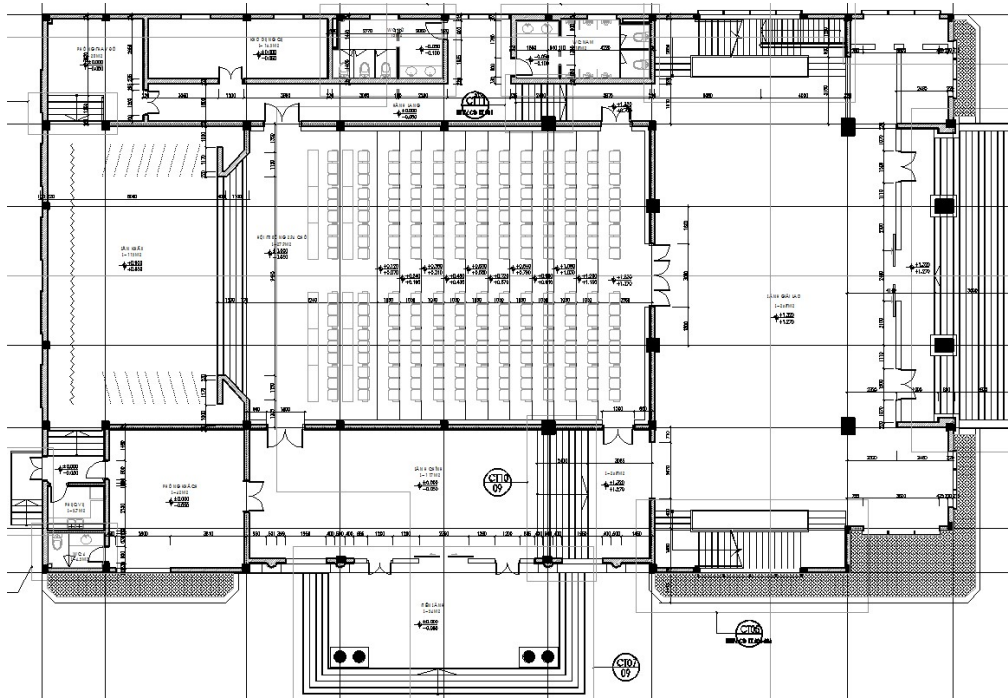
- *Mô hình tính với nhà thấp tầng với mô hình khung có xét đến tường chèn (phần tử chỉ chịu nén)*

Đối với công trình thấp tầng, khi khảo sát thiết lập mô hình nếu kể đến tường chèn, cần chú ý đến sự khác biệt liên quan đến trình tự xây dựng [77].

4.1.2. Khảo sát sự làm việc kết cấu công trình nhà thấp tầng chịu tải trọng động đất bằng hai phương pháp tính toán tắt định hiện hành và tính toán theo Monte - Carlo cải tiến

4.1.2.1. Khảo sát sự làm việc nhà thấp tầng xây dựng trong các vùng chịu động đất khác nhau

Khảo sát Công trình Nhà văn hóa, có các địa điểm xây dựng tại thị xã Mường Lay tỉnh Điện Biên; huyện Tuần Giáo tỉnh Điện Biên và huyện Ba Vì thành phố Hà Nội. Các dữ liệu khảo sát sự làm việc của nhà có xét đến đặc điểm có các đỉnh gia tốc nền khác nhau và mức độ chênh lệch đỉnh gia tốc nền tin tưởng và các số liệu tại các địa danh lân cận khác nhau.



Hình 4.1: Mặt bằng tầng 1 công trình Nhà văn hóa

a) Số liệu hệ kết cấu nhà, mô hình tính, tải trọng ngẫu nhiên tác động:

- Số liệu hệ kết cấu nhà:

Nhà 4 tầng, có khối thông tầng Văn hóa, kèo thép nhịp 14,4m, phương án khung BTCT cấp dể trung bình.

Tường xây gạch xi măng cốt liệu độ dày 220 đặc mác 100 vữa mác 50, có liên kết neo thép D10 a 400 vào cột BTCT và có lưới thép chống co giữa tường và cột.

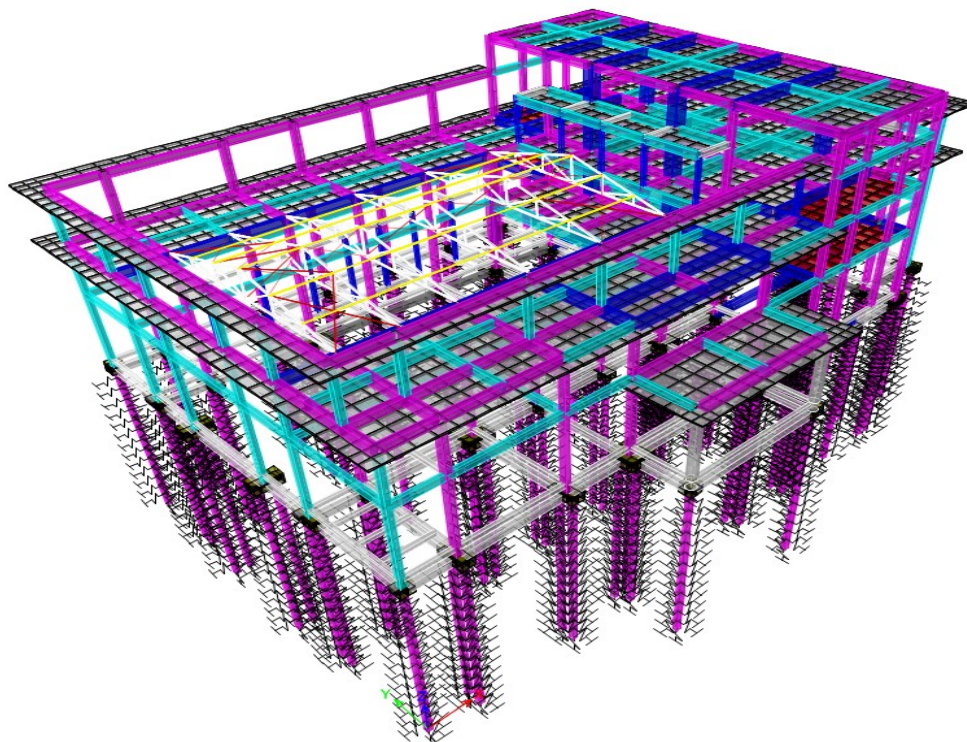
Dầm BTCT có kích thước tiết diện (đơn vị mm): dầm phụ 220x300; dầm dọc 220x500; dầm nhịp trực 7-8: 300x700; dầm chính 300x500; dầm chính nhịp lớn 400x1000.

Dàn thép thanh cánh trên và cánh dưới: 2L63x5; thanh bụng đứng, xiên: 2L50x5

Cột BTCT có kích thước tiết diện (đơn vị mm): cột nhánh 220x220; 220x400; 300x300; cột chính 600x800; 600x600; 300x400;

Vật liệu: Bê tông cấp bền B25, thép AI, AII, thép hình CCT34.

- Mô hình 3D công trình:



Hình 4.2: Mô hình tính của công trình Nhà văn hóa

- Số liệu về tải trọng :

Tĩnh tải: Tải trọng bản thân (chương trình tính thiết lập), tải trọng tĩnh tải sàn, tải trọng tường xây.

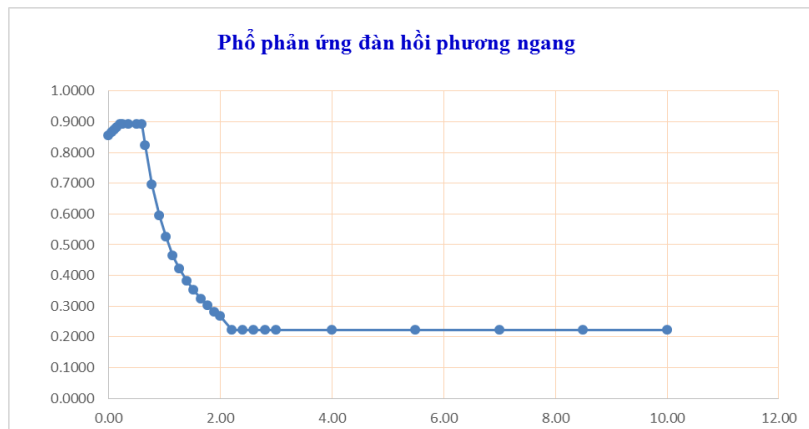
Hoạt tải: Tải trọng hoạt tải đứng, hoạt tải gió.

Tải trọng đặc biệt: Lựa chọn số liệu tất định về tải trọng động đất theo TCVN 9386:2012 như sau:

Bảng 4.1: Các thông số tính tác động động đất công trình Nhà văn hóa

STT	Thông số chọn	Giá trị		
		Địa điểm tại Mường Lay, Điện Biên	Địa điểm tại Tuần Giáo, Điện Biên	Địa điểm tại Ba Vì, Hà Nội
1	Nền đất	C	C	C
2	Cấp dero	DCM	DCM	DCM
3	Loại kết cấu	Hệ khung hoặc kết cấu hỗn hợp tương đương khung	Hệ khung hoặc kết cấu hỗn hợp tương đương khung	Hệ khung hoặc kết cấu hỗn hợp tương đương khung
4	Số tầng nổi	4	4	4

STT	Thông số chọn	Giá trị		
		Địa điểm tại Mường Lay, Điện Biên	Địa điểm tại Tuần Giáo, Điện Biên	Địa điểm tại Ba Vì, Hà Nội
5	Độ cản nhót	5%	5%	5%
6	Giới hạn dưới của chu kỳ T_B (s)	0,2	0,2	0,2
7	Giới hạn trên của chu kỳ T_C (s)	0,6	0,6	0,6
8	Giá trị xác định T_D (s)	2,0	2,0	2,0
9	Hệ số điều chỉnh độ cản η	1	1	1
10	Hệ số tầm quan trọng γ_I	0,75	0,75	0,75
11	Đỉnh gia tốc nền thiết kế a_{gR} (đơn vị g)	0,1516	0,1124	0,1167
12	Gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	1,1154	0,8270	0,8586
13	Hệ số nền S	1,15	1,15	1,15
14	Giá trị cơ bản hệ số ứng xử q_0	3,9	3,9	3,9
15	Hệ số phản ánh dạng phá hoại k_w	1,0	1,0	1,0
16	Xét không đồng đều mặt bằng	80%	80%	80%
17	Hệ số ứng xử q	3,12	3,12	3,12



Hình 4.3: Biểu đồ Phổ thiết kế theo phương ngang phương án tính tắt định hiện hành
b) Phân loại và số hóa. Xác định các tham số mờ của tải trọng động đất:

- Nhận dạng nền đất:

Lấy theo giá trị SPT cho các hố khoan địa chất:

Với tính giá trị trung bình: $\bar{N}_{SPT} = \frac{\sum (h_i \cdot N_{SPT}^i)}{\sum h_i}$ Trong đó: h_i , N_{SPT}^i - chiều dày (m)

và giá trị NSPT của lớp thứ i trong tổng số n lớp tồn tại trong 30m đất trên bề mặt
Với số liệu theo báo cáo khảo sát địa chất công trình: có $15 < \bar{N}_{SPT} < 50$ Nền đất dạng C.

Nền đất có thể tạo các hiệu ứng dị thường, xét các giá trị khảo sát địa chất có nhiều giá trị theo số liệu hố khoan, Do số liệu nền có vùng có $\bar{N}_{SPT}$ tiệm cận 50,

đưa đất nền công trình nằm trong khoảng B – C, trong đó trị tin tưởng là đất nền C (chiếm tỷ trọng cao hơn theo vùng nền đất theo vị trí hố khoan).

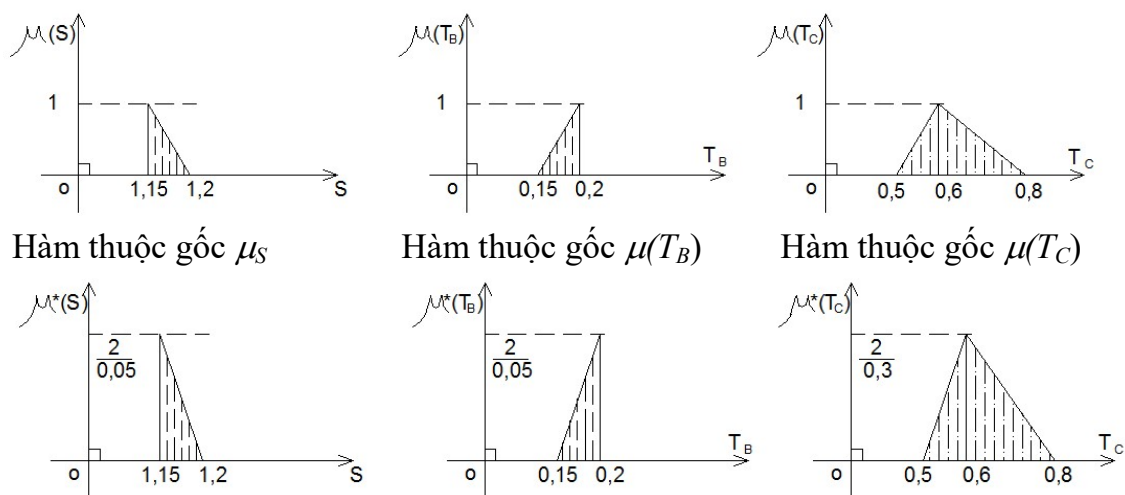
Vậy tính mờ hóa các tham số theo nền, các giá trị trong khoảng như sau:

$$1,15 \leq S \leq 1,2; 0,15 \leq T_B \leq 0,2; 0,5 \leq T_C \leq 0,8; T_D = 2,0$$

Trong đó giá trị tin tưởng được xác định đất nền C như sau:

$$S = 1,15; T_B = 0,2; T_C = 0,6; T_D = 2,0$$

Biểu đồ hàm thuộc theo hình 4.4



Hàm thuộc được biến đổi μ^*_S Hàm thuộc được biến đổi $\mu^*(T_B)$ Hàm thuộc được biến đổi $\mu^*(T_C)$

Hình 4.4: Các biểu đồ hàm thuộc gốc và hàm thuộc được biến đổi của S, T_B, T_C

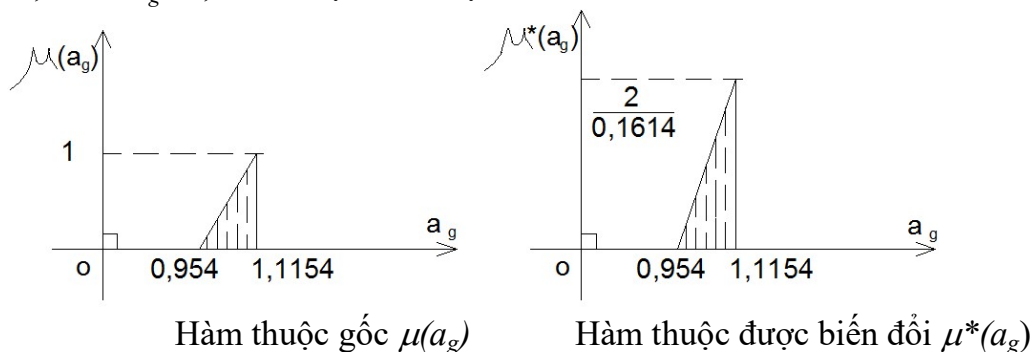
- Xác định gia tốc nền a_g :

+ Xét trường hợp nhà thuộc địa điểm thị xã Mường Lay có $a_{gR} = 0,1516g$ coi là trị tin tưởng. Trong đó thị xã Mường Lay (thị xã Lai Châu cũ) có địa giới giáp ranh 2 bên chủ yếu là huyện Sìn Hồ, Lai Châu và Tủa Chùa, Điện Biên;

Sìn Hồ có $a_{gR} = 0,1297g$; Tủa Chùa có $a_{gR} = 0,1404g$;

Vậy tính theo MMC có các giá trị khoảng theo quy định đường đẳng trị của TCVN 9386:2012 như sau:

$$0,954 \leq a_g \leq 1,1154 \text{ được biểu thị như hình 4.5}$$



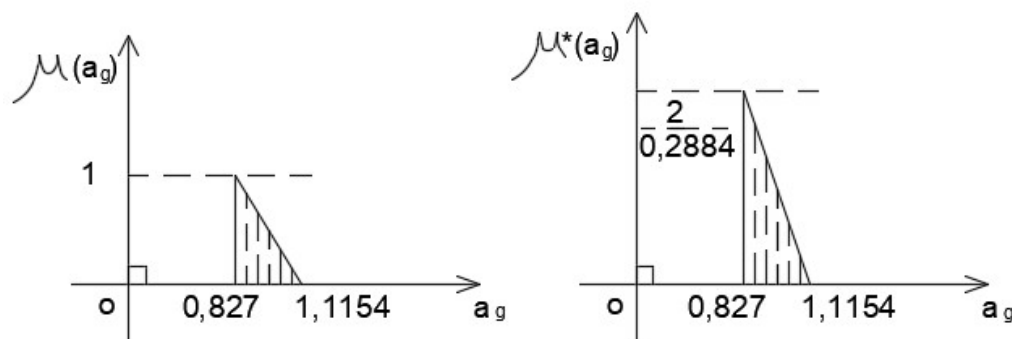
Hình 4.5: Các biểu đồ hàm thuộc gốc và hàm thuộc được biến đổi của a_g tại Mường Lay

Nhận xét trường hợp nhà tại địa điểm Mường Lay: Được xây dựng trong vùng có đỉnh gia tốc nền lớn nhất so với gia tốc nền các vùng giáp ranh theo đường đẳng trị gia tốc nền đều nhỏ hơn.

+ Xét trường hợp nhà thuộc địa điểm huyện Tuần Giáo có $a_{gR}=0,1124g$ coi là trị tin tưởng. Trong đó địa danh huyện Tuần Giáo có địa giới giáp ranh 2 bên chủ yếu huyện Điện Biên Đông thuộc tỉnh Điện Biên có $a_{gR}=0,1183g$; huyện Mường Chà (huyện Mường Lay cũ) có $a_{gR}=0,1516g$;

Vậy tính theo MMC có các giá trị khoảng theo quy định đường đẳng trị của TCVN 9386:2012 như sau:

$0,8270 \leq a_g \leq 1,1154$ được biểu thị như hình 4.6.



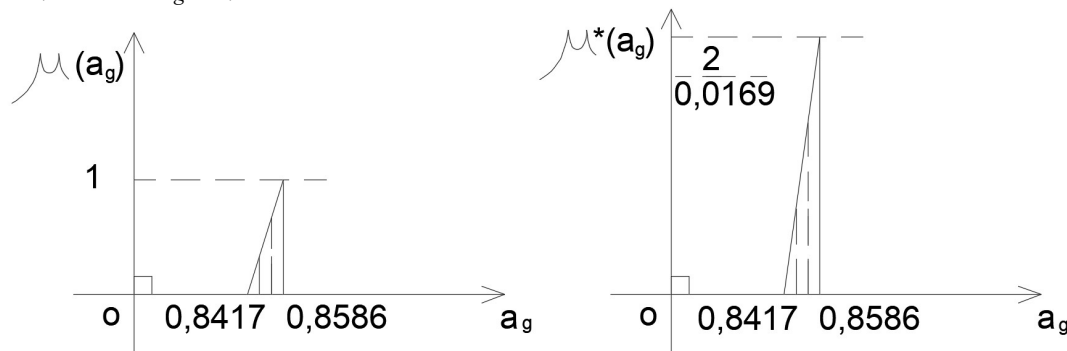
Hình 4.6: Các biểu đồ hàm thuộc gốc và hàm thuộc được biến đổi của a_g tại Tuần Giáo

Nhận xét: Trường hợp nhà tại địa điểm huyện Tuần Giáo được xây dựng trong vùng có đỉnh gia tốc nền thấp nhất so với gia tốc nền các vùng giáp ranh theo đường đẳng trị gia tốc nền đều nhỏ hơn.

+ Xét trường hợp nhà thuộc địa điểm huyện Ba Vì có $a_{gR}=0,1167g$ coi là trị tin tưởng. Trong đó địa danh huyện Ba Vì có địa giới giáp ranh 2 bên chủ yếu huyện Vĩnh Tường thuộc tỉnh Vĩnh Phúc có $a_{gR}=0,1144g$; thị xã Sơn Tây có $a_{gR}=0,1145g$;

Vậy tính theo MMC có các giá trị khoảng theo quy định đường đẳng trị của TCVN 9386:2012 như sau:

$0,8417 \leq a_g \leq 0,8586$ được biểu thị như hình 4.7



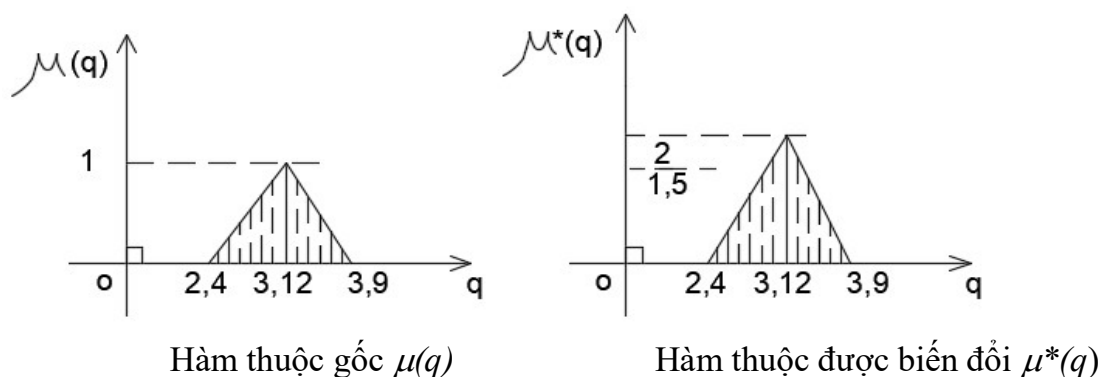
Hình 4.7: Các biểu đồ hàm thuộc gốc và hàm thuộc được biến đổi của a_g tại Ba Vì

Nhận xét trường hợp nhà tại địa điểm Ba Vi: Được xây dựng trong vùng có đỉnh gia tốc nền gần tương đương nhau so với gia tốc nền các vùng giáp ranh theo đường đẳng trị gia tốc nền.

- *Xác định khoảng giá trị hệ số ứng xử q :*

Công trình là hệ khung, vật liệu bê tông cốt thép, hệ số ứng xử $q = 3,9$, với mặt bằng không đều đặn (có khoang trống hội trường) do đó hệ số ứng xử q chọn lấy tương đương 80% giá trị trong tiêu chuẩn, vậy giá trị tin tưởng $q = 3,12$.

Xét cận của các hệ số ứng xử: Khi xác định là khung và không xét tính không đều đặn mặt bằng $q = 3,9$, khi các định khung có tường chèn với không đều đặn mặt bằng thì xác định $q = 3,0 \cdot 80\% = 2,4$ do vậy xác định hệ số ứng xử q thuộc khoảng $2,4 \leq q \leq 3,9$ trong đó trị tin tưởng của $q = 3,12$ theo các giá trị xác định nhà thấp tầng hệ khung. Được biểu thị theo hình 4.8.



Hình 4.8: Các biểu đồ hàm thuộc gốc và hàm thuộc được biến đổi của q

Từ đây xác định bộ số liệu tính toán tác động của động đất lên công trình theo phương pháp MMC tại bảng sau:

Bảng 4.2: Các thông số tính tác động động đất theo MMC công trình Nhà văn hóa

STT	Thông số chọn	Giá trị		
		Địa điểm tại Mường Lay, Điện Biên	Địa điểm tại Tuần Giáo, Điện Biên	Địa điểm tại Ba Vi, Hà Nội
1	Giới hạn dưới của chu kỳ T_B (s)	0,15 ÷ 0,2	0,15 ÷ 0,2	0,15 ÷ 0,2
2	Trị tin tưởng chu kỳ T_B (s)	0,2	0,2	0,2
3	Giới hạn trên của chu kỳ T_C (s)	0,5 ÷ 0,8	0,5 ÷ 0,8	0,5 ÷ 0,8
4	Trị tin tưởng chu kỳ T_C (s)	0,6	0,6	0,6
5	Giá trị xác định T_D (s)	2,0	2,0	2,0

STT	Thông số chọn	Giá trị		
		Địa điểm tại Mường Lay, Điện Biên	Địa điểm tại Tuần Giáo, Điện Biên	Địa điểm tại Ba Vị, Hà Nội
6	Hệ số nền S	$1,15 \div 1,2$	$1,15 \div 1,2$	$1,15 \div 1,2$
7	Trị tin tưởng hệ số nền S	1,15	1,15	1,15
8	Hệ số ứng xử q	$2,4 \div 3,9$	$2,4 \div 3,9$	$2,4 \div 3,9$
9	Trị tin tưởng hệ số ứng xử q	3,12	3,12	3,12
10	Gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	$0,954 \div 1,1154$	$0,8270 \div 1,1154$	$0,8417 \div 0,8586$
11	Trị tin tưởng gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	1,1154	0,8270	0,8586
12	Đặc điểm của đường đẳng trị gia tốc nền	Đỉnh gia tốc nền lớn nhất, đường đẳng trị các biên hướng xuống	Đỉnh gia tốc nền nhỏ nhất, đường đẳng trị các biên đi lên	Đỉnh gia tốc nền tương đương, đường đẳng trị đi ngang

Rời rạc hóa các giá trị S , T_B , T_C , T_D , a_g , q thành các khoảng với xác định a_g được chia 5 khoảng, q chia 5 khoảng, T_B chia 3 khoảng lấy 2 giá trị gần giá trị tin tưởng, T_C chia 5 khoảng lấy 2 giá trị gần giá trị tin tưởng ta được bộ số liệu: $M = 5 \times 5 \times 2 \times 2 = 100$ số liệu.

Bảng 4.3: Các tham số mờ của động đất theo phương ngang địa điểm tại Mường Lay

STT	S	T _B	T _C	a _g	q
1	1.15	0.20	0.60	1.1154	3.88
2	1.15	0.20	0.60	1.0831	3.88
3	1.15	0.20	0.60	1.0508	3.88
--	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---
99	1.15	0.17	0.70	1.0186	2.42
100	1.15	0.17	0.70	0.9863	2.42

c) *Xác định các hàm Phổ thiết kế:*

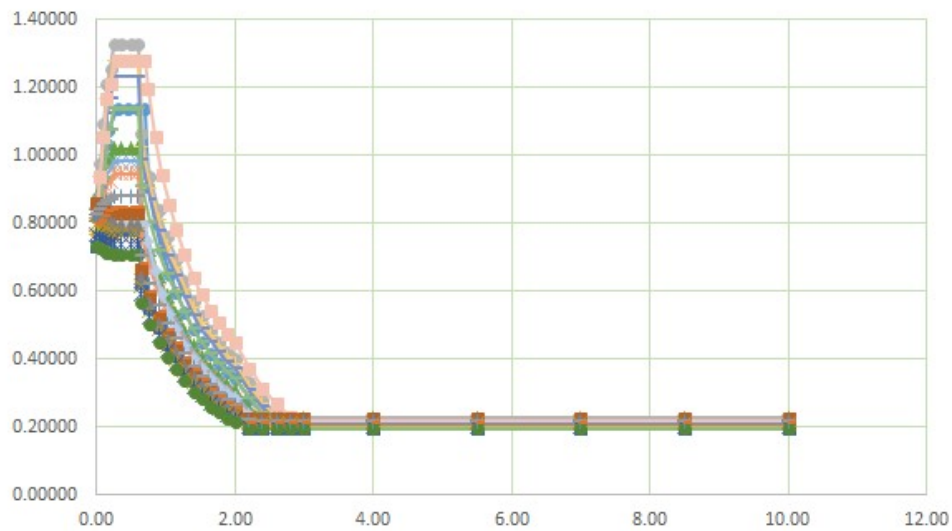
Phổ thiết kế theo phương ngang theo các tham số mờ của động đất

Với 100 bộ số liệu của các tham số mờ xác định các Phổ thiết kế, dùng bảng tính trong Excel tạo ra được 100 hàm Phổ thiết kế đưa vào chương trình tính thông thường (Etab v18) ta có 100 trường hợp tải trọng động đất gây tác động lên hệ kết cấu nhà theo từng địa điểm xây dựng.

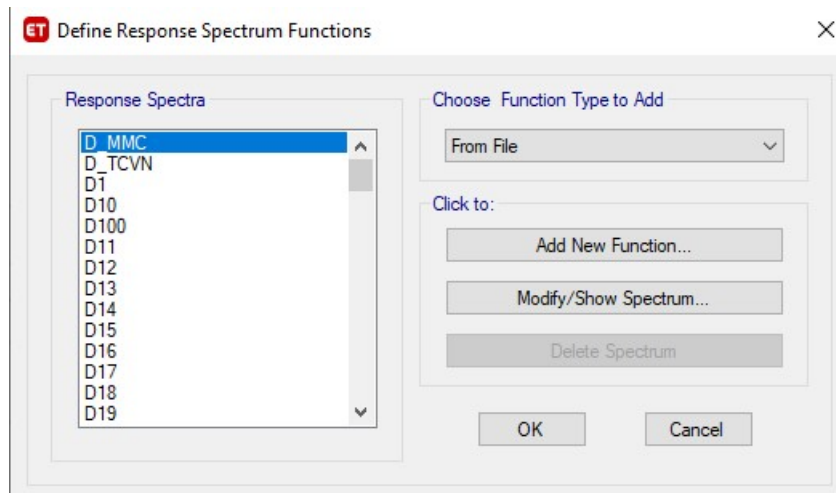
Bảng 4.4: Các thông số hàm Phổ thiết kế phương ngang tại Mường Lay

	T	S _{d1}	S _{d2}	S _{d3}	---	S _{d99}	S _{d100}
0 ≤ T ≤ TB:	0	0.8551	0.8242	0.7933	---	0.76234	0.73140
	0.05	0.8479	0.8172	0.7866	---	0.88574	0.84980
	0.1	0.8407	0.8103	0.7799	---	1.00915	0.96820
	0.15	0.8335	0.8033	0.7732	---	1.13255	1.08659
	0.2	0.8306	0.8005	0.7705		1.18191	1.13395
TB < T ≤ TC:	0.25	0.8262	0.7963	0.7664		1.18191	1.13395
	0.35	0.8262	0.7963	0.7664		1.18191	1.13395
	0.5	0.8262	0.7963	0.7664		1.18191	1.13395
	0.6	0.8262	0.7963	0.7664		1.18191	1.13395
TC < T ≤ TD:	0.65	0.6610	0.6371	0.6132		1.10312	1.05836
	0.77	0.5832	0.5621	0.5410		0.97334	0.93384
	---	---	---	---	---	---	---
	1.9	0.2609	0.2515	0.2420		0.43544	0.41777
	2	0.2479	0.2389	0.2299		0.41367	0.39688
T > TD:	2.2	0.2231	0.2150	0.2069		0.34188	0.32800
	---	---	---	---	---	---	---
	8.5	0.2231	0.2150	0.2069	---	0.19887	0.19080
	10	0.2231	0.2150	0.2069	---	0.19887	0.19080

Phổ phản ứng thiết kế phương ngang theo MM-C



Hình 4.9: Biểu đồ các hàm phổ thiết kế tính động đất của các trường hợp khả dĩ
d) Tính toán các trường hợp nội lực động đất



Hình 4.10: Hình nhập các trường hợp phổ khả dĩ vào phần mềm Etap v18

Nhập các hàm phổ động đất các chương trình tính thông thường (Etab v18) tính toán nội lực do từng trường hợp động đất gây ra.

Thu được 100 trường hợp nội lực do động đất gây ra trong các giá trị rời rạc khả dĩ.

e) Xử lý số liệu là bộ kết quả đầu ra (giải mờ)

Xây dựng giá trị trọng số của từng trường hợp Phổ thiết kế bằng cách xác định hàm thuộc biến đổi tương đồng, ta được giá trị các trọng số của từng trường hợp phổ phản ứng theo tích của các trọng số từng giá trị rời rạc của tham số mờ trong hàm phổ phản ứng:

Sử dụng bảng tính Excel để giải mờ xác định trọng số của các tham số mờ sơ cấp và tham số mờ thứ cấp, kết quả thu được giá trị theo bảng sau:

Bảng 4.5: Giá trị trọng số của các biến thứ cấp và các biến sơ cấp của các trường hợp phổ phản ứng

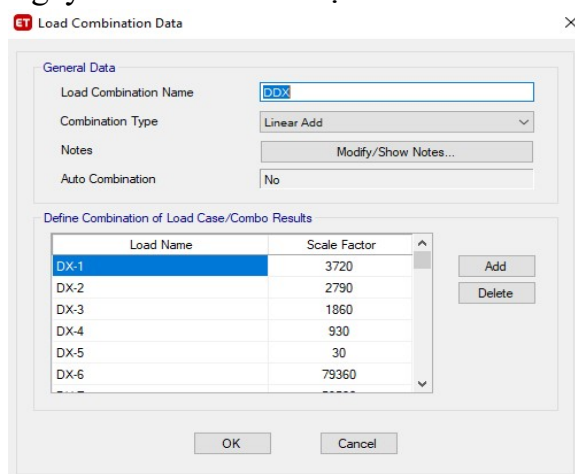
STT	S^*	T_B^*	T_C^*	a_g^*	q^*	Trọng số S_D^T
1	1	5	2	124	3	3720
2	1	5	2	93	3	2790
3	1	5	2	62	3	1860
4	1	5	2	31	3	930
5	1	5	2	1	3	30
---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---
97	1	2	1	93	3	558
98	1	2	1	62	3	372
99	1	2	1	31	3	186
100	1	2	1	1	3	6
						1.750.308

Với 100 đầu vào khả dĩ ta thu được 1.750.308 kết quả phép thử tính toán các trường hợp động đất khi phân tích Nhà Văn hóa địa điểm tại Mường Lay; có

984.900 kết quả phép thử tính toán các trường hợp động đất khi phân tích Nhà Văn hóa địa điểm tại Tuần Giáo; có 1.682.722 kết quả phép thử tính toán các trường hợp động đất khi phân tích Nhà Văn hóa địa điểm tại Ba Vì .

Với các trọng số của tải trọng đầu vào động đất, ta xác định đó là hệ số của tải trọng đầu vào trong phần mềm tính toán truyền thống.

Nhập các hệ số của tải trọng 100 trường hợp phổ phản ứng, tổ hợp công tác dụng các trường hợp tải trọng này thu được bộ số liệu tổng của các giá trị nội lực, chuyển vị do động đất gây ra đã nhân với hệ số.



Hình 4.11: Nhập các trọng số của các trường hợp phổ giải mờ nội lực trong Etab v18

Tính trung bình bộ số liệu tương đương 1.750.308 phép thử ta thu được kết quả nội lực, chuyển vị... do động đất gây ra bằng phương pháp Monte - Carlo cải tiến như đã trình bày ở chương 3.

Kết quả thu được: Giá trị nội lực, chuyển vị do động đất gây ra các trường hợp tính theo thông số thiết kế DX_TCVN và theo phương pháp MMC như sau:

Phân tích khung BTCT theo mô hình khung với phổ thiết kế

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà Văn hóa tại Mường Lay theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

Bảng 4.6: Phản lực chân công trình Nhà Văn hóa tại Mường Lay theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
DX_TCVN	959,57	197,79	4,93	3422,58	22592,14	11295,02
DY_TCVN	198,99	702,12	32,52	16353,52	3679,35	20229,06
DDXX_MMC	974,53	195,01	4,87	3423,15	22989,09	11447,83
DDYY_MMC	196,34	713,02	33,07	16641,61	3693,18	20549,95
Tỷ lệ lệch % của phương x	1,6%	-1,4%	-1,1%	0,0%	1,8%	1,4%
Tỷ lệ lệch % của phương y	-1,3%	1,6%	1,7%	1,8%	0,4%	1,6%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà Văn hóa tại Tuần Giáo theo phổ thiết kế với giá trị tải định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

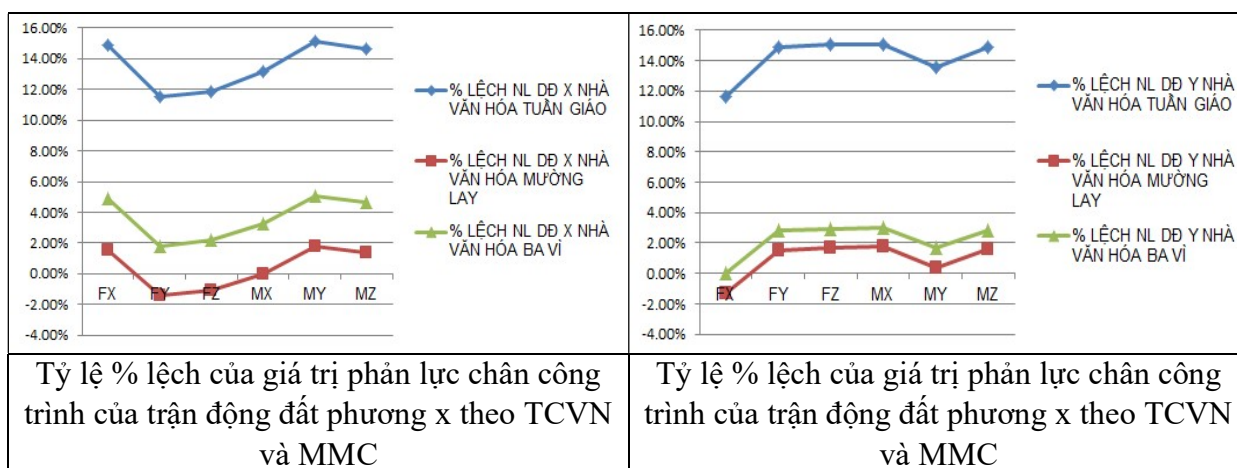
Bảng 4.7: Phản lực chân công trình Nhà Văn hóa tại Tuần Giáo theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
DX_TCVN	711,44	146,64	3,65	2537,53	16750,36	8374,35
DY_TCVN	147,53	520,56	24,11	12124,73	2727,96	14997,29
DDXX_MMC	817,22	163,53	4,09	2870,55	19278,10	9599,87
DDYY_MMC	164,63	597,89	27,73	13954,53	3096,86	17231,75
Tỷ lệ lệch % của phương x	14,87%	11,51%	11,88%	13,12%	15,09%	14,63%
Tỷ lệ lệch % của phương y	11,59%	14,85%	15,02%	15,09%	13,52%	14,90%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà Văn hóa tại Ba Vì theo phổ thiết kế với giá trị tải định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

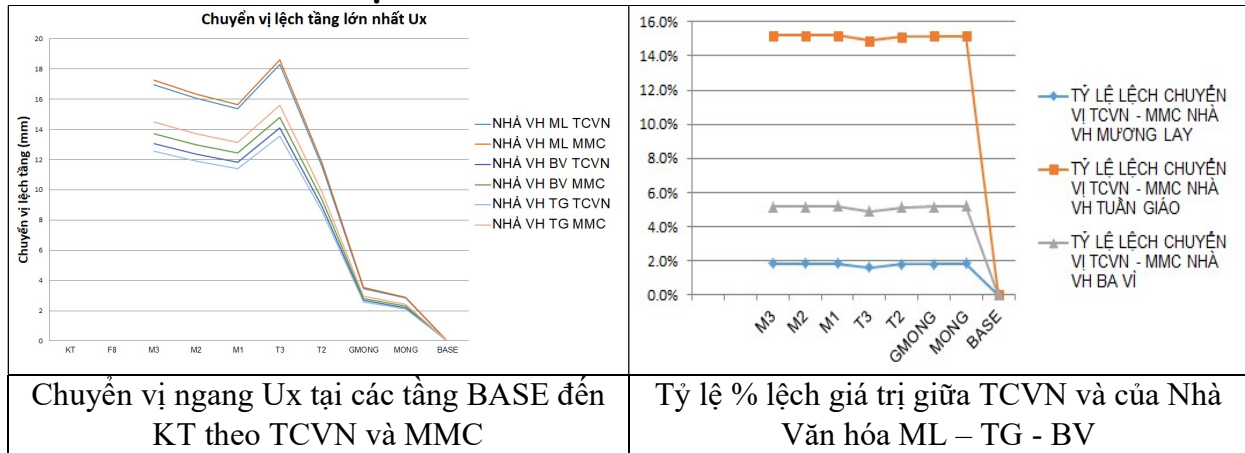
Bảng 4.8: Phản lực chân công trình Nhà Văn hóa tại Ba Vì theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
DX_TCVN	738,69	152,27	3,79	2634,76	17391,79	8695,09
DY_TCVN	153,18	540,50	25,03	12589,17	2832,45	15572,40
DDXX_MMC	774,77	155,04	3,87	2721,48	18276,73	9101,24
DDYY_MMC	153,18	555,58	25,77	12966,01	2879,26	16012,30
Tỷ lệ lệch % của phương x	4,9%	1,8%	2,2%	3,3%	5,1%	4,7%
Tỷ lệ lệch % của phương y	0,0%	2,8%	2,9%	3,0%	1,7%	2,8%



Hình 4.12: Biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch của phản lực chân Nhà Văn hóa ở các địa điểm Mường Lay, Tuần Giáo và Ba Vì, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC

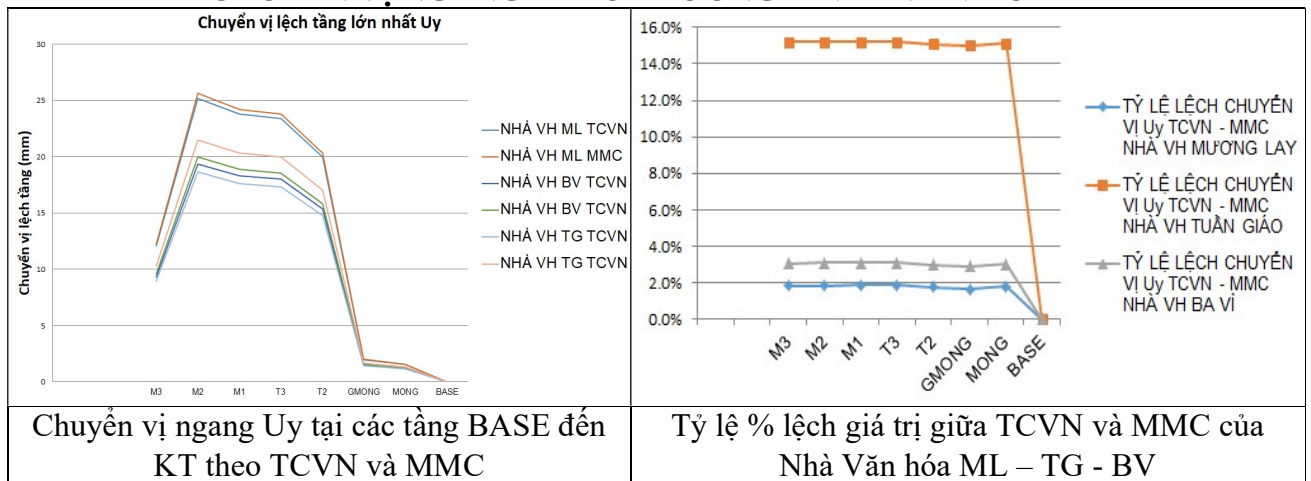
CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG X NHÀ VĂN HÓA



Hình 4.13: Biểu đồ chuyển vị phương x và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch của chuyển vị các tầng Nhà Văn hóa ở các địa điểm Mường Lay, Tuần Giáo và Ba Vì, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC

Độ lệch phương pháp tính công trình tại Tuần Giáo cao trên 10%, độ lệch giữa 2 phương pháp ở Mường Lay và Ba Vì gần như tương đương.

CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG Y NHÀ VĂN HÓA



Hình 4.14: Biểu đồ chuyển vị phương y và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch của chuyển vị các tầng Nhà Văn hóa ở các địa điểm Mường Lay, Tuần Giáo và Ba Vì, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC

Số liệu kết quả cho thấy tại Mường Lay số liệu tính theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến, nội lực cao hơn 2-3% so với tính theo phương pháp tất định hiện hành. Tại Tuần Giáo thì số liệu tính theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến có chuyển vị, nội lực lại lớn hơn đáng kể >10% so với tính theo phương pháp tất định hiện hành. Tại Ba Vì thì số liệu tính theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến có

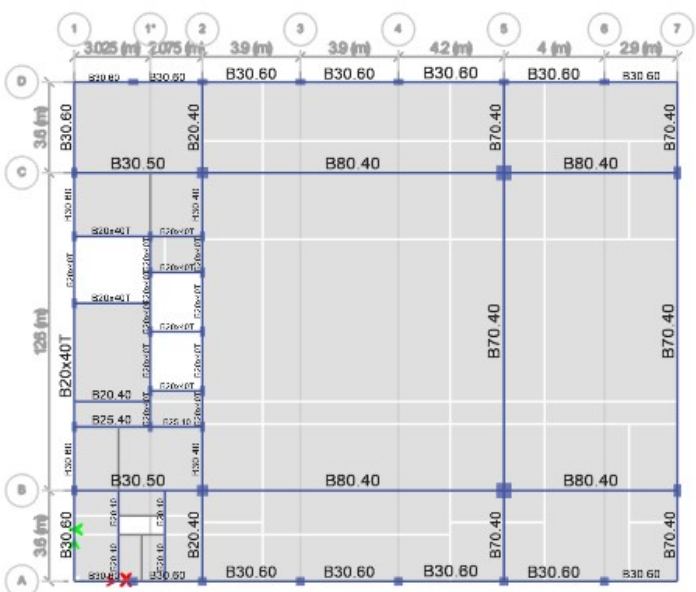
chuyển vị, nội lực tương đương từ -2% đến 1% so với tính theo phương pháp tắt định hiện hành.

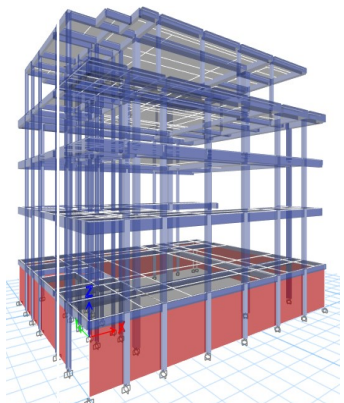
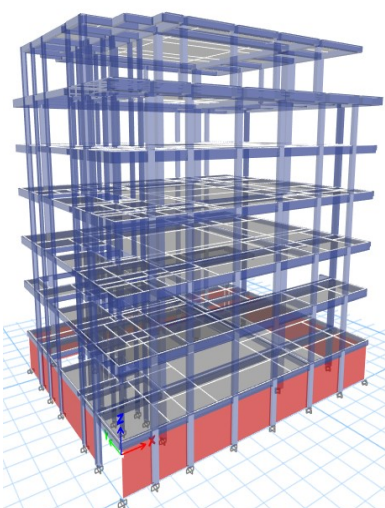
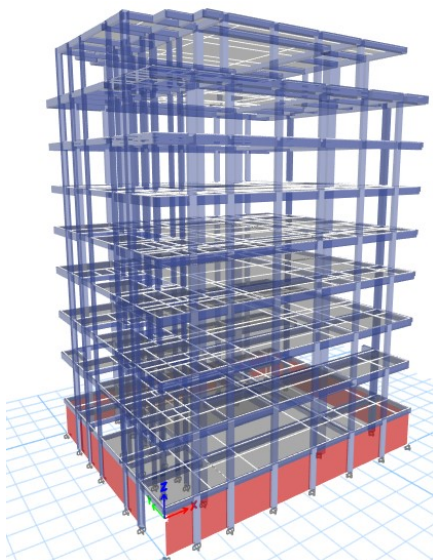
4.1.2.2. Khảo sát sự làm việc nhà thấp tầng xây dựng trong một vùng chịu động đất.

Xét trường hợp tại địa điểm Mường Lay với các dạng công trình:

a) Nhà Văn phòng mặt bằng, với các dạng công trình có mặt đứng đều đặn, thay đổi số tầng cao từ 4 tầng, 6 tầng và 8 tầng

Bảng 4.9: Các thông số tính tác động động đất theo MMC nhà đều đặn

STT	Thông số chọn	Giá trị các thông số tính toán Địa điểm tại Mường Lay, Điện Biên
1	Giới hạn dưới của chu kỳ T_B (s)	$0,15 \div 0,2$
2	Trị tin tương chu kỳ T_B (s)	0,2
3	Giới hạn trên của chu kỳ T_C (s)	$0,5 \div 0,8$
4	Trị tin tương chu kỳ T_C (s)	0,6
5	Giá trị xác định T_D (s)	2,0
6	Hệ số nền S	$1,15 \div 1,2$
7	Trị tin tương hệ số nền S	1,15
8	Hệ số ứng xử q	$3,0 \div 3,9$
9	Trị tin tương hệ số ứng xử q	3,9
10	Gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	$0,954 \div 1,1154$
11	Trị tin tương gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	1,1154
12	Đặc điểm đỉnh gia tốc nền	Đỉnh gia tốc nền lớn nhất, đường đẳng trị các biên hướng xuống
13	Mặt bằng kết cấu tầng điển hình công trình 	

STT	Thông số chọn	Giá trị các thông số tính toán Địa điểm tại Mường Lay, Điện Biên
14	Trường hợp 2.1a: Quy mô công trình: Nhà 4 tầng, một tầng hầm Chiều cao công trình: 16,45m Diện tích xây dựng: 600m² Tổng diện tích sàn xây dựng: 2400 m²	Mô hình 3D công trình 
15	Trường hợp 2.2a: Quy mô công trình: Nhà 6 tầng, một tầng hầm. Chiều cao công trình: 23,65m Diện tích xây dựng: 600 m² Tổng diện tích sàn xây dựng: 3500 m²	Mô hình 3D công trình 
16	Trường hợp 2.3a: Quy mô công trình: Nhà 8 tầng, một tầng hầm. Chiều cao công trình: 30,85m Diện tích xây dựng: 600 m² Tổng diện tích sàn xây dựng: 4700 m²	Mô hình 3D công trình 

Bảng 4.10: Các thông số tính tác động động đất theo TCVN nhà đều đặn

STT	Thông số chọn	Giá trị các thông số tính toán Địa điểm tại Mường Lay, Điện Biên
1	Giá trị chu kỳ T_B (s)	0,2
2	Giá trị chu kỳ T_C (s)	0,6
3	Giá trị xác định T_D (s)	2,0
4	Hệ số nền S	1,15
5	Hệ số ứng xử q (Hệ khung, mặt bằng đều đặn)	3,9
6	Gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	1,1154
7	Đặc điểm đỉnh gia tốc nền	Đỉnh gia tốc nền lớn nhất, đường đẳng trị các biên hướng xuống
8	Đặc điểm hệ số ứng xử	Hệ số ứng xử theo tiêu chuẩn hướng đến có giá trị cuối cùng khoảng (lớn nhất)

Rời rạc hóa các giá trị S , T_B , T_C , T_D , a_g , q thành các khoảng với xác định a_g được chia 5 khoảng, q chia 5 khoảng, T_B chia 3 khoảng lấy 2 giá trị gần giá trị tin tưởng, T_C chia 5 khoảng lấy 2 giá trị gần giá trị tin tưởng ta được bộ số liệu: $N=5 \times 5 \times 2 \times 2 = 100$ số liệu.

So sánh kết quả tính toán các trường hợp phân tích khung BTCT:

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà 4 tầng theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

Bảng 4.11: Phản lực chân công trình Nhà 4 tầng đều đặn theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	36755,42	365165,56	-414419,26	0,00
DX_TCVN	1262,58	335,97	0,00	4920,90	14775,82	15806,39
DY_TCVN	335,97	1183,50	0,00	13303,55	4906,47	16102,69
DDX_MMC	1321,24	365,09	0,00	5347,76	16011,90	16835,34
DDY_MMC	365,09	1234,54	0,00	14411,59	5332,09	16682,95
Tỷ lệ lệch % của phương x	4,6%	8,7%	0,0%	8,7%	8,4%	6,5%
Tỷ lệ lệch % của phương y	8,7%	4,3%	0,0%	8,3%	8,7%	3,6%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà 6 tầng theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

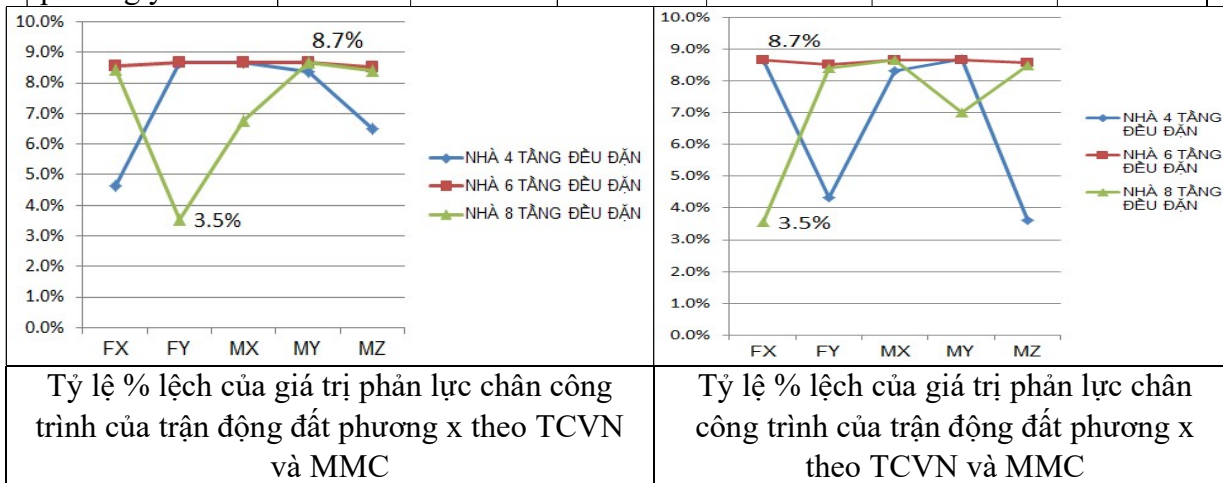
Bảng 4.12: Phản lực chân công trình Nhà 6 tầng đều đặn theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	53445,36	532789,48	-609662,28	0,00
DX_TCVN	1353,57	159,08	0,00	3086,47	25985,78	12303,43
DY_TCVN	159,08	1219,03	0,00	23335,43	3081,81	18688,49
DDX_MMC	1469,07	172,85	0,00	3354,01	28236,51	13352,64
DDY_MMC	172,85	1322,77	0,00	25355,69	3348,92	20288,24
Tỷ lệ lệch % của phương x	8,5%	8,7%	0,0%	8,7%	8,7%	8,5%
Tỷ lệ lệch % của phương y	8,7%	8,5%	0,0%	8,7%	8,7%	8,6%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà 8 tầng theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

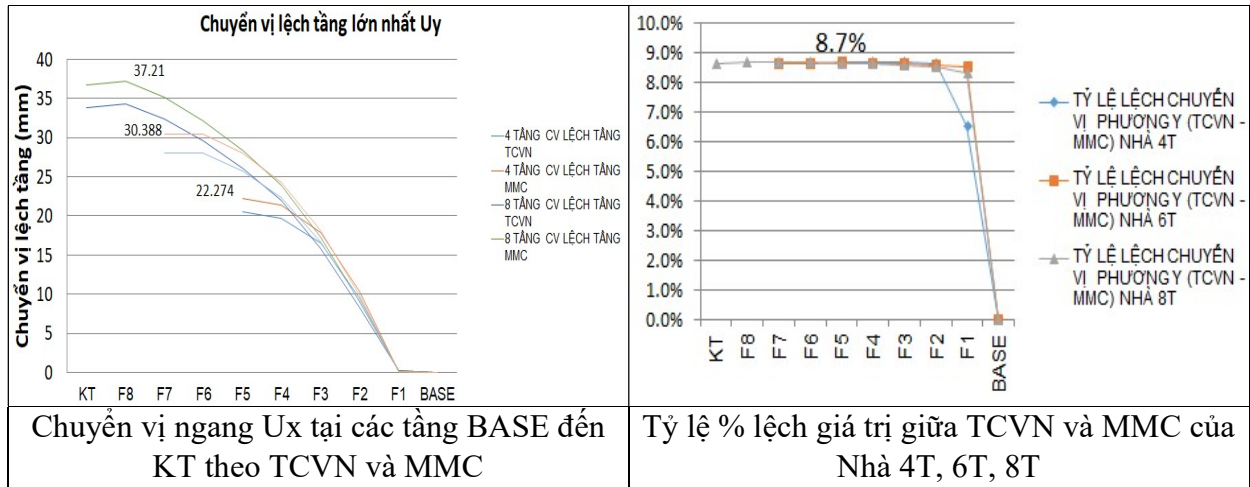
Bảng 4.13: Phản lực chân công trình Nhà 8 tầng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	70125,08	700297,56	-803511,30	0,00
DX_TCVN	1613,01	57,94	0,00	529,61	37736,85	16227,11
DY_TCVN	57,94	1441,41	0,00	33561,64	527,97	20643,24
DDX_MMC	1749,34	59,99	0,00	565,37	41006,66	17593,14
DDY_MMC	59,99	1562,58	0,00	36469,94	565,00	22394,46
Tỷ lệ lệch % của phương x	8,5%	3,5%	0,0%	6,8%	8,7%	8,4%
Tỷ lệ lệch % của phương y	3,5%	8,4%	0,0%	8,7%	7,0%	8,5%

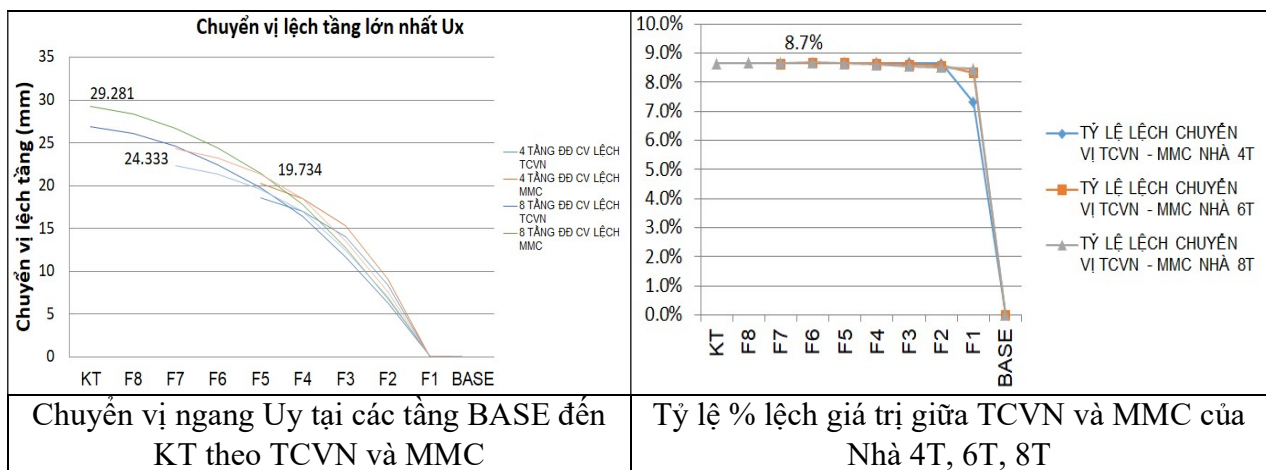


Hình 4.15: Biểu đồ tỷ lệ % lệch giá trị phản lực chân công trình nhà đều đặn trình giữa 2 phương pháp theo TCVN và MMC

CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG X NHÀ ĐỀU ĐẶN



CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG Y NHÀ ĐỀU ĐẶN

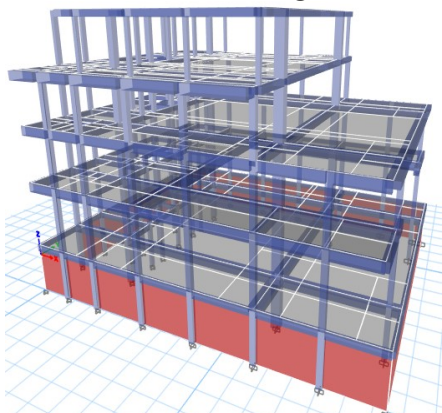


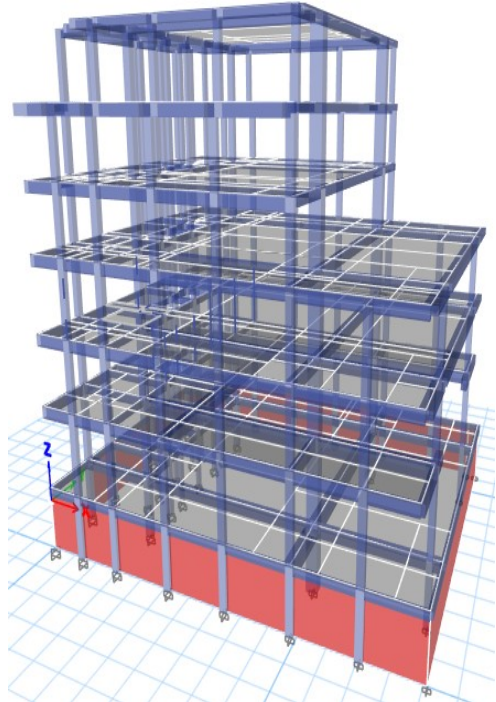
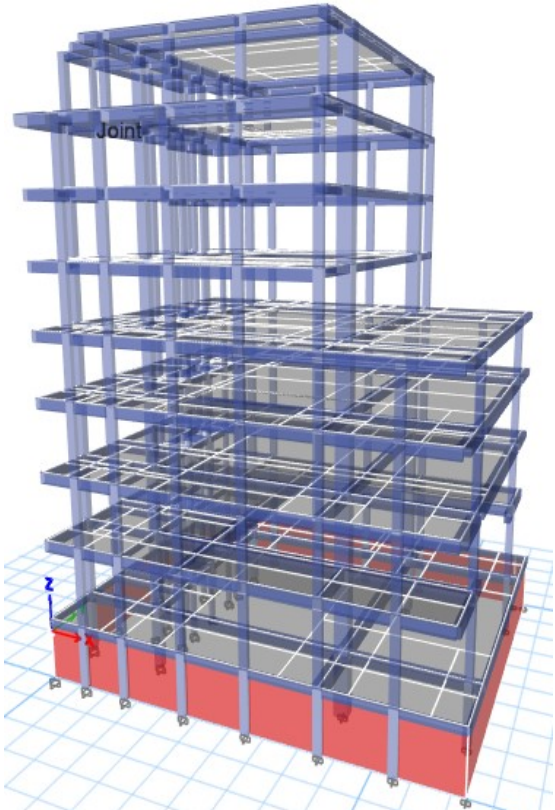
Hình 4.16: Biểu đồ chuyển vị phương x,y và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch các phương x,y của chuyển vị các tầng nhà đều đặn, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC

Các giá trị chuyển vị tính theo phương pháp MMC và theo phương pháp tất định hiện hành, có giá trị lệch đáng kể giá trị lệch max đến 8,7% với nội lực Mx, My và chuyển vị theo phương x, y giá trị chênh lệch 8,6-8,7%. Đặc điểm của công trình khảo sát mô hình công trình tương đồng như nhau, tại vị trí có gia tốc nền cao nhất, đường đẳng trị gia tốc nền hướng xuống và trị tin tương hệ số ứng xử q nằm cuối cùng của khoảng xác định hệ số ứng xử.

b) Nhà Văn phòng mặt bằng, với các dạng công trình có mặt đứng không đều đặn, thay đổi số tầng cao từ 4 tầng, 6 tầng và 8 tầng

Bảng 4.14: Các thông số tính tác động động đất theo MMC công trình nhà không đều đặn

STT	Thông số chọn	Giá trị các thông số tính toán Địa điểm tại Mường Lay, Điện Biên
1	Giới hạn dưới của chu kỳ T_B (s)	$0,15 \div 0,2$
2	Trị tin tưởng chu kỳ T_B (s)	0,2
3	Giới hạn trên của chu kỳ T_C (s)	$0,5 \div 0,8$
4	Trị tin tưởng chu kỳ T_C (s)	0,6
5	Giá trị xác định T_D (s)	2,0
6	Hệ số nền S	$1,15 \div 1,2$
7	Trị tin tưởng hệ số nền S	1,15
8	Hệ số ứng xử q	$2,4 \div 3,9$
9	Trị tin tưởng hệ số ứng xử q	3,12
10	Gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	$0,954 \div 1,1154$
11	Trị tin tưởng gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	1,1154
12	Đặc điểm gia tốc nền	Đỉnh gia tốc nền lớn nhất, đường đẳng trị các biên hướng xuống
13	Mặt bằng kết cấu tầng 3 công trình	MBKC tầng 5 công trình (Nhà 6 và 8 tầng)
14	Trường hợp 2.1b: Quy mô công trình: Nhà 4 tầng, một tầng hầm Chiều cao công trình: 16,45m Diện tích xây dựng: 600 m² Tổng diện tích sàn xây dựng: 1800 m²	Mô hình 3D công trình 

STT	Thông số chọn	Giá trị các thông số tính toán Địa điểm tại Mường Lay, Điện Biên
15	Trường hợp 2.2b: Quy mô công trình: Nhà 6 tầng, một tầng hầm. Chiều cao công trình: 23,65m Diện tích xây dựng: 600 m ² Tổng diện tích sàn xây dựng: 2600 m ²	Mô hình 3D công trình 
16	Trường hợp 2.3b: Quy mô công trình: Nhà 8 tầng, một tầng hầm. Chiều cao công trình: 30,85m Diện tích xây dựng: 600 m ² Tổng diện tích sàn xây dựng: 3650 m ²	Mô hình 3D công trình 

Bảng 4.15: Các thông số tính tác động động đất theo TCVN nhà đều đặn

STT	Thông số chọn	Giá trị các thông số tính toán Địa điểm tại Mường Lay, Điện Biên
1	Giá trị chu kỳ T_B (s)	0,2
2	Giá trị chu kỳ T_C (s)	0,6
3	Giá trị xác định T_D (s)	2,0
4	Hệ số nền S	1,15
5	Hệ số ứng xử q (Hệ khung, mặt bằng không đều đặn chiết giảm 20%)	3,12
6	Gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	1,1154
7	Đặc điểm đỉnh gia tốc nền	Đỉnh gia tốc nền lớn nhất, đường đẳng trị các biên hướng xuống
8	Đặc điểm hệ số ứng xử	Hệ số ứng xử theo tiêu chuẩn hướng đến có giá trị trung bình khoảng

Rời rạc hóa các giá trị S , T_B , T_C , T_D , a_g , q thành các khoảng với xác định a_g được chia 5 khoảng, q chia 5 khoảng, T_B chia 3 khoảng lấy 2 giá trị gần giá trị tin tưởng, T_C chia 5 khoảng lấy 2 giá trị gần giá trị tin tưởng ta được bộ số liệu: $N=5 \times 5 \times 2 \times 2=100$ số liệu.

So sánh kết quả tính toán các trường hợp phân tích khung BTCT:

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà 4 tầng không đều đặn theo phổ thiết kế với giá trị tắt định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

Bảng 4.16: Phản lực chân công trình Nhà 4 tầng không đều đặn theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	33381,3	331793,0	-344824,3	0,00
DX_TCVN	1487,52	43,91	0,00	610,08	17980,26	14733,14
DY_TCVN	43,91	1533,77	0,00	18578,62	602,21	16718,97
DDX_MMC	1493,81	44,59	0,00	621,32	18295,81	14823,22
DDY_MMC	44,59	1540,97	0,00	18906,66	613,29	16789,73
Tỷ lệ lệch % của phương x	0,4%	1,5%	0,0%	1,8%	1,8%	0,6%
Tỷ lệ lệch % của phương y	1,5%	0,5%	0,0%	1,8%	1,8%	0,4%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà 6 tầng không đều đặn theo phổ thiết kế với giá trị tắt định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

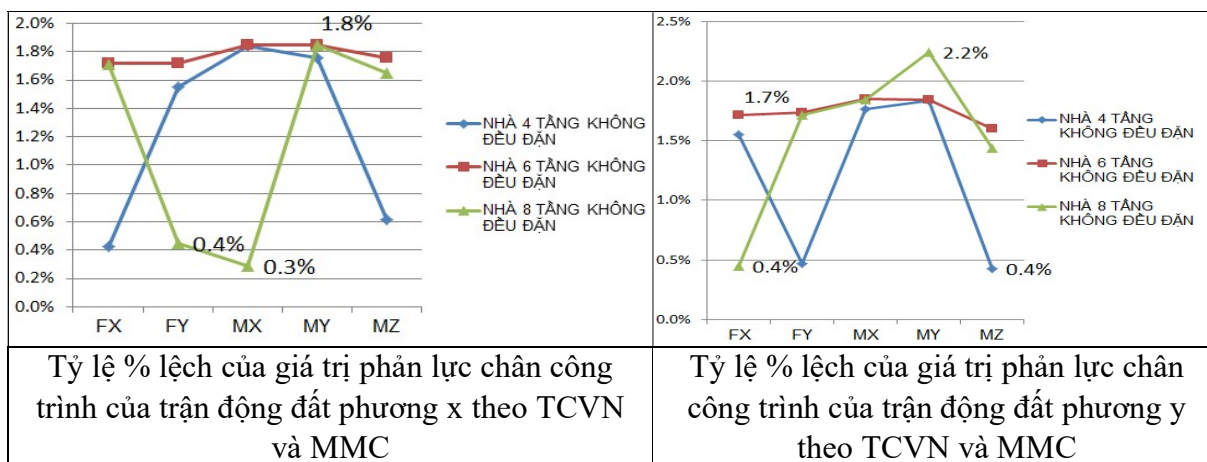
Bảng 4.17: Phản lực chân công trình Nhà 6 tầng không đều đặn theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	47886,8	477714,4	-493811,9	0,00
DX_TCVN	1600,37	99,61	0,00	1824,42	29754,15	17034,41
DY_TCVN	99,61	1567,70	0,00	29229,17	1853,65	13534,44
DDX_MMC	1627,84	101,31	0,00	1858,15	30304,12	17333,32
DDY_MMC	101,31	1594,93	0,00	29769,51	1887,81	13751,71
Tỷ lệ lệch % của phương x	1,7%	1,7%	0,0%	1,8%	1,8%	1,8%
Tỷ lệ lệch % của phương y	1,7%	1,7%	0,0%	1,8%	1,8%	1,6%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà 8 tầng không đều đặn theo phổ thiết kế với giá trị tắt định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

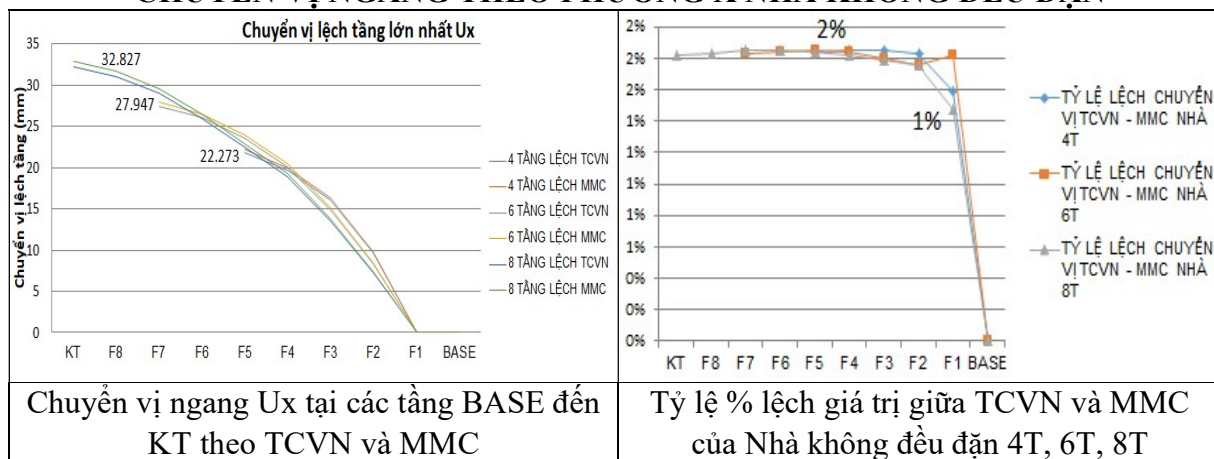
Bảng 4.18: Phản lực chân công trình Nhà 8 tầng không đều đặn theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	62363,9	623316,0	-640974,2	0,00
DX_TCVN	1878,15	257,28	0,00	1251,45	42767,64	18681,67
DY_TCVN	257,28	1814,82	0,00	41438,10	1321,45	17063,54
DDX_MMC	1910,27	258,43	0,00	1255,02	43558,65	18989,42
DDY_MMC	258,42	1845,90	0,00	42202,47	1351,09	17309,14
Tỷ lệ lệch % của phương x	1,7%	0,4%	0,0%	0,3%	1,8%	1,6%
Tỷ lệ lệch % của phương y	0,4%	1,7%	0,0%	1,8%	2,2%	1,4%

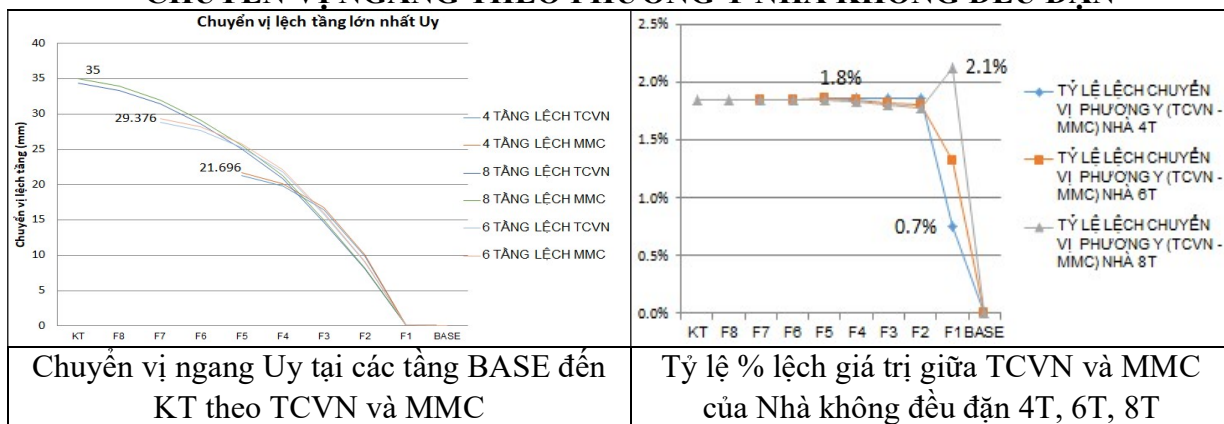


Hình 4.17: Biểu đồ tỷ lệ % lệch giá trị phản lực chân công trình nhà không đều đặn giữa 2 phương pháp theo TCVN và MMC

CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG X NHÀ KHÔNG ĐỀU ĐẠN



CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG Y NHÀ KHÔNG ĐỀU ĐẠN



Hình 4.18: Biểu đồ chuyển vị phương x,y và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch các phương x,y của chuyển vị các tầng nhà không đều đặn, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC

Các giá trị chuyển vị tính theo phương pháp MMC và theo phương pháp tất định hiện hành, kết quả nội lực, chuyển vị gần tương đương nhau giá trị lệch max $\leq 2,2\%$, đặc điểm của công trình khảo sát tại vị trí có gia tốc nền cao nhất, đường đẳng trị gia tốc nền hướng xuống và trị tin tưởng hệ số ứng xử q tiệm cận giá trị trung bình của khoảng xác định hệ số ứng xử.

4.1.2.3. Khảo sát sự làm việc trường hợp phân tích với mô hình đàn hồi và phi tuyến bằng phương pháp lịch sử thời gian theo dữ liệu hàm phổ tất định hiện hành và hàm phổ đặc trưng của phương pháp Monte – Carlo cải tiến

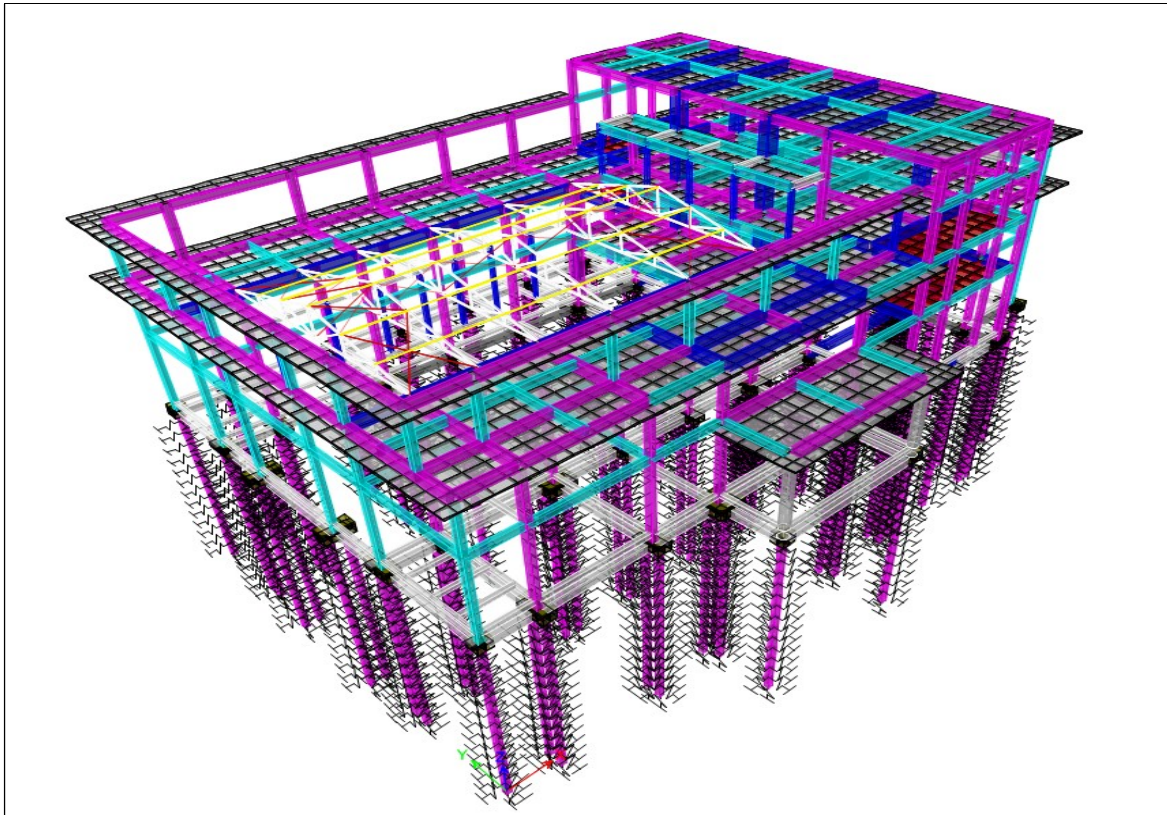
Qua khảo sát có trường hợp trường hợp Nhà Văn hóa tại địa điểm ở Tuần Giáo có nội lực, chuyển vị cao hơn khi tính theo phương pháp tất định hiện hành.

Sử dụng hàm phổ qua giải mờ được hàm phổ đặc trưng của phương pháp Monte – Carlo cải tiến, dùng hàm phổ đặc trưng của phương pháp tính toán kiểm tra qua kết quả nội lực, chuyển vị tính toán phân tích phổ thiết kế dùng cho phân tích đàn hồi có số liệu tính toán kiểm tra tương đương với số liệu tính theo phương

pháp Monte - Carlo cải tiến, có thể dùng hàm phổ mờ xây dựng hàm gia tốc lịch sử thời gian giả theo các hàm lịch sử thời gian mẫu, từ đó phân tích biểu diễn chuyển động động đất theo hàm của thời gian để phân tích đàn hồi, phân tích phi tuyến công trình.

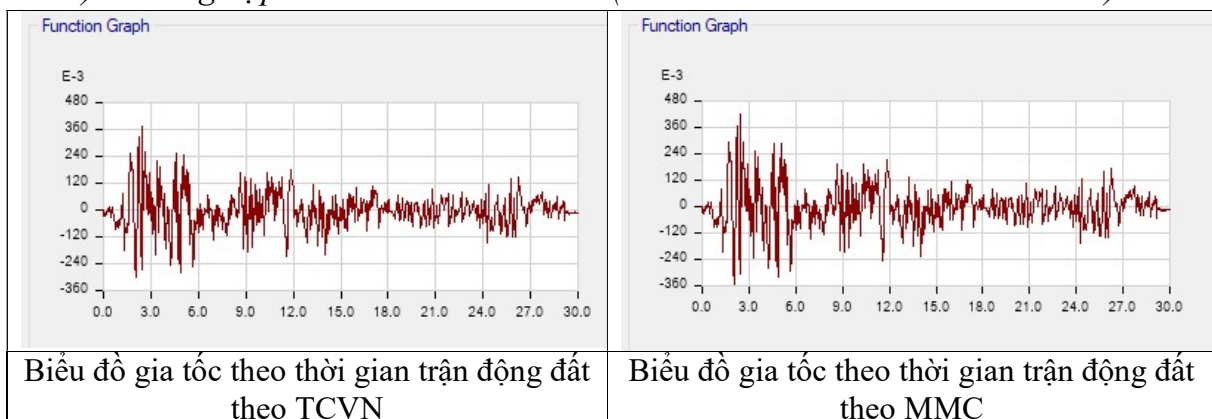
Xét khảo sát với các mô hình không kể đến tường xây chèn và có kể đến tường xây chèn với mô hình đàn hồi và phi tuyến bằng phương pháp lịch sử thời gian:

Mô hình 3D công trình



Hình 4.19: Mô hình 3D công trình Nhà Văn hóa

a) Trường hợp 3.1: Phân tích đàn hồi (DDX-XI-TCVN & DDX-XI-MMC)



Load Case Data

General

Load Case Name: DD-DH-TCVN

Load Case Type/Subtype: Time History

Mass Source: Previous (MsSec1)

Analysis Model: Default

Design... Notes...

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Func_TCVN	1

Add Delete

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Time History Motion Type: Transient

Number of Output Time Steps: 1500

Output Time Step Size: 0.01 sec

Modal Damping: Constant at 0.05

Modify/Show... OK Cancel

Phân tích kết cấu chịu động đất theo lý thuyết đàn hồi theo TCVN

Load Case Data

General

Load Case Name: DD-DH-MMC

Load Case Type/Subtype: Time History

Mass Source: Previous (MsSec1)

Analysis Model: Default

Design... Notes...

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Func_MMC	1

Add Delete

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Time History Motion Type: Transient

Number of Output Time Steps: 1500

Output Time Step Size: 0.01 sec

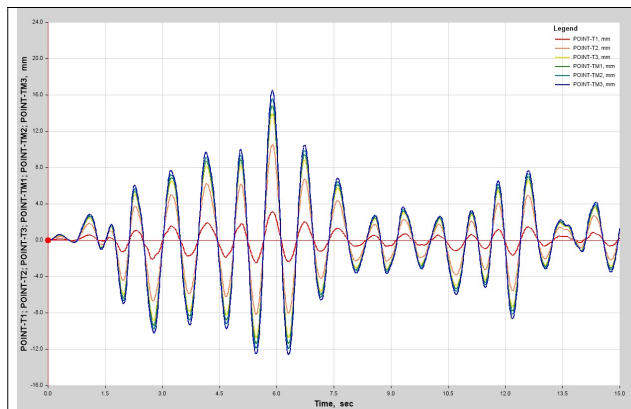
Modal Damping: Constant at 0.05

Modify/Show... OK Cancel

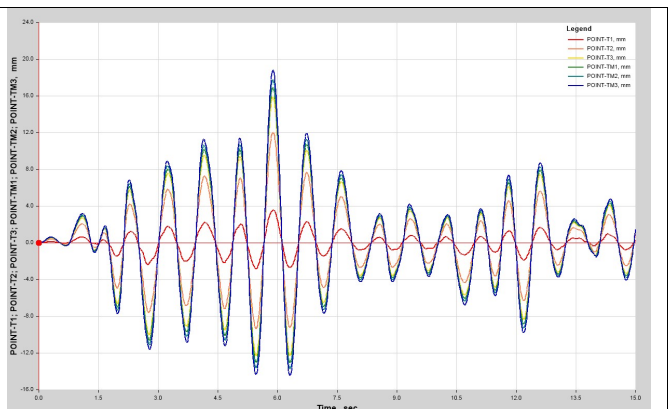
Phân tích kết cấu chịu động đất theo lý thuyết đàn hồi theo MMC

Hình 4.20: Khai báo dữ liệu động đất trong Etap trường hợp đàn hồi

*** Trộn động đất tác động theo phương X (DD-ĐH-TCVN & DD-ĐH-MMC)**

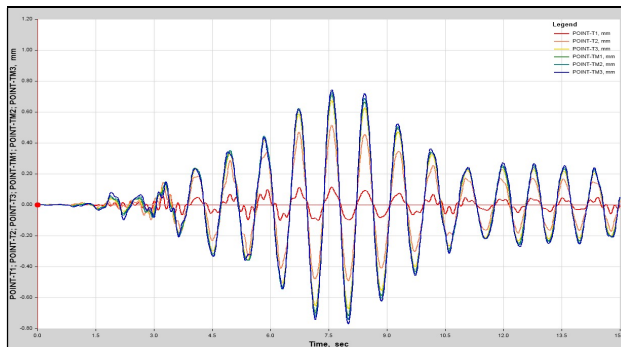


Chuyển vị ngang U_x tại các tầng T1, T2, T3, TM1, TM2, TM3 (DD-ĐH-TCVN)

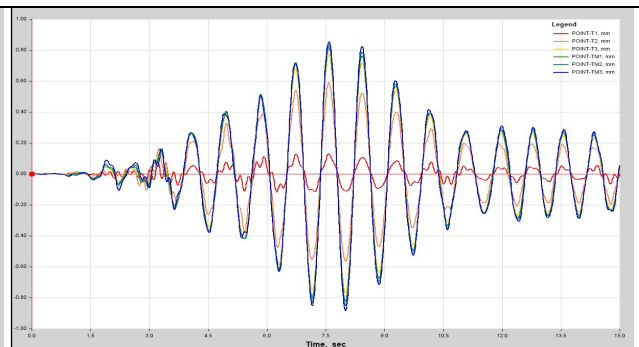


Chuyển vị ngang U_x tại các tầng T1, T2, T3, TM1, TM2, TM3 (DD-ĐH-MMC)

*** Trộn động đất tác động theo phương Y (DD-ĐH-TCVN & DD-ĐH-MMC)**



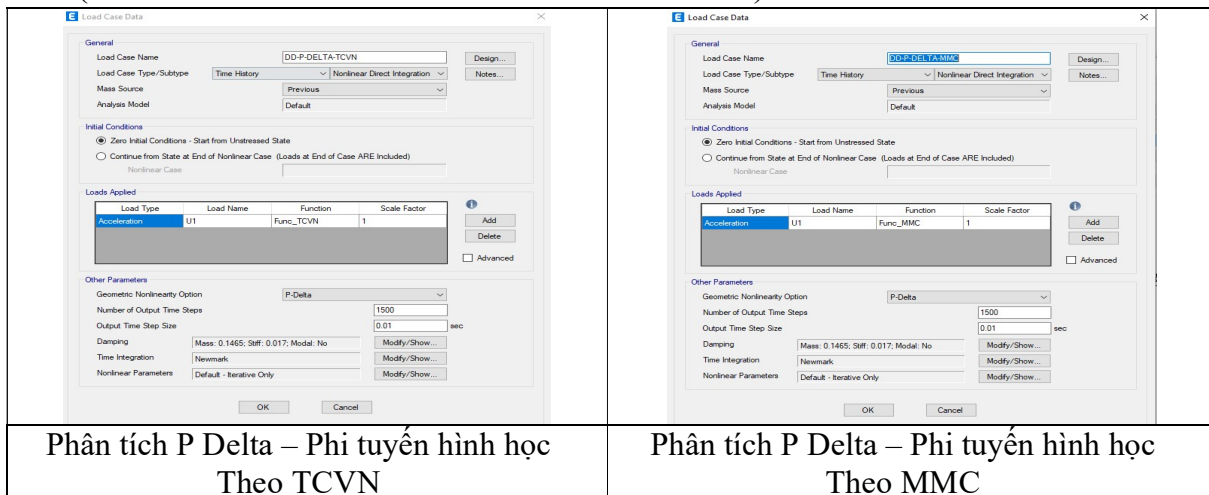
Chuyển vị ngang U_y tại các tầng T1, T2, T3, TM1, TM2, TM3 (DD-ĐH-TCVN)



Chuyển vị ngang U_y tại các tầng T1, T2, T3, TM1, TM2, TM3 (DD-ĐH-MMC)

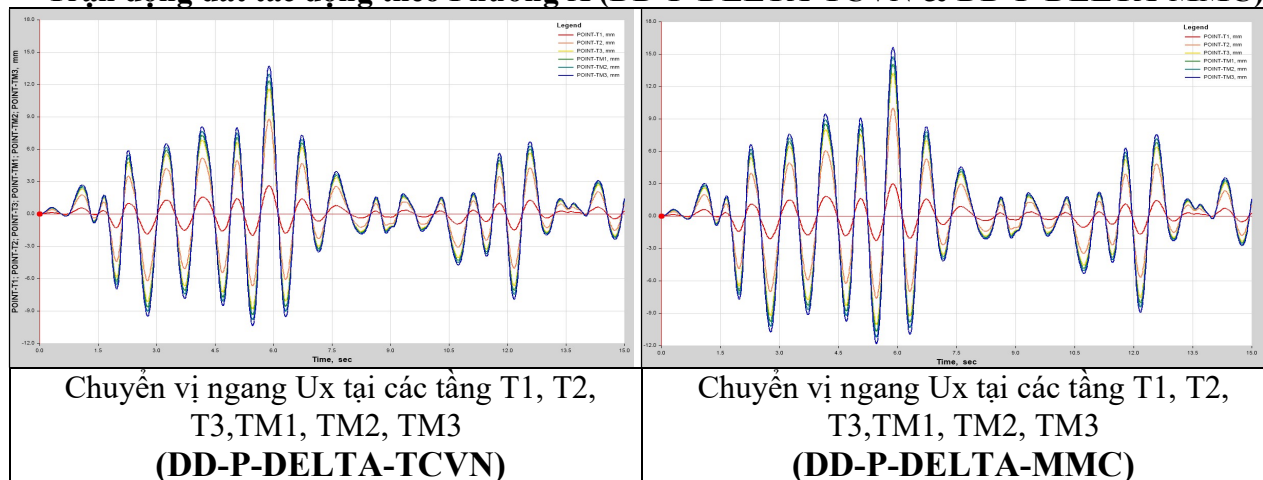
Hình 4.21: Giá trị chuyển vị các trường hợp phân tích đàn hồi

b) Trường hợp 3.2: Phân tích P Delta – Phi tuyến hình học (DD-P-DELTA-TCVN & DD-P-DELTA-MMC)

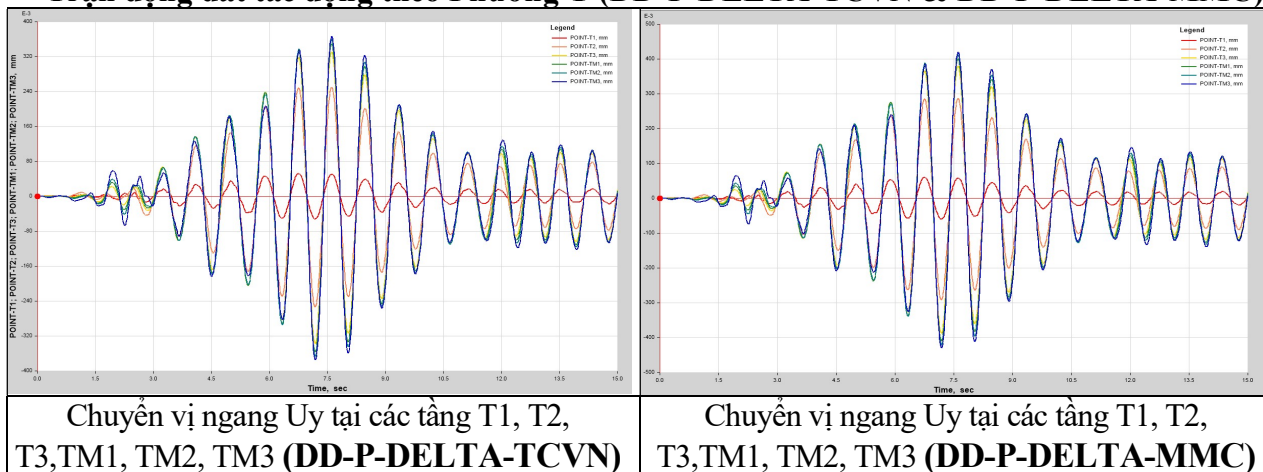


Hình 4.22: Khai báo dữ liệu động đất trong Etab trường hợp phi tuyến

*** Trộn động đất tác động theo Phương X (DD-P-DELTA-TCVN & DD-P-DELTA-MMC)**



*** Trộn động đất tác động theo Phương Y (DD-P-DELTA-TCVN & DD-P-DELTA-MMC)**



Hình 4.23: Giá trị chuyển vị các trường hợp phân tích phi tuyến

c) Trường hợp 3.3: Phân tích phi tuyến khung BTCT có tường chèn (DDX-XTCTCVN & DDX-XTCTMMC)

Với trường hợp khảo sát mô hình khung có tường chèn: Xác định các thông số tường chèn tại các khung có tường chèn đặc theo [77].

Gạch đặc đất sét nung mác 75, vữa xây mác 50;

Mô đun đàn hồi của tường chèn $E_m = 700f' = 0,91.10^6 \text{ kN/m}^2$;

Chiều dày thanh tương đương $t = 0,22\text{m}$;

Kích thước rộng thanh tương đương theo kích thước tấm tường chèn theo bảng 4.19.

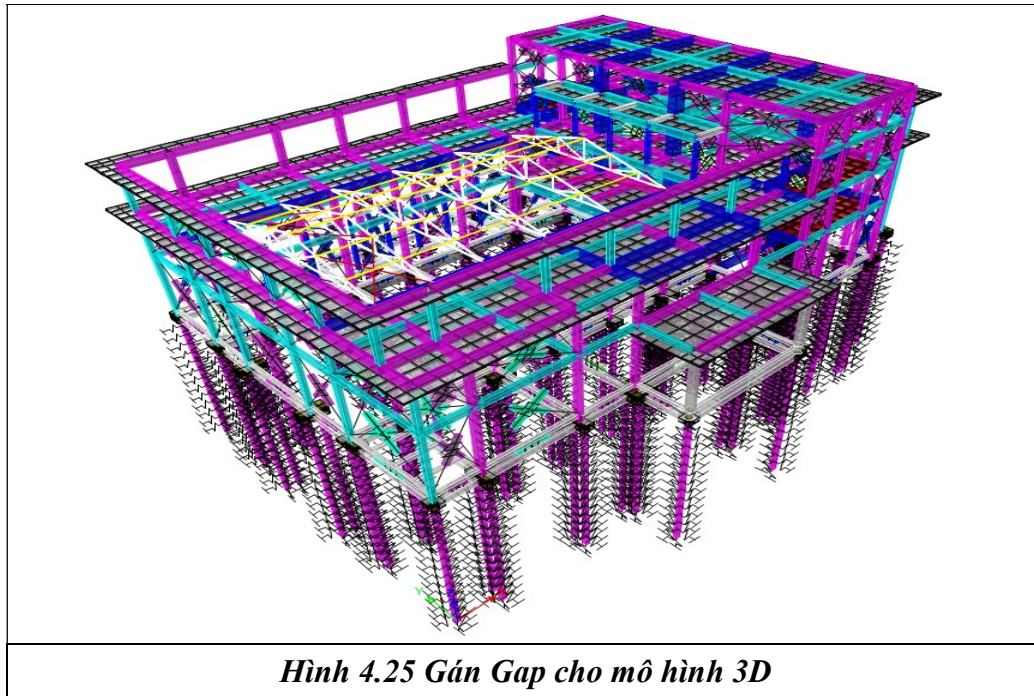
Bảng 4.19: Kích thước độ rộng thanh tương đương

STT	Kích thước tường (mm)		Giá trị độ rộng thanh tương đương a (mm)
	L_{inf}	h_{inf}	
1	6600	5170	1100
2	3600	5170	969
3	6600	3400	1043
4	3600	3400	674
5	6400	5170	1079
6	4650	5170	881
7	6400	3400	1022
8	4650	3400	850

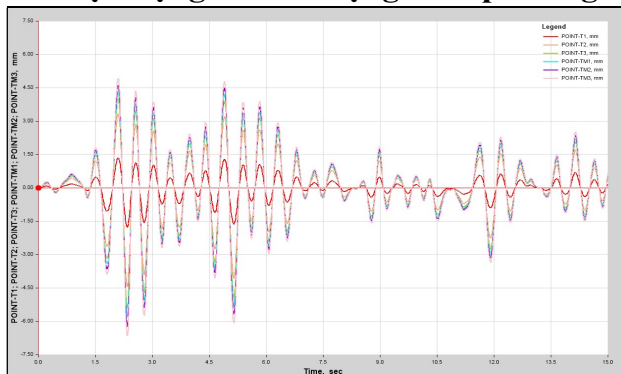
Lập sơ đồ tính kết hợp tường chèn là phần tử chỉ nén trong phân mềm thông dụng tính kết cấu (Etab v18), xác định chu kỳ dao động riêng của hệ.

Hình 4.24: Khai báo dữ liệu động đất trong Etab trường hợp kể đến tường chèn

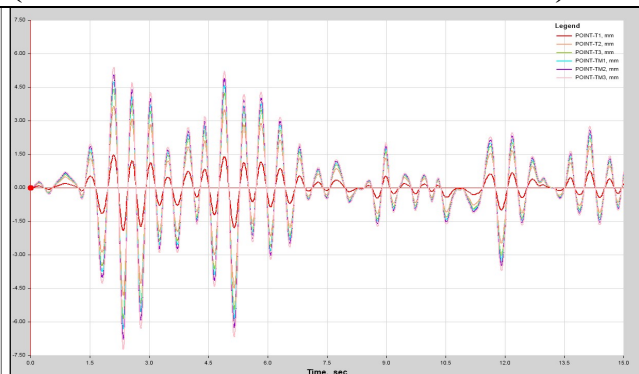
Khai báo “Gap element” Mô phỏng tương tác mặt tiếp xúc khung tường xây chèn



*** Trộn động đất tác động theo phương X (DD-XTC-TCVN & DD-XTC-MMC)**

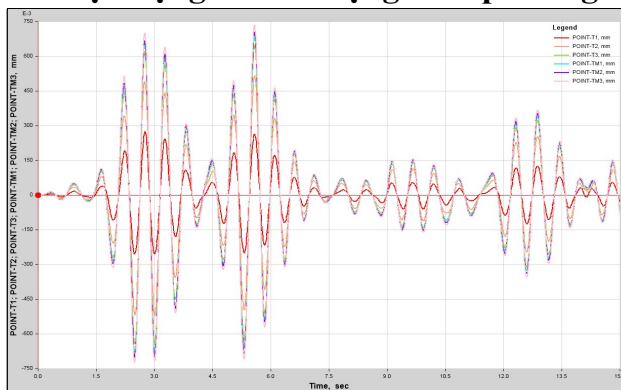


Chuyển vị ngang U_x tại các tầng T1, T2, T3, TM1, TM2, TM3 (DD-XTC-TCVN)

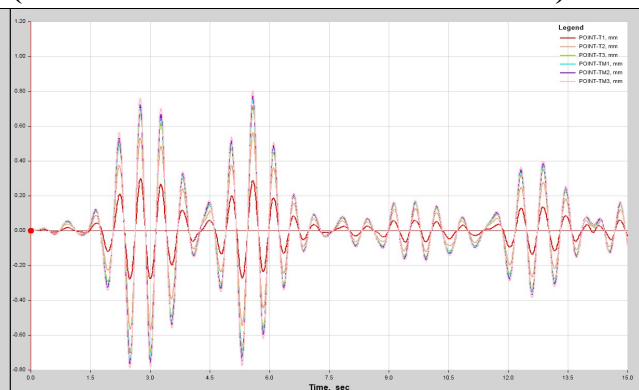


Chuyển vị ngang U_x tại các tầng T1, T2, T3, TM1, TM2, TM3 (DD-XTC-MMC)

*** Trộn động đất tác động theo phương Y (DD-XTC-TCVN & DD-XTC-MMC)**



Chuyển vị ngang U_y tại các tầng T1, T2, T3, TM1, TM2, TM3 (DD-XTC-TCVN)



Chuyển vị ngang U_y tại các tầng T1, T2, T3, TM1, TM2, TM3 (DD-XTC-MMC)

Hình 4.26: Giá trị chuyển vị các trường hợp phân tích phi tuyến có xét tường chèn

d) So sánh kết quả tính toán các trường hợp

- Các trường hợp so sánh:

+ **TH1: Phân tích khung BTCT theo mô hình đàn hồi**

- DD-ĐH-TCVN: Phân tích khung đàn hồi theo biểu đồ gia tốc TCVN.

- DD-ĐH-MMC: Phân tích khung đàn hồi theo biểu đồ gia tốc MMC.

+ **TH2: Phân tích khung BTCT theo mô hình phi tuyến – P-delta**

- DD-P-Delta-TCVN: Phân tích khung phi tuyến -P delta theo biểu đồ gia tốc TCVN.

- DD-P-Delta-MMC: Phân tích khung phi tuyến - P delta theo biểu đồ gia tốc MMC.

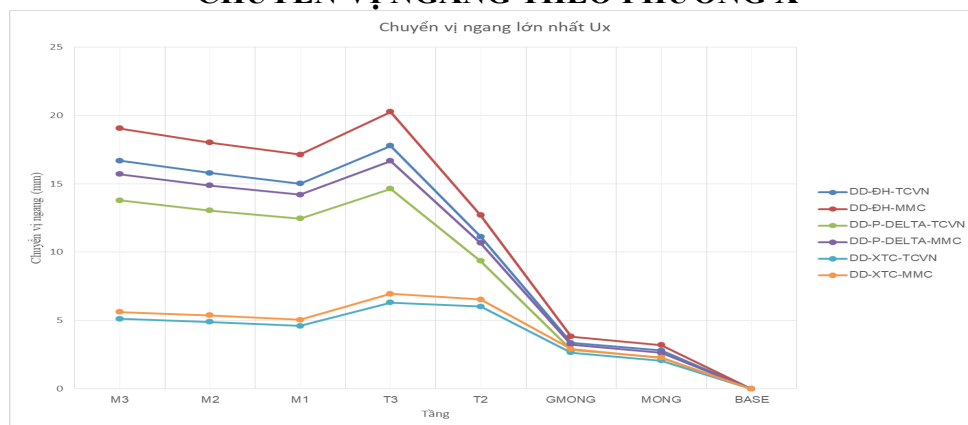
+ **TH3: Phân tích khung BTCT có xây tường chèn theo mô hình phi tuyến – P-delta**

- DD-XTC-TCVN: Phân tích khung có xây tường chèn theo biểu đồ gia tốc TCVN.

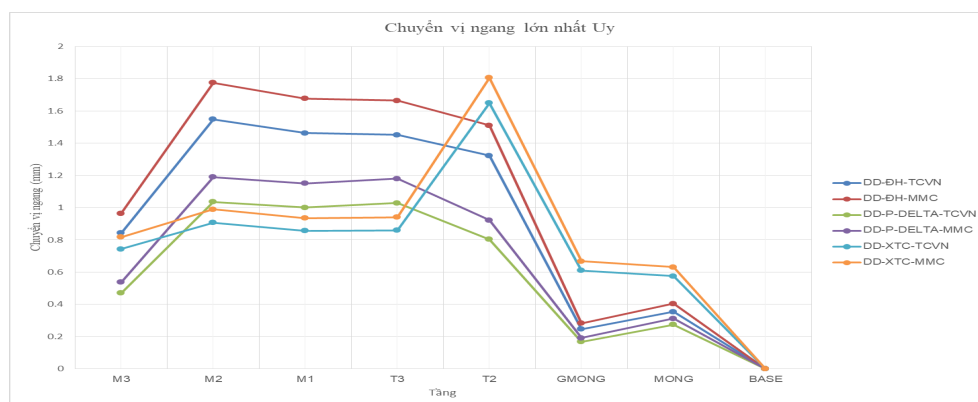
- DD-XTC- MMC: Phân tích khung có xây tường chèn theo biểu đồ gia tốc MMC.

Đối với chuyển vị ngang của mô hình không có tường chèn phân tích đàn hồi và phi tuyến gần tương đương, trường hợp mô hình có tường chèn chuyển vị giảm và sự chênh lệch có 2 trường hợp xét TCVN và MMC xu hướng giảm.

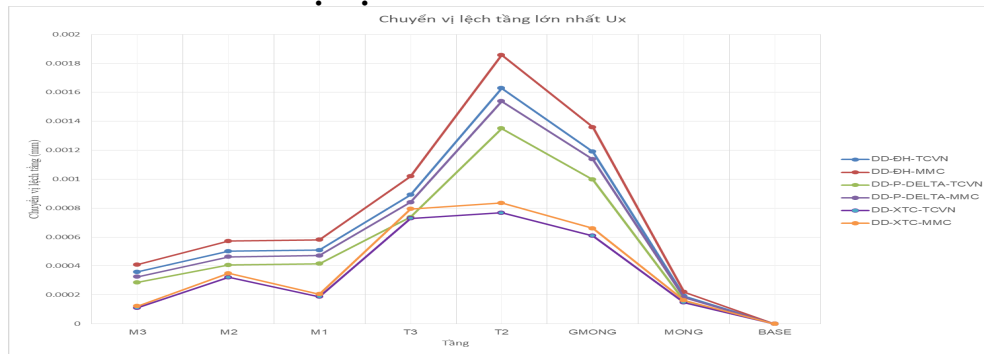
CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG X



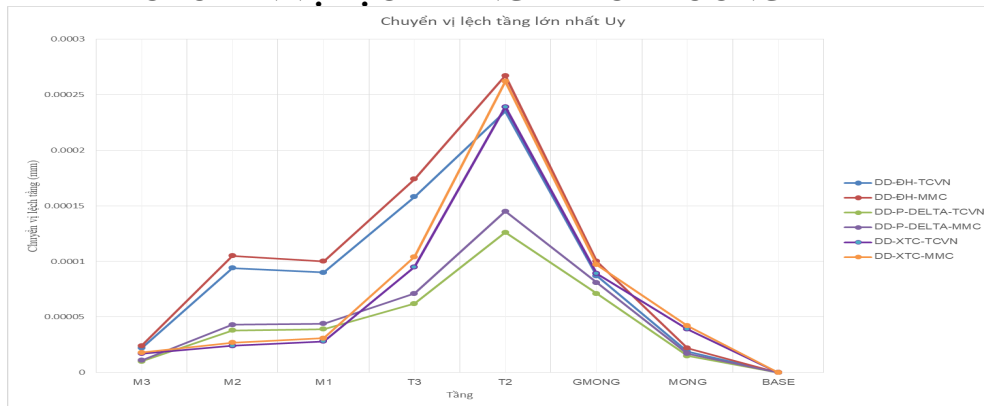
CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG Y



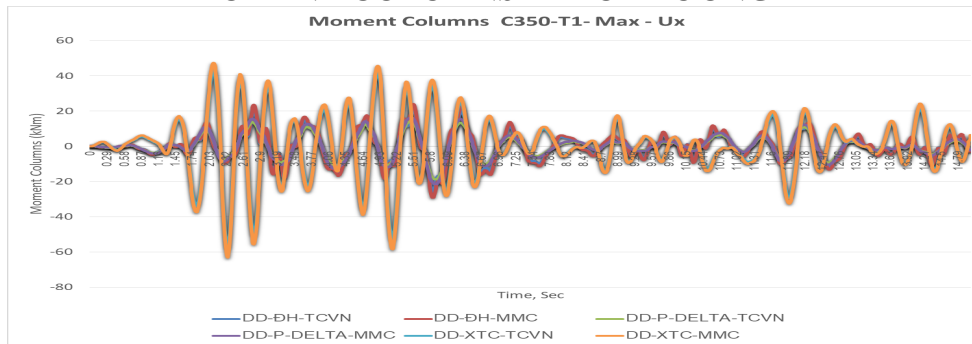
CHUYỂN VỊ LỆCH TẦNG THEO PHƯƠNG X



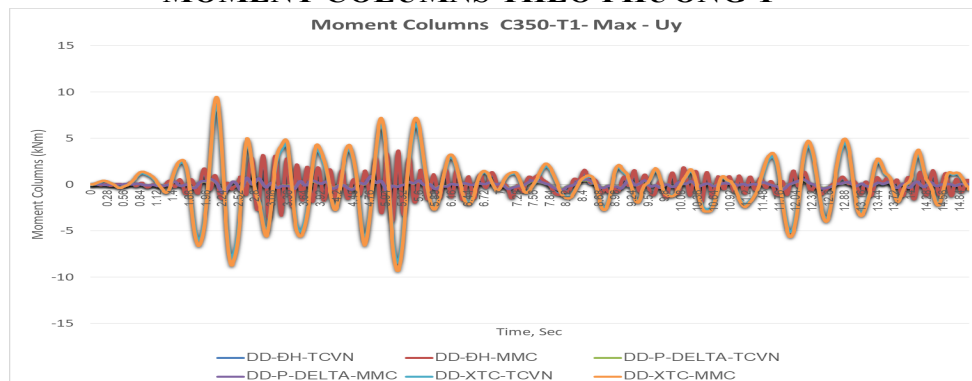
CHUYỂN VỊ LỆCH TẦNG THEO PHƯƠNG Y



MOMENT COLUMNS THEO PHƯƠNG X



MOMENT COLUMNS THEO PHƯƠNG Y



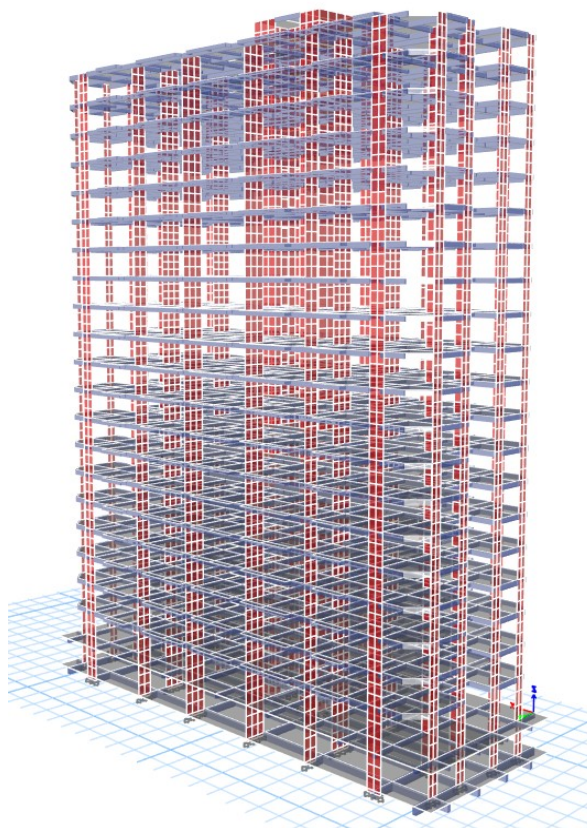
Hình 4.27: So sánh các giá trị chuyển vị, nội lực các trường hợp phân tích đàn hồi, phi tuyến, phi tuyến có xét tường chèn

a) Chọn các tham số tính toán động đất (tắt định, không có xét các yếu tố)

Tính toán tác động động đất theo phương pháp tắt định hiện hành với các tham số tại bảng 4.20.

Bảng 4.20: Các thông số tắt định theo phương pháp tắt định hiện hành tác động động đất công trình CT1

STT	Thông số chọn	Giá trị			
		Địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội	Địa điểm tại Quận 10, TP Hồ Chí Minh	Địa điểm tại Q. Ngũ Hành Sơn, Đà Nẵng	Địa điểm tại Q. Ngô Quyền, Hải Phòng
1	Nền đất	D	D	D	D
2	Cấp dẻo	DCM	DCM	DCM	DCM
3	Loại kết cấu	Hệ tường	Hệ tường	Hệ tường	Hệ tường
4	Số tầng nổi	20	20	20	20
5	Độ cản nhót	5%	5%	5%	5%
6	Giới hạn dưới của chu kỳ T_B (s)	0,2	0,2	0,2	0,2
7	Giới hạn trên của chu kỳ T_C (s)	0,8	0,8	0,8	0,8
8	Giá trị xác định T_D (s)	2,0	2,0	2,0	2,0
9	Hệ số điều chỉnh độ cản η	1	1	1	1
10	Hệ số tầm quan trọng γ_I	1,25	1,25	1,25	1,25
11	Đỉnh gia tốc nền a_{gR} (đơn vị g)	0,0769	0,0777	0,0674	0,1276
12	Gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	0,9430	0,9528	0,8265	1,5647
13	Hệ số nền S	1,35	1,35	1,35	1,35
14	Giá trị cơ bản hệ số ứng xử q_0 ($q_0=3,0 \times 1,1$ (hệ tường))	3,3	3,3	3,3	3,3
15	Hệ số phản ánh dạng phá hoại k_w ($k_w=(1+1,5356)/3$)	0,8452	0,8452	0,8452	0,8452
16	Hệ số ứng xử q	2,789	2,789	2,789	2,789



Hình 4.29: Sơ đồ 3D công trình nhà chung cư cao tầng CT1

b) Chọn các tham số để tính lực động đất theo phương pháp MMC – nhận xét các khoảng chọn

Từ đây xác định bộ số liệu tính toán tác động của động đất lên công trình theo phương pháp MMC tại bảng 4.21:

Bảng 4.21: Các thông số tính tác động động đất theo MMC công trình CT1

STT	Thông số chọn	Giá trị			
		Địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội	Địa điểm tại Quận 10, TP Hồ Chí Minh	Địa điểm tại Q. Ngũ Hành Sơn, Đà Nẵng	Địa điểm tại Q. Ngô Quyền, Hải Phòng
1	Giới hạn dưới của chu kỳ T_B (s)	0,15 ÷ 0,2	0,15 ÷ 0,2	0,15 ÷ 0,2	0,15 ÷ 0,2
2	Trị tin tưởng chu kỳ T_B (s)	0,2	0,2	0,2	0,2
3	Giới hạn trên của chu kỳ T_C (s)	0,5 ÷ 0,8	0,5 ÷ 0,8	0,5 ÷ 0,8	0,5 ÷ 0,8
4	Trị tin tưởng chu kỳ T_C (s)	0,8	0,8	0,8	0,8

STT	Thông số chọn	Giá trị			
		Địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội	Địa điểm tại Quận 10, TP Hồ Chí Minh	Địa điểm tại Q. Ngũ Hành Sơn, Đà Nẵng	Địa điểm tại Q. Ngô Quyền, Hải Phòng
5	Giá trị xác định $T_D(s)$	2,0	2,0	2,0	2,0
6	Hệ số nền S	1,15 ÷ 1,4	1,15 ÷ 1,4	1,15 ÷ 1,4	1,15 ÷ 1,4
7	Trị tin tưởng hệ số nền S	1,35	1,35	1,35	1,35
8	Hệ số ứng xử q	2,0 ÷ 3,3	2,0 ÷ 3,3	2,0 ÷ 3,3	2,0 ÷ 3,3
9	Trị tin tưởng hệ số ứng xử q	2,789	2,789	2,789	2,789
10	Gia tốc nền thiết kế $a_g (m/s^2)$	0,9160 ÷ 1,358685	0,8596 ÷ 1,0337	0,8265 ÷ 1,2336075	1,5598 ÷ 1,58554
11	Trị tin tưởng gia tốc nền thiết kế $a_g (m/s^2)$	0,9430	0,9528	0,8265	1,5647
12	Đặc điểm của đường đẳng trị gia tốc nền	Đỉnh gia tốc nền gần giá trị nhỏ nhất, đường đẳng trị các biên tăng lên	Đỉnh gia tốc nền gần giá trị lớn nhất, đường đẳng trị các biên giảm ít	Đỉnh gia tốc nền gần nhỏ nhất, đường đẳng trị các biên tăng lên	Đỉnh gia tốc nền gần tương đương nhau, đường đẳng trị đi ngang

Rời rạc hóa các giá trị S , T_B , T_C , T_D , a_g , q thành các khoảng với xác định a_g được chia 5 khoảng, q chia 5 khoảng, T_B chia 3 khoảng lấy 2 giá trị gần giá trị tin tưởng, T_C chia 5 khoảng lấy 2 giá trị gần giá trị tin tưởng ta được bộ số liệu: $M = 5 \times 5 \times 2 \times 2 = 100$ số liệu.

Bảng 4.22: Các tham số mờ của động đất công trình CT1 theo phương ngang địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội

STT	S	T_B	T_C	a_g	q
1	1.35	0.20	0.80	1.3587	3.28
2	1.35	0.20	0.80	1.2480	3.28
3	1.35	0.20	0.80	1.1373	3.28
--	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---
98	1.25	0.20	0.70	1.1373	2.02
99	1.25	0.20	0.70	1.0267	2.02
100	1.25	0.20	0.70	0.9160	2.02

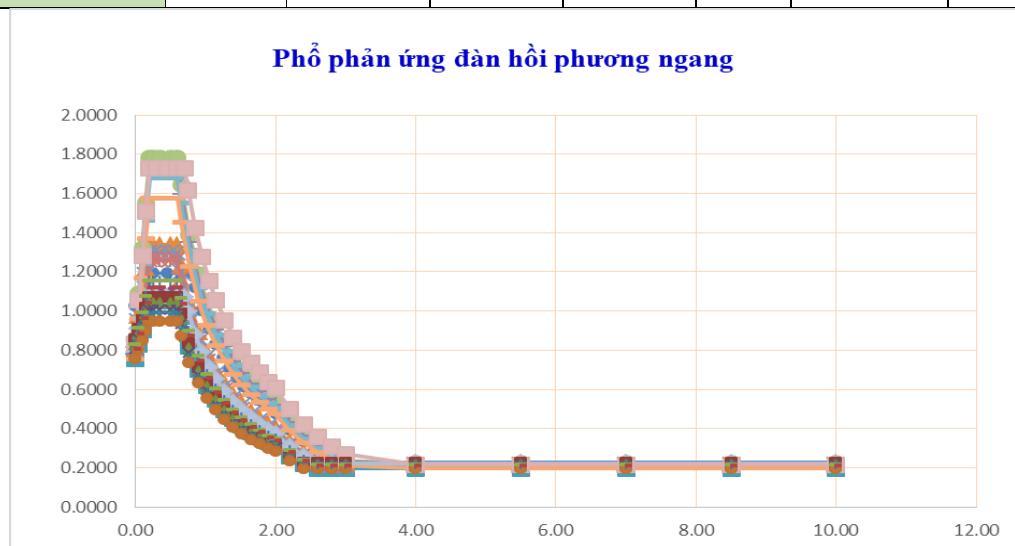
c) *Xác định các hàm phổ thiết kế*

Phổ thiết kế theo phương ngang theo các tham số mờ của động đất:

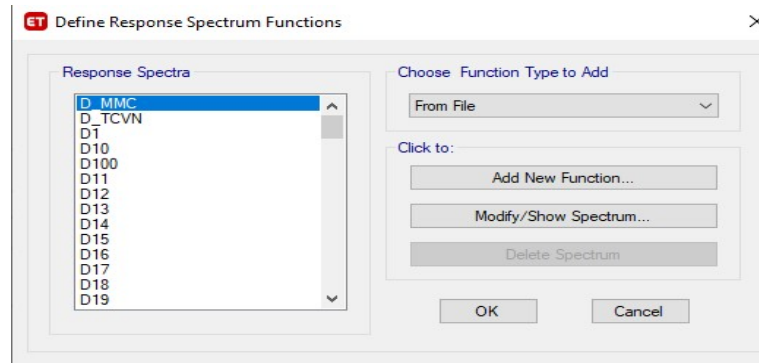
Với 100 bộ số liệu của các tham số mờ xác định các phổ thiết kế, dùng bảng tính trong Excel tạo ra được 100 hàm phổ thiết kế đưa vào chương trình tính thông thường (Etab v18) ta có 100 trường hợp tải trọng động đất gây tác động lên hệ kết cấu nhà theo từng địa điểm xây dựng.

Bảng 4.23: Các thông số hàm Phổ thiết kế phương ngang công trình CT1 tại Gia Lâm, Hà Nội

	T	S _{d1}	S _{d2}	S _{d3}	---	S _{d99}	S _{d100}
0 ≤ T ≤ TB:	0	1.2228	1.1232	1.0236	---	0.8556	0.7633
	0.05	1.2662	1.1631	1.0599	---	1.0395	0.9274
	---	---	---	---	---	---	---
	0.2	1.3964	1.2827	1.1690		1.5913	1.4197
TB < T ≤ TC:	0.25	1.3964	1.2827	1.1690		1.5913	1.4197
	---	---	---	---	---	---	---
	0.8	1.3964	1.2827	1.1690		1.5913	1.4197
TC < T ≤ TD:	0.85	1.3143	1.2072	1.1002		1.3104	1.1692
	0.95	1.1759	1.0802	0.9844		1.1725	1.0461
	---	---	---	---	---	---	---
	---	---	---	---	---	---	---
	2	0.5586	0.5131	0.4676		0.5569	0.4969
T > TD:	2.2	0.4616	0.4240	0.3864		0.4603	0.4107
	---	---	---	---	---	---	---
	10	0.2717	0.2496	0.2275	---	0.2053	0.1832



Hình 4.30: Biểu đồ các hàm phổ thiết kế tính động đất của các trường hợp khả dĩ
d) *Tính toán các trường hợp nội lực động đất*



Hình 4.31: Hình nhập các trường hợp phổ khả dĩ vào phần mềm Etab v18

Nhập các hàm phổ động đất các chương trình tính thông thường (Etab v18) tính toán nội lực do từng trường hợp động đất gây ra.

Thu được 100 trường hợp nội lực do động đất gây ra trong các giá trị rời rạc khả dĩ.

e) Xử lý số liệu là bộ kết quả đầu ra (giải mờ)

Xây dựng giá trị trọng số của từng trường hợp phổ thiết kế bằng cách xác định hàm thuộc biến đổi tương đồng, ta được giá trị các trọng số của từng trường hợp phổ phản ứng theo tích của các trọng số từng giá trị rời rạc của tham số mờ trong hàm phổ phản ứng.

Sử dụng bảng tính Excel để giải mờ xác định trọng số của các tham số mờ sơ cấp và tham số mờ thứ cấp, kết quả thu được giá trị theo bảng sau:

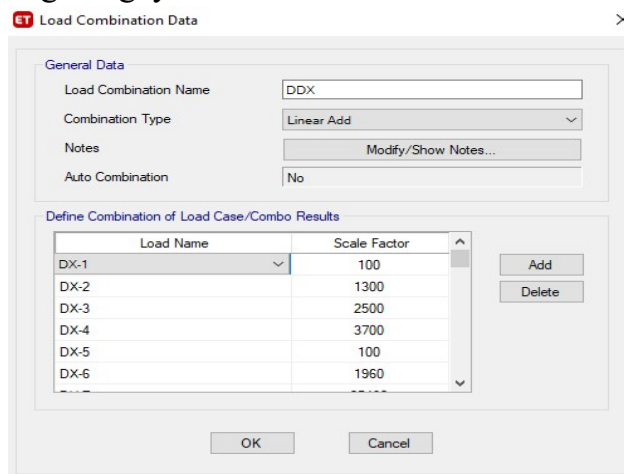
Bảng 4.24: Giá trị trọng số của các biến thứ cấp và các biến sơ cấp của các trường hợp phổ phản ứng công trình CT1 địa điểm Gia Lâm, Hà Nội

STT	S*	T _B *	T _C *	a _g *	q*	Trọng số S _D ^T
1	4	1	5	1	5	100
2	4	1	5	13	5	1300
3	4	1	5	25	5	2500
---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---
98	2	1	3	25	3	450
99	2	1	3	37	3	666
100	2	1	3	1	3	18
						1.094.016

Với 100 đầu vào khả dĩ ta thu được 1.094.016 kết quả phép thử tính toán các trường hợp động đất khi phân tích CT1 địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội; có 3.480.960 kết quả phép thử tính toán các trường hợp động đất khi phân tích CT1 địa điểm tại Quận 10 TP Hồ Chí Minh; có 1.804.416 kết quả phép thử tính toán các trường hợp động đất khi phân tích CT1 địa điểm tại quận Ngũ Hành Sơn, Đà Nẵng; có 20.487.936 kết quả phép thử tính toán các trường hợp động đất khi phân tích CT1 địa điểm tại quận Ngô Quyền, Hải Phòng.

Với các trọng số của tải trọng đầu vào động đất, ta xác định đó là hệ số tổ hợp của các trường hợp đầu vào trong phần mềm tính toán truyền thống.

Nhập các hệ số tổ hợp tải trọng của 100 trường hợp phổ phản ứng, tổ hợp cộng tác dụng các trường hợp tải trọng này thu được bộ số liệu tổng của các giá trị nội lực, chuyển vị do động đất gây ra đã nhân với hệ số.



Hình 4.32: Nhập các trọng số của các trường hợp phổ giải mờ nội lực trong Etab v18

Tính trung bình bộ số liệu tương đương số phép thử ta thu được kết quả nội lực, chuyển vị... do động đất gây ra bằng phương pháp Monte - Carlo cải tiến như đã trình bày ở chương 3.

Kết quả thu được: Giá trị nội lực, chuyển vị do động đất gây ra các trường hợp tính theo tất định hiện hành (DX_TCVN; DY_TCVN) và trường hợp tính theo phương pháp MMC (DDX_MMC; DDY_MMC) như sau:

- *Phân tích công trình BTCT theo mô hình hệ tường với phổ thiết kế*
- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà CT1 địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

Bảng 4.25: Phản lực chân công trình CT1 tại Gia Lâm, Hà Nội theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	276082,0	2502321,9	-7101446,0	0,00
DX_TCVN	5249,36	152,43	0,00	5715,17	194290,10	72502,14
DY_TCVN	152,43	7401,71	0,00	267845,59	5282,70	189238,05
DDX_MMC	6083,16	176,16	0,00	6661,97	227150,45	84403,59
DDY_MMC	178,23	8636,10	0,00	304968,25	6092,16	221078,86
Tỷ lệ lệch % của phương x	15,88%	15,57%	0,0%	16,57%	16,91%	16,42%
Tỷ lệ lệch % của phương y	16,93%	16,68%	0,0%	13,86%	15,32%	16,83%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà CT1 địa điểm tại Quận 10 TP Hồ Chí Minh theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

Bảng 4.26: Phản lực chân công trình CT1 địa điểm tại Quận 10 TP Hồ Chí Minh theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	276082,0	2502321,9	-7101446,0	0,00
DX_TCVN	5303,85	154,01	0,00	5774,53	196310,33	73254,41
DY_TCVN	154,01	7478,35	0,00	270622,71	5337,58	191197,27
DDX_MMC	5229,45	152,54	0,00	5733,56	195264,46	72739,19
DDY_MMC	153,22	7424,54	0,00	262185,63	5237,20	190063,54
Tỷ lệ lệch % của phương x	-1,4%	-1,0%	0,0%	-0,7%	-0,5%	-0,7%
Tỷ lệ lệch % của phương y	-0,5%	-0,7%	0,0%	-3,1%	-1,9%	-0,6%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà CT1 địa điểm tại quận Ngũ Hành Sơn, Đà Nẵng theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

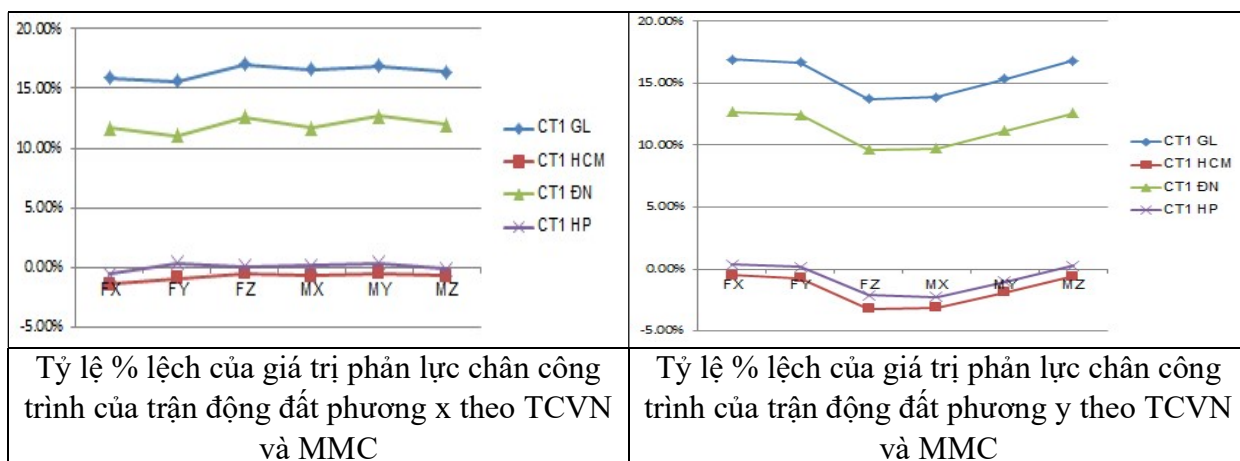
Bảng 4.27: Phản lực chân công trình CT1 địa điểm tại quận Ngũ Hành Sơn, Đà Nẵng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	276082,0	2502321,9	-7101446,0	0,00
DX_TCVN	4600,45	133,59	0,00	5008,43	170261,42	63540,07
DY_TCVN	133,59	6486,79	0,00	234725,09	4629,41	165846,82
DDX_MMC	5137,85	148,35	0,00	5593,81	191856,25	71146,11
DDY_MMC	150,53	7293,80	0,00	257565,14	5145,40	186716,92
Tỷ lệ lệch % của phương x	11,7%	11,1%	0,0%	11,7%	12,7%	12,0%
Tỷ lệ lệch % của phương y	12,7%	12,4%	0,0%	9,7%	11,1%	12,6%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà CT1 địa điểm tại quận Ngô Quyền, Hải Phòng theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

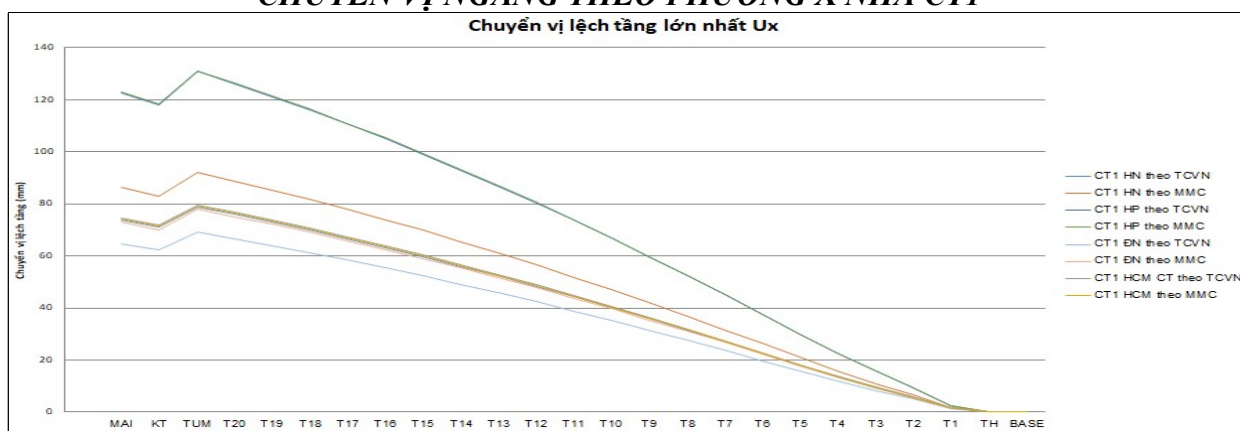
Bảng 4.28: Phản lực chân công trình CT1 địa điểm tại quận Ngô Quyền, Hải Phòng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	276082,0	2502321,9	-7101446,0	0,00
DX_TCVN	8709,029	252,89	0,00	9481,46	322321,40	120286,70
DY_TCVN	252,8927	12280,20	0,00	444360,89	8763,94	313966,30
DDX_MMC	8662,31	253,84	0,00	9495,26	323452,35	120143,78
DDY_MMC	253,80	12297,92	0,00	434277,02	8675,13	314819,21
Tỷ lệ lệch % của phương x	-0,5%	0,4%	0,0%	0,1%	0,4%	-0,1%
Tỷ lệ lệch % của phương y	0,4%	0,1%	0,0%	-2,3%	-1,0%	0,3%

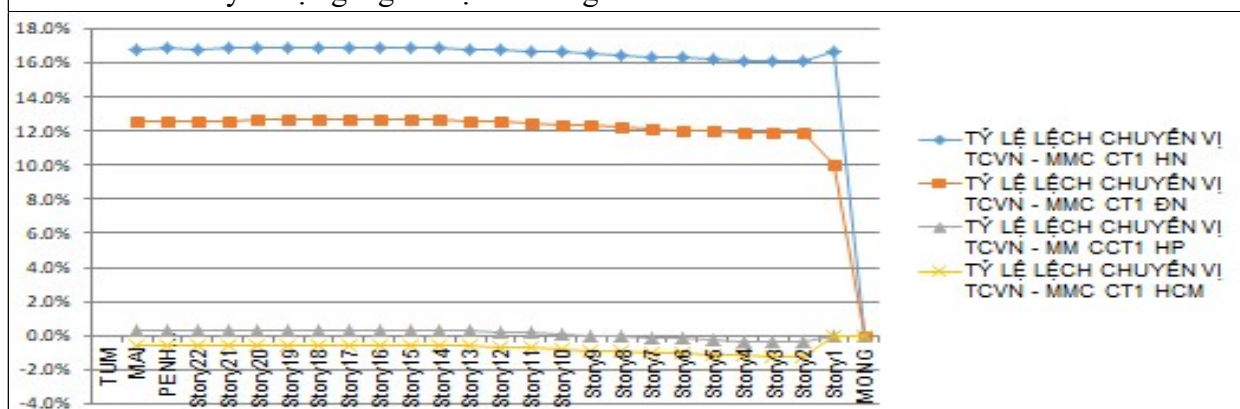


Hình 4.33: Biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch của phản lực chân công trình CT1 ở các địa điểm Gia lâm-Hà Nội, Q10-HCM, Ngũ Hành Sơn-Đà Nẵng, Ngô Quyền-Hải Phòng giữa 2 phương pháp TCVN và MMC

CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG X NHÀ CT1



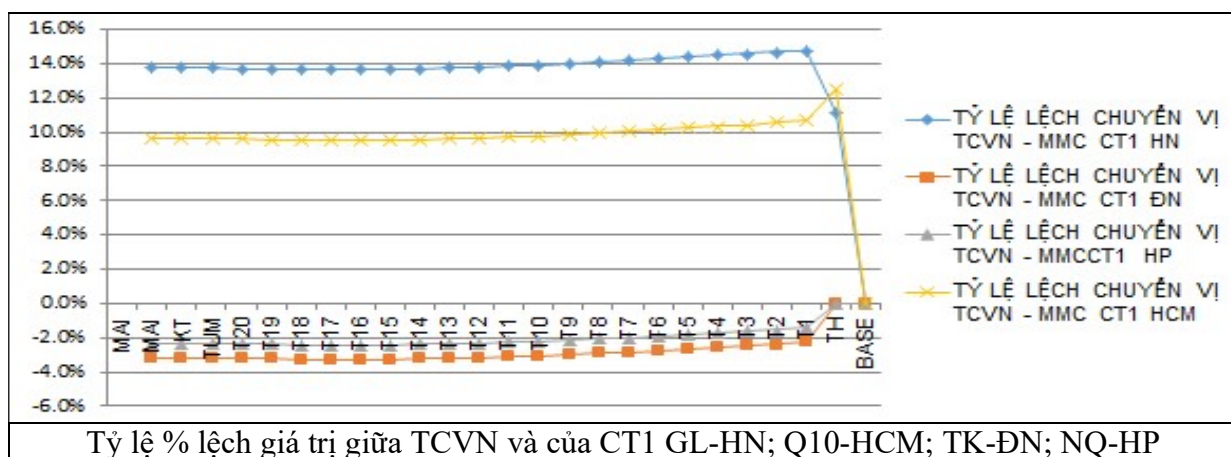
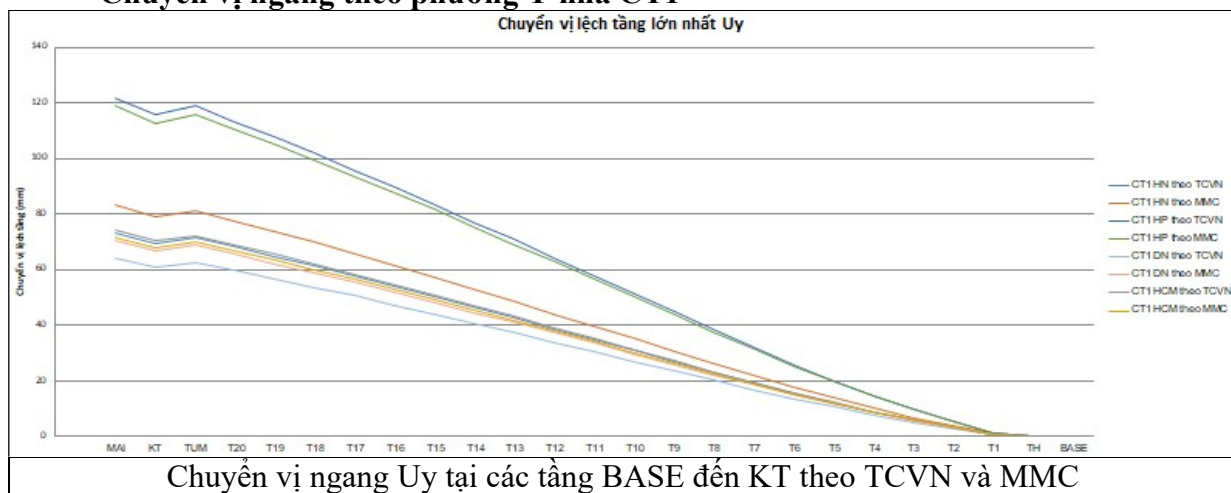
Chuyển vị ngang Ux tại các tầng BASE đến KT theo TCVN và MMC



Hình 4.34: Biểu đồ chuyển vị phương X và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch của chuyển vị các tầng công trình CT1 ở các địa điểm Gia lâm-Hà Nội, Q10-HCM, Ngũ Hành Sơn-Đà Nẵng, Ngô Quyền-Hải Phòng giữa 2 phương pháp TCVN và MMC

Độ lệch phương pháp tính công trình CT1 tại Gia Lâm, Hà Nội cao gần 20%, độ lệch giữa 2 phương pháp ở Q10-HCM và Ngõ Quyền-Hải Phòng gần như tương đương trong khoảng 2-3%.

Chuyển vị ngang theo phương Y nhà CT1



Hình 4.35: Biểu đồ chuyển vị phương Y và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch của chuyển vị các tầng công trình CT1 ở các địa điểm Gia lâm-Hà Nội, Q10-HCM, Ngõ Hành Sơn-Đà Nẵng, Ngõ Quyền-Hải Phòng giữa 2 phương pháp TCVN và MMC

Số liệu kết quả cho thấy: Đối với công trình xây dựng tại Gia Lâm, Hà Nội số liệu tính theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến có chuyển vị, nội lực cao hơn đáng kể 13,8% đến 16,9% so với tính theo phương pháp tất định hiện hành. Tại Quận 10 TP Hồ Chí Minh thì số liệu tính theo phương pháp Monte - Carlo cải tiến có chuyển vị, nội lực thấp hơn từ -3,1% đến -0,5% so với theo phương pháp tất định hiện hành. Tại quận Ngũ Hành Sơn, Đà Nẵng thì số liệu tính theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến có chuyển vị, nội lực cao hơn 9,7% đến 12,7% so với theo phương pháp tất định hiện hành. Tại Ngõ Quyền, Hải Phòng thì số liệu tính theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến có chuyển vị, nội lực thấp hơn từ -2,3% đến 0,4% so với tính theo phương pháp tất định hiện hành.

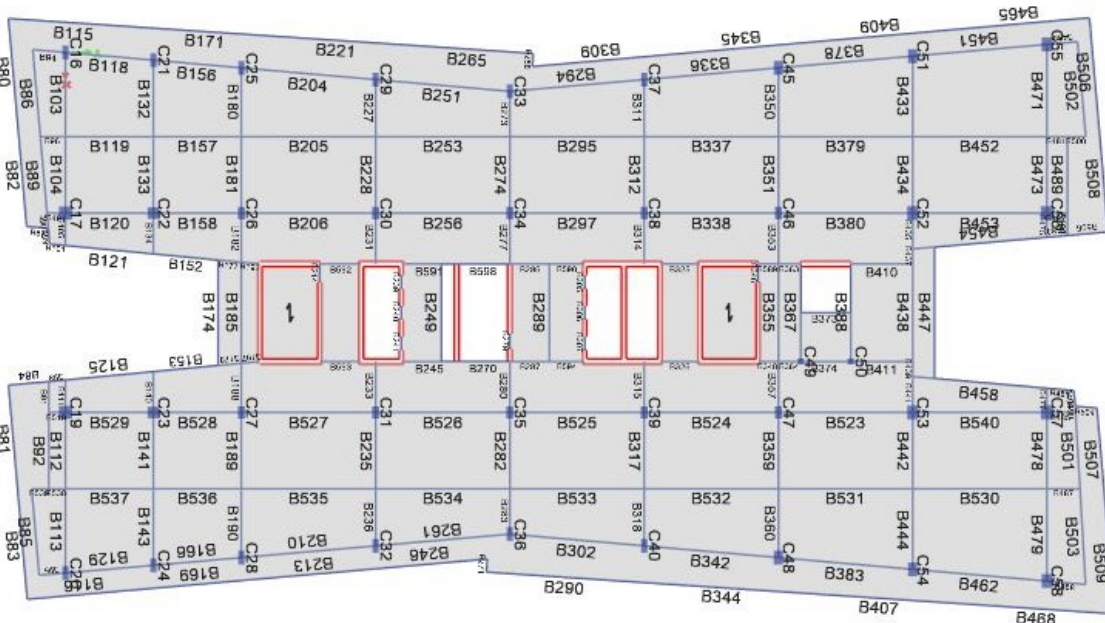
4.2.2.2. Khảo sát sự làm việc kết cấu công trình nhà cao tầng trong một vùng chịu ảnh hưởng động đất

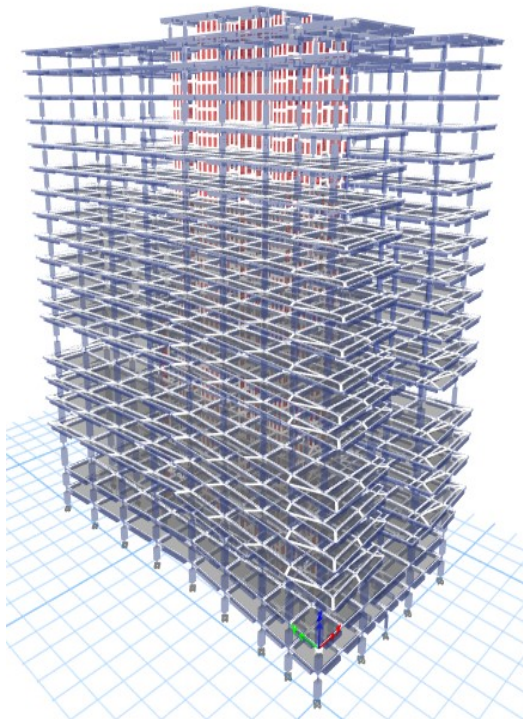
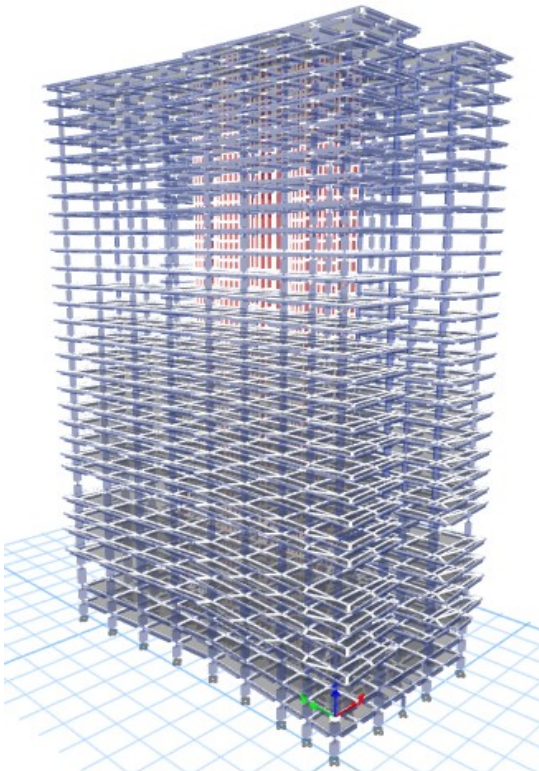
Xét trường hợp tại địa điểm Gia Lâm, Hà Nội với các dạng công trình:

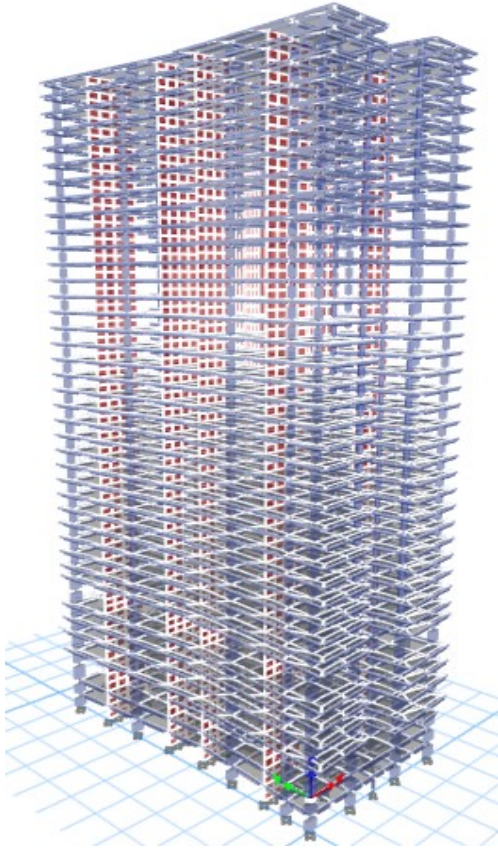
a) Công trình cao tầng CT3, với các dạng công trình có mặt đứng đều đặn, thay đổi số tầng cao 20 tầng, 30 tầng và 40 tầng

Bảng 4.29: Các thông số tính tác động động đất theo MMC nhà CT3

STT	Thông số chọn	Giá trị các thông số tính toán Địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội
1	Giới hạn dưới của chu kỳ T_B (s)	0,15 ÷ 0,2
2	Trị tin tưởng chu kỳ T_B (s)	0,2
3	Giới hạn trên của chu kỳ T_C (s)	0,5 ÷ 0,8
4	Trị tin tưởng chu kỳ T_C (s)	0,8
5	Giá trị xác định T_D (s)	2,0
6	Hệ số nền S	1,15 ÷ 1,4
7	Trị tin tưởng hệ số nền S	1,35
8	Gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	0,9160 ÷ 1,358685
9	Trị tin tưởng gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	0,9430
10	Đặc điểm của đường đẳng trị gia tốc nền	Đỉnh gia tốc nền gần giá trị nhỏ nhất, đường đẳng trị các biên tăng lên
11	Mặt bằng kết cấu tầng điển hình Nhà CT3 20T và CT3 30 T	



STT	Thông số chọn	Giá trị các thông số tính toán Địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội
12	Trường hợp 4.1a: Quy mô công trình: Nhà CT3 20 tầng, hai tầng hầm Chiều cao công trình: 72,44m Diện tích xây dựng: 2.036m² Tổng diện tích sàn xd: 44.792 m² Nhà hệ tường (có vách, lõi chịu cắt 85% > 65% lực cắt toàn hệ kết cấu) Nhà mặt bằng không đều đặn (chỗ lõm > 5% diện tích sàn) theo 5.2.2.2 TCVN 9386:2012: $\alpha_u/\alpha_l = (1,1+1,0)/2 = 1,05$ Hệ số phản ánh dạng phá hoại $k_w = (1 + \alpha_0)/3 = 0,727 \leq 1$; $k_w \geq 0,5$ Hệ số ứng xử: $1,65 \leq q \leq 3,3$ (theo hệ kết cấu, khoảng lệch các hệ số) Trị tin tưởng hệ số ứng xử: $q = 3,0 \times 1,05 \times 0,727 = 2,290$	Mô hình 3D công trình 
13	Trường hợp 4.2a: Quy mô công trình: Nhà CT3 30 tầng, hai tầng hầm. Chiều cao công trình: 108,44m Diện tích xây dựng: 2.036m² Tổng diện tích sàn xd: 63.116 m² Nhà hệ tường (có vách, lõi chịu cắt 76% > 65% lực cắt toàn hệ kết cấu) Nhà mặt bằng không đều đặn (chỗ lõm > 5% diện tích sàn) theo 5.2.2.2 TCVN 9386:2012: $\alpha_u/\alpha_l = (1,1+1,0)/2 = 1,05$ Hệ số phản ánh dạng phá hoại $k_w = (1 + \alpha_0)/3 = 0,727 \leq 1$; $k_w \geq 0,5$ Hệ số ứng xử: $1,65 \leq q \leq 3,3$ (theo hệ kết cấu, khoảng lệch các hệ số) Trị tin tưởng hệ số ứng xử: $q = 3,0 \times 1,05 \times 0,727 = 2,290$	Mô hình 3D công trình 

STT	Thông số chọn	Giá trị các thông số tính toán Địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội
14	Trường hợp 4.3a: Quy mô công trình: Nhà CT3 40 tầng, hai tầng hầm. Chiều cao công trình: 144,44m Diện tích xây dựng: 2036m² Tổng diện tích sàn xd: 87.548 m² Đặc điểm nhà: Nhà hệ tường (có vách, lõi chịu cắt 86% > 65% lực cắt toàn hệ kết cấu) Nhà mặt bằng không đều đặn (chỗ lõm > 5% diện tích sàn) theo 5.2.2.2 TCVN 9386:2012: $\alpha_w/\alpha_l = (1,1+1,0)/2 = 1,05$ Hệ số phản ánh dạng phá hoại $k_w = (1 + \alpha_0)/3 = 0,582 \leq 1$; $k_w \geq 0,5$. Hệ số ứng xử: $1,5 \leq q \leq 3,0$ (theo hệ kết cấu, khoảng lệch tham số) Trị tin tưởng hệ số ứng xử: $q = 3,0 \times 1,05 \times 0,582 = 1,834$	Mô hình 3D công trình 
15	Mặt bằng kết cấu tầng điển hình Nhà CT3 40T:	

Bảng 4.30: Các thông số tắt định theo phương pháp tắt định hiện hành tính tác động động đất công trình CT3 20T, CT3 30T, CT3 40T

STT	Thông số chọn	Giá trị		
		Công trình CT3 20T	Công trình CT3 30T	Công trình CT3 40T
1	Nền đất	D	D	D
2	Cấp dẽo	DCM	DCM	DCM
3	Loại kết cấu	Hệ tường	Hệ tường	Hệ tường
4	Số tầng nổi	20	20	20
5	Độ cản nhót	5%	5%	5%
6	Giới hạn dưới của chu kỳ T_B (s)	0,2	0,2	0,2
7	Giới hạn trên của chu kỳ T_C (s)	0,8	0,8	0,8
8	Giá trị xác định T_D (s)	2,0	2,0	2,0
9	Hệ số điều chỉnh độ cản η	1	1	1
10	Hệ số tầm quan trọng γ_I	1,25	1,25	1,25
11	Đỉnh gia tốc nền a_{gR} (đơn vị g)	0,0769	0,0769	0,0769
12	Gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	0,9430	0,9430	0,9430
13	Hệ số nền S	1,35	1,35	1,35
14	Giá trị cơ bản hệ số ứng xử q_0 ($q_0=3,0 \times 1,05$ hệ tường có mặt bằng không đều đặn)	3,15	3,15	3,15
15	Hệ số phản ánh dạng phá hoại k_w ($k_w = (1 + \alpha_0)/3$)	0,727	0,727	0,582
16	Hệ số ứng xử q	2,290	2,290	1,834

Rời rạc hóa các giá trị S , T_B , T_C , T_D , a_g , q thành các khoảng với xác định a_g được chia 5 khoảng, q chia 5 khoảng, T_B chia 3 khoảng lấy 2 giá trị gần giá trị tin tưởng, T_C chia 5 khoảng lấy 2 giá trị gần giá trị tin tưởng ta được bộ số liệu: $N = 5 \times 5 \times 2 \times 2 = 100$ số liệu.

So sánh kết quả tính toán công trình BTCT mô hình hệ hỗn hợp tương đương tường với phổ thiết kế các trường hợp:

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà CT3 20 tầng theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

Bảng 4.31: Phản lực chân công trình Nhà CT3 20 tầng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	575600	18326108	-9820356	2137,73
DX_TCVN	15836,83	6825,89	0,00	375735,39	573896,11	516632,62
DY_TCVN	6825,89	14403,25	0,00	566928,21	383976,73	250014,69
DDX_MMC	17120,35	7158,26	0,00	393986,00	603600,37	555739,76
DDY_MMC	7158,26	15348,34	0,00	594739,16	402627,19	266004,16
Tỷ lệ lệch % của phương x	8,1%	4,9%	0,0%	4,9%	5,2%	7,6%
Tỷ lệ lệch % của phương y	4,9%	6,6%	0,0%	4,9%	4,9%	6,4%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà CT3 30 tầng theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

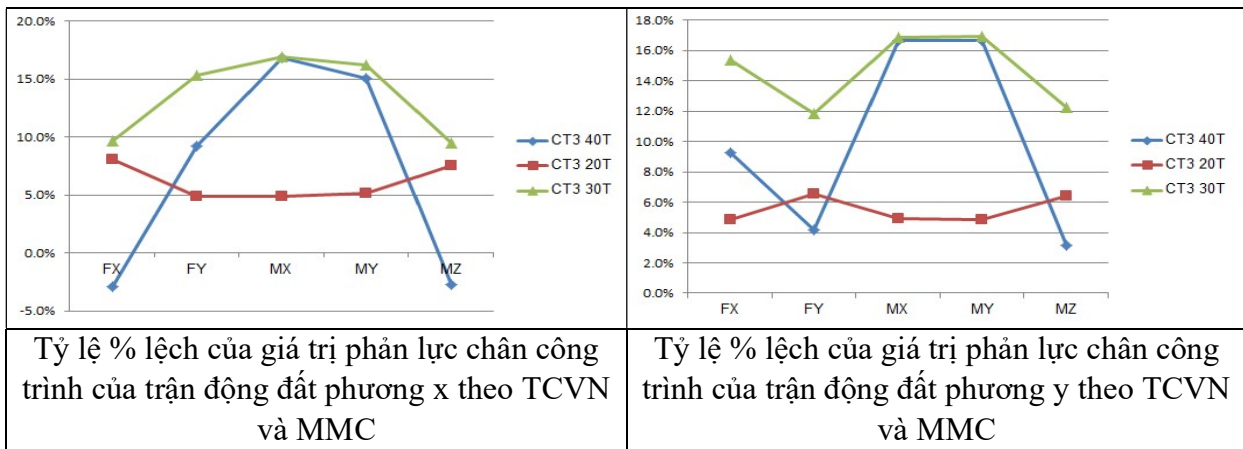
Bảng 4.32: Phản lực chân công trình Nhà CT3 30 tầng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	920939	29267500	-15648565	4142,35
DX_TCVN	19753,19	771,90	0,00	54711,43	922733,34	585941,23
DY_TCVN	771,91	16762,69	0,00	923942,40	56873,74	289002,46
DDX_MMC	21662,41	890,59	0,00	63956,11	1072197,09	641396,84
DDY_MMC	890,60	18742,74	0,00	1079783,54	66494,43	324412,38
Tỷ lệ lệch % của phương x	9,7%	15,4%	0,0%	16,9%	16,2%	9,5%
Tỷ lệ lệch % của phương y	15,4%	11,8%	0,0%	16,9%	16,9%	12,3%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà CT3 40 tầng theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

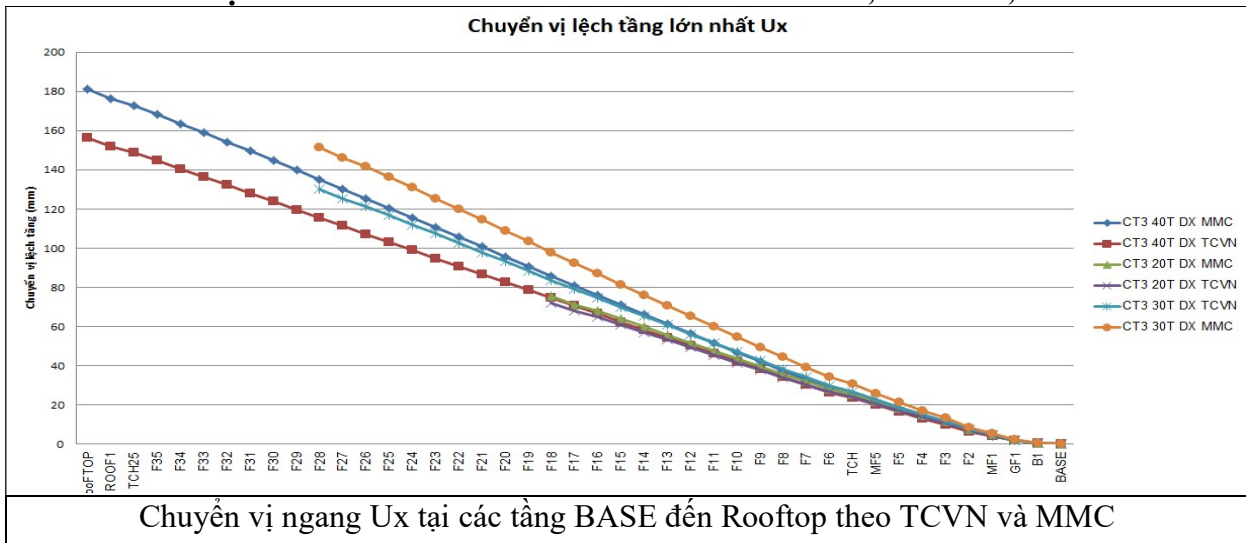
Bảng 4.33: Phản lực chân công trình Nhà CT3 40 tầng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

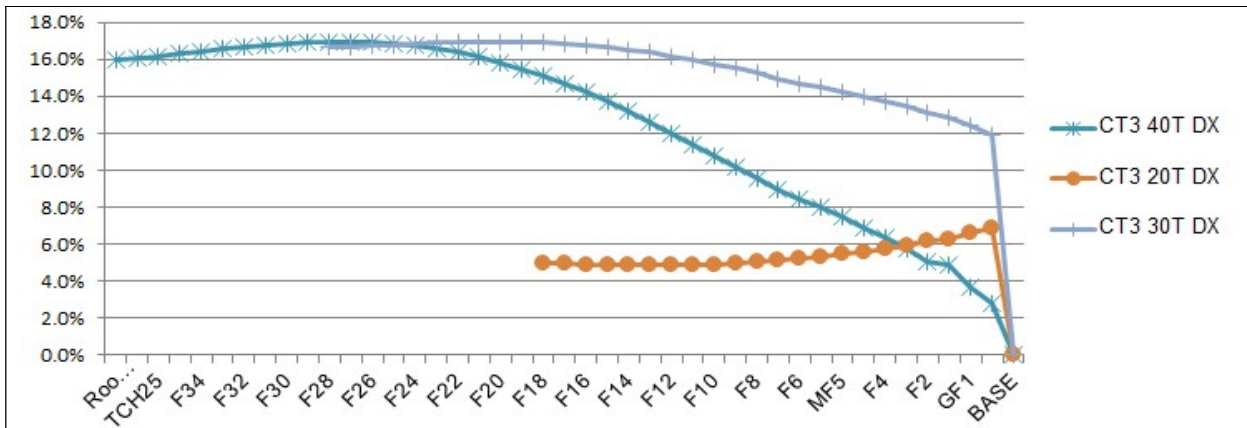
Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	1326306	41842936	-22468146	7303,80
DX_TCVN	31651,66	1805,98	0,00	153693,48	1800111,22	997608,75
DY_TCVN	1805,98	24708,26	0,00	1817429,68	158849,07	372005,35
DDX_MMC	30745,16	1972,83	0,00	179544,76	2071804,09	970792,93
DDY_MMC	1972,83	25731,64	0,00	2120014,32	185291,91	383715,58
Tỷ lệ lệch % của phương x	-2,9%	9,2%	0,0%	15,1%	-2,7%	-2,9%
Tỷ lệ lệch % của phương y	9,2%	4,1%	0,0%	16,6%	3,1%	9,2%



Hình 4.36: Biểu đồ tỷ lệ % lệch giá trị phản lực chân công trình nhà CT3 20T, CT3 30T, CT3 40T giữa 2 phương pháp theo TCVN và MMC

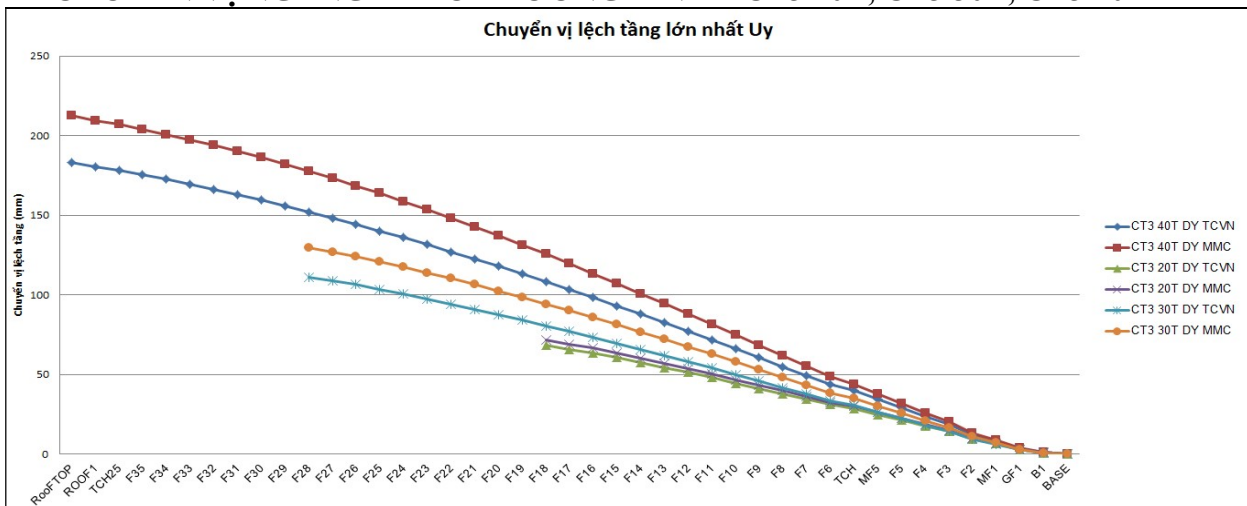
CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG X NHÀ CT3 20T, CT3 30T, CT3 40T



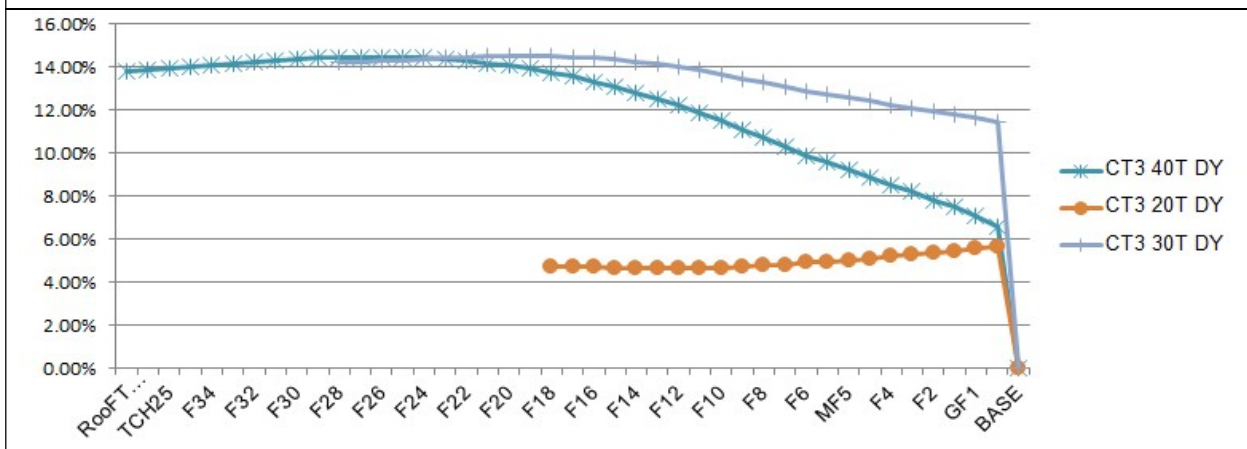


Tỷ lệ % lệch giá trị chuyển vị ngang U_x giữa TCVN và MMC của Nhà CT3 20T, 30T, 40T

CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG Y NHÀ CT3 20T, CT3 30T, CT3 40T



Chuyển vị ngang U_y tại các tầng BASE đến Rooftop theo TCVN và MMC



Tỷ lệ % lệch giá trị chuyển vị ngang U_y giữa TCVN và MMC của Nhà CT3 20T, 30T, 40T

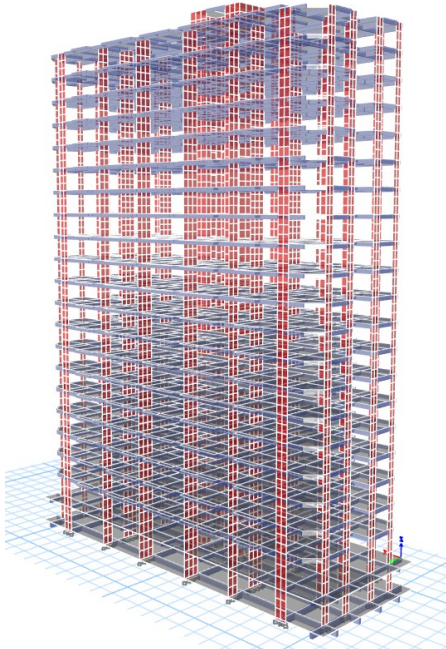
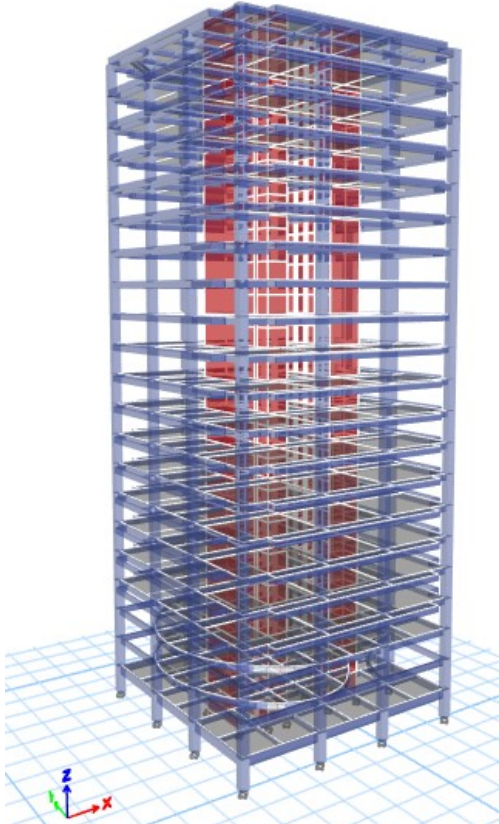
Hình 4.37: Biểu đồ chuyển vị phương x,y và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch các phương x,y của chuyển vị các tầng nhà CT3 20T, CT3 30T, CT3 40T, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC

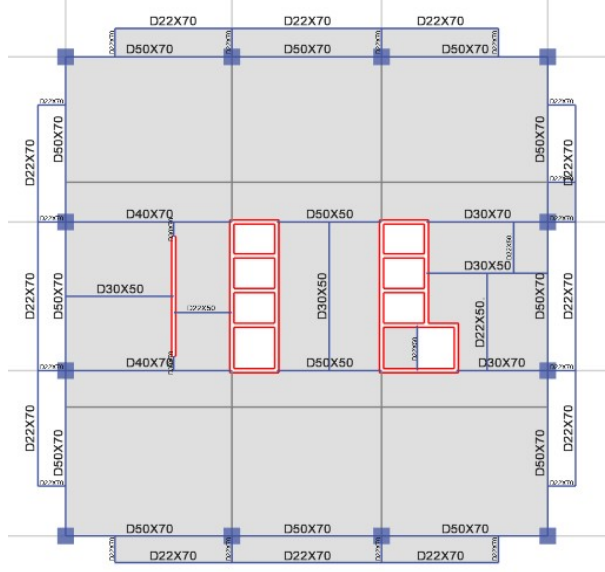
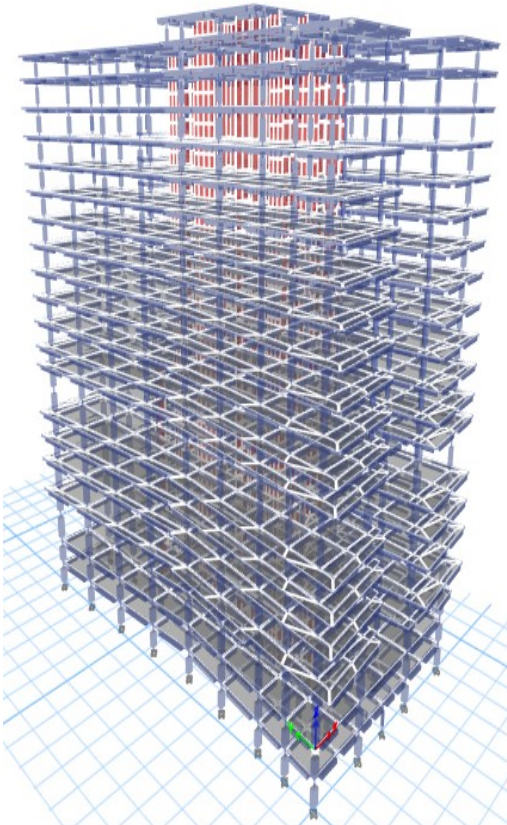
Số liệu kết quả cho thấy: Đối với nhà CT3 20 tầng số liệu tính theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến có chuyển vị, nội lực cao hơn là 4,9 đến 8,1% so với tính theo phương pháp tắt định hiện hành. Đối với nhà CT3 30 tầng số liệu tính theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến có chuyển vị, nội lực cao hơn là 9,5 đến 16,9% so với tính theo phương pháp tắt định hiện hành, Đối với nhà CT3 40 tầng số liệu theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến có chuyển vị, nội lực cao hơn là -2,7% đến 16,6% so với tính theo phương pháp tắt định hiện hành. Số liệu nội lực, chuyển vị chênh giữa phương pháp tắt định hiện hành và phương pháp Monte – Carlo cải tiến còn phụ thuộc vào mô hình kết cấu trong tính toán.

b) Công trình cao tầng CT1, CT2, CT3, với các dạng công trình khác nhau có mặt đứng, số tầng cao gần tương đương 20-23 tầng xây dựng trong cùng một vùng:

Bảng 4.34: Các thông số tính tác động động đất theo MMC nhà đều đặn

STT	Thông số chọn	Giá trị các thông số tính toán Địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội
1	Giới hạn dưới của chu kỳ T_B (s)	0,15 ÷ 0,2
2	Trị tin tưởng chu kỳ T_B (s)	0,2
3	Giới hạn trên của chu kỳ T_C (s)	0,5 ÷ 0,8
4	Trị tin tưởng chu kỳ T_C (s)	0,8
5	Giá trị xác định T_D (s)	2,0
6	Hệ số nền S	1,15 ÷ 1,4
7	Trị tin tưởng hệ số nền S	1,35
8	Gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	0,9160 ÷ 1,358685
9	Trị tin tưởng gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	0,9430
10	Đặc điểm của đường đẳng trị gia tốc nền	Đỉnh gia tốc nền gần giá trị nhỏ nhất, đường đẳng trị các biên tăng lên

STT	Thông số chọn	Giá trị các thông số tính toán Địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội
11	Trường hợp 4.1b: Quy mô công trình: Nhà CT1 20 tầng, một tầng hầm Chiều cao công trình: 72,0m Diện tích xây dựng: 990 m² Tổng diện tích sàn xây dựng: 20.789 m² Nhà hệ tường Giá trị cơ bản hệ số ứng xử q_0 ($q_0=3,0 \times 1,1$ (hệ tường)) Hệ số phản ánh dạng phá hoại k_w ($k_w=(1+1,5356)/3=0,8452$) Hệ số ứng xử $q = 2,789$	Mô hình 3D công trình CT1 
14	Trường hợp 4.2b: Quy mô công trình: Nhà CT2 20 tầng, một tầng hầm. Chiều cao công trình: 80,4m Diện tích xây dựng: 998 m² Tổng diện tích sàn xây dựng: 19.960 m² Nhà hệ hỗn hợp tương đương tường (Khả năng chịu cắt 60% của hệ tường tại chân đế nhà > 50% tổng khả năng chịu cắt của toàn hệ kết cấu) Giá trị cơ bản hệ số ứng xử q_0 ($q_0=3,0 \times 1,2$ (hệ hỗn hợp tương đương tường)) Hệ số phản ánh dạng phá hoại $k_w = (1 + \alpha_0)/3 = 0,742 \leq 1$; $k_w \geq 0,5$ Hệ số ứng xử : $2,23 \leq q \leq 3,6$ (theo hệ kết cấu, khoảng lệch tham số) Trị tin tường hệ số ứng xử: $q = 3,0 \times 1,2 \times 0,742 = 2,671$	Mô hình 3D công trình CT2 

STT	Thông số chọn	Giá trị các thông số tính toán Địa điểm tại Gia Lâm, Hà Nội
	Mặt bằng kết cấu công trình CT2 	
15	Trường hợp 4.3b: Quy mô công trình: Nhà CT3 20 tầng, hai tầng hầm Chiều cao công trình: 72,44m Diện tích xây dựng: 2.036m² Tổng diện tích sàn xd: 44.792 m² Nhà hệ tường (có vách, lõi chịu cắt 85% > 65% lực cắt toàn hệ kết cấu) Nhà mặt bằng không đều đặn (chỗ lõm > 5% diện tích sàn) theo 5.2.2.2 TCVN 9386:2012: $\alpha_w/\alpha_l = (1,1+1,0)/2=1,05$ Hệ số phản ánh dạng phá hoại $k_w = (1 + \alpha_0)/3 = 0,727 \leq 1$; $k_w \geq 0,5$ Hệ số ứng xử : $1,65 \leq q \leq 3,3$ (theo hệ kết cấu, khoảng lệch các hệ số) Trị tin tưởng hệ số ứng xử: $q = 3,0 \times 1,05 \times 0,727 = 2,290$	Mô hình 3D công trình CT3 

Bảng 4.35: Các thông số tính tác động động đất theo phương pháp tắt định hiện hành công trình CT1, CT2, CT3

STT	Thông số chọn	Giá trị		
		CT1	CT2	CT3
1	Nền đất	D	D	D
2	Cấp dẻo	DCM	DCM	DCM
3	Loại kết cấu	Hệ tường, mặt bằng đều đặn	Hệ hỗn hợp tương đương tường, mặt bằng đều đặn	Hệ tường, mặt bằng không đều đặn
4	Số tầng nổi	20	20	20
5	Độ cản nhót	5%	5%	5%
6	Giới hạn dưới của chu kỳ T_B (s)	0,2	0,2	0,2
7	Giới hạn trên của chu kỳ T_C (s)	0,8	0,8	0,8
8	Giá trị xác định T_D (s)	2,0	2,0	2,0
9	Hệ số điều chỉnh độ cản η	1	1	1
10	Hệ số tầm quan trọng γ_I	1,25	1,25	1,25
11	Đỉnh gia tốc nền a_{gR} (đơn vị g)	0,0769	0,0769	0,0769
12	Gia tốc nền thiết kế a_g (m/s ²)	0,9430	0,9430	0,9430
13	Hệ số nền S	1,35	1,35	1,35
14	Giá trị cơ bản hệ số ứng xử q_0 ($q_0=3,0. \alpha_u/\alpha_l$)	3,3	3,6	3,15
15	Hệ số phản ánh dạng phá hoại k_w ($k_w=(1+1,5356)/3$)	0,8452	0,742	0,727
16	Hệ số ứng xử q	2,789	2,671	2,290

Rời rạc hóa các giá trị S , T_B , T_C , T_D , a_g , q thành các khoảng với xác định a_g được chia 5 khoảng, q chia 5 khoảng, T_B chia 3 khoảng lấy 2 giá trị gần giá trị tin tưởng, T_C chia 5 khoảng lấy 2 giá trị gần giá trị tin tưởng ta được bộ số liệu: $N=5 \times 5 \times 2 \times 2=100$ số liệu.

So sánh kết quả tính toán công trình BTCT theo mô hình hệ hỗn hợp với phổ thiết kế các trường hợp:

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà CT1 20 tầng theo phổ thiết kế với giá trị tắt định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

Bảng 4.36: Phản lực chân công trình Nhà CT1 20 tầng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	276082,0	2502321,9	-7101446,0	0,00
DX_TCVN	5249,36	152,43	0,00	5715,17	194290,10	72502,14
DY_TCVN	152,43	7401,71	0,00	267845,59	5282,70	189238,05
DDX_MMC	6083,16	176,16	0,00	6661,97	227150,45	84403,59
DDY_MMC	178,23	8636,10	0,00	304968,25	6092,16	221078,86
Tỷ lệ lệch % của phương x	15,88%	15,57%	0,0%	16,57%	16,91%	16,42%
Tỷ lệ lệch % của phương y	16,93%	16,68%	0,0%	13,86%	15,32%	16,83%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà CT2 20 tầng theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

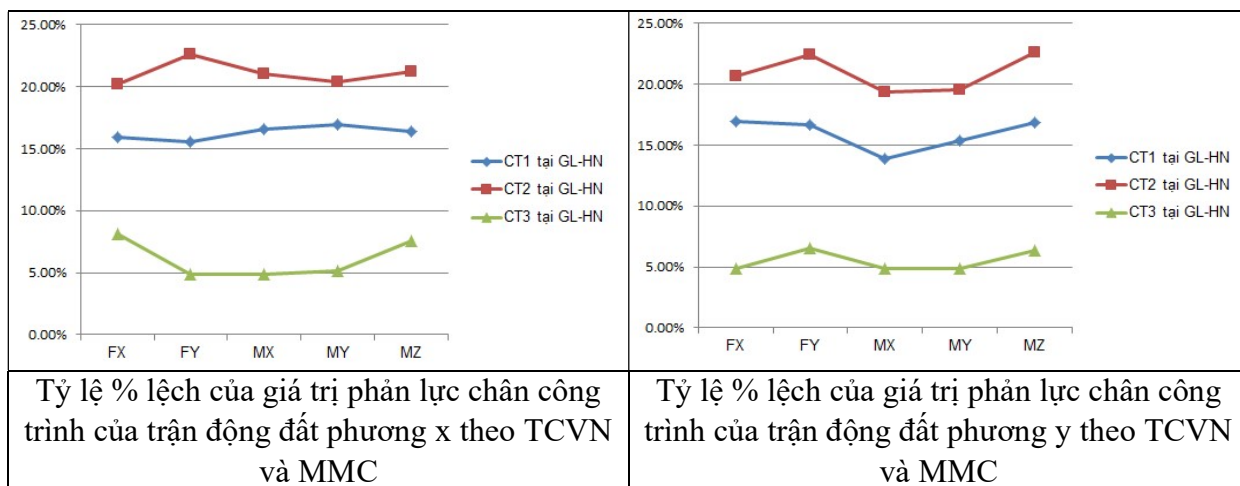
Bảng 4.37: Phản lực chân công trình Nhà CT2 20 tầng đều đặn theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	-0,06	0,00	295910,1	4316006,2	-10058830,0	1,00
DX_TCVN	6187,50	1175,96	0,00	56802,73	245680,21	71913,51
DY_TCVN	1176,07	8515,47	0,00	331747,52	55050,73	297411,96
DDX_MMC	7438,44	1442,42	0,00	68753,98	295695,09	87188,72
DDY_MMC	1418,58	10426,23	0,00	395836,24	65810,71	364696,22
Tỷ lệ lệch % của phương x	20,2%	22,7%	0,0%	21,0%	20,4%	21,2%
Tỷ lệ lệch % của phương y	20,6%	22,4%	0,0%	19,3%	19,5%	22,6%

- Phân tích sự làm việc kết cấu nhà CT3 20 tầng theo phổ thiết kế với giá trị tất định chọn theo TCVN và phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

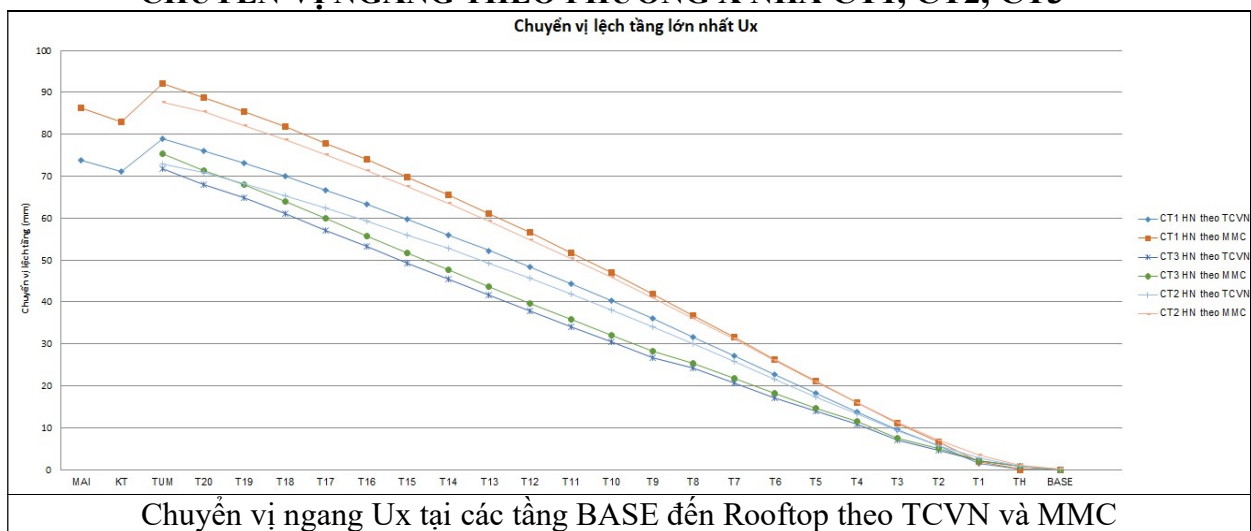
Bảng 4.38: Phản lực chân công trình Nhà CT3 20 tầng theo TCVN và MMC, tỷ lệ % lệch giữa 2 phương pháp

Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
TOHOP Mass	0,00	0,00	575600	18326108	-9820356	2137,73
DX_TCVN	15836,83	6825,89	0,00	375735,39	573896,11	516632,62
DY_TCVN	6825,89	14403,25	0,00	566928,21	383976,73	250014,69
DDX_MMC	17120,35	7158,26	0,00	393986,00	603600,37	555739,76
DDY_MMC	7158,26	15348,34	0,00	594739,16	402627,19	266004,16
Tỷ lệ lệch % của phương x	8,1%	4,9%	0,0%	4,9%	5,2%	7,6%
Tỷ lệ lệch % của phương y	4,9%	6,6%	0,0%	4,9%	4,9%	6,4%

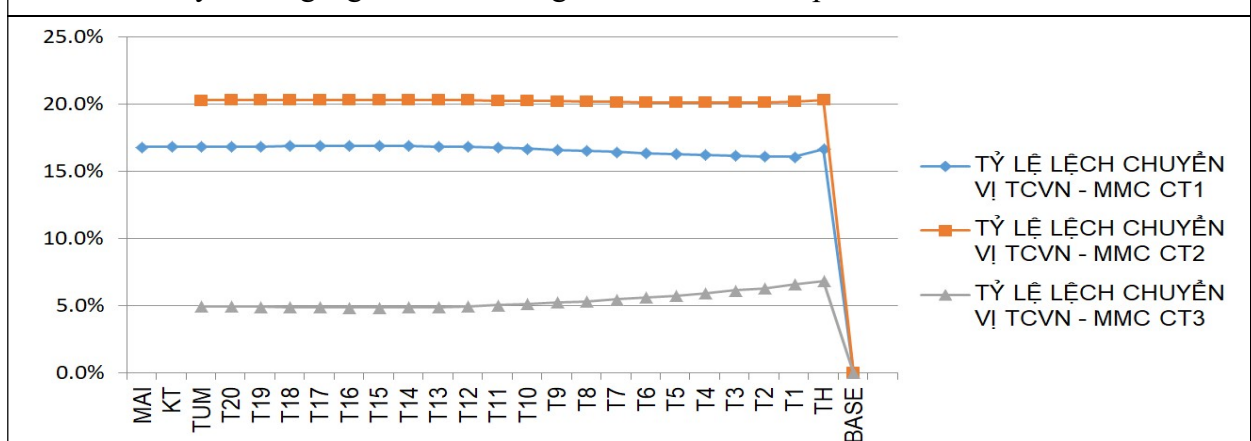


Hình 4.38: Biểu đồ tỷ lệ % lệch giá trị phản lực chân công trình CT1, CT2, CT3 giữa 2 phương pháp theo TCVN và MMC

CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG X NHÀ CT1, CT2, CT3

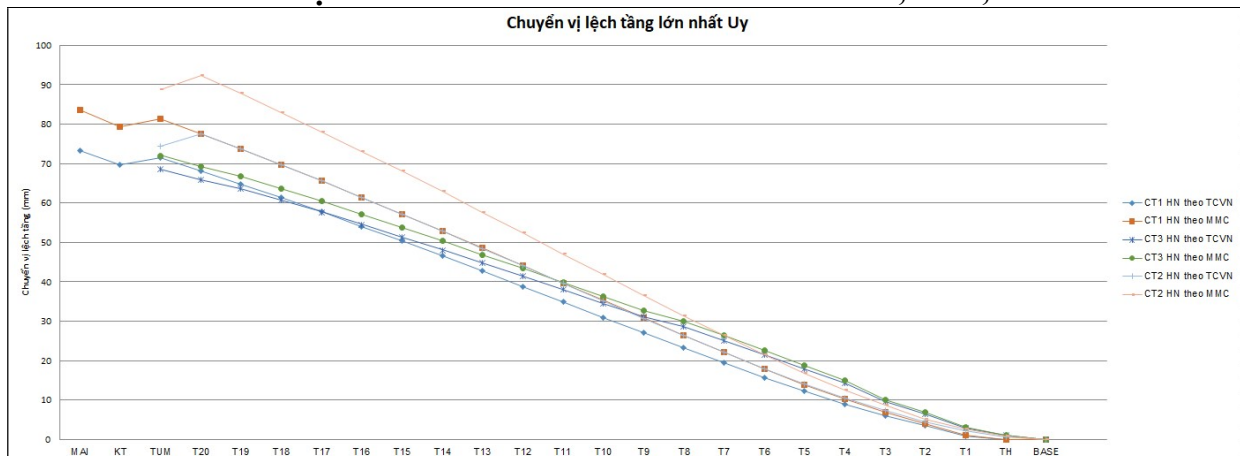


Chuyển vị ngang Ux tại các tầng BASE đến Rooftop theo TCVN và MMC

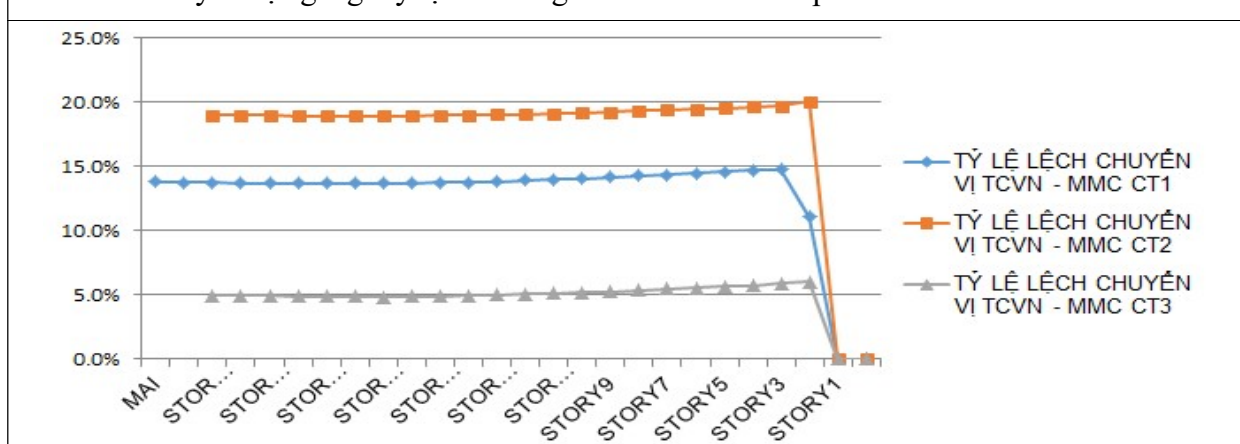


Tỷ lệ % lệch giá trị chuyển vị ngang Ux giữa TCVN và MMC của Nhà CT1, CT2, CT3

CHUYỂN VỊ NGANG THEO PHƯƠNG Y NHÀ CT1, CT2, CT3



Chuyển vị ngang Uy tại các tầng BASE đến Rooftop theo TCVN và MMC



Tỷ lệ % lệch giá trị chuyển vị ngang Uy giữa TCVN và MMC của Nhà CT1, CT2, CT3

Hình 4.39: Biểu đồ chuyển vị phương x,y và biểu đồ tỷ lệ % giá trị lệch các phương x,y của chuyển vị các tầng nhà đều đặn, giữa 2 phương pháp TCVN và MMC

Số liệu kết quả cho thấy: Đối với các công trình tại một vùng Gia Lâm, Hà Nội, công trình CT2 20 tầng dạng hệ hỗn hợp tương đương tường số liệu tính theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến có chênh lệch chuyển vị, nội lực cao nhất, hơn đến 22% so với tính theo phương pháp tất định hiện hành. Đối với công trình CT1 20 tầng dạng hệ tường số liệu tính theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến có chênh lệch chuyển vị, nội lực cao hơn đến 16% so với tính theo phương pháp tất định hiện hành, Với CT3 20 tầng dạng hệ tường có hệ lõi cứng lớn số liệu tính theo phương pháp Monte – Carlo cải tiến có chênh lệch chuyển vị, nội lực cao hơn đến 8% so với tính theo phương pháp tất định hiện hành. Số liệu nội lực, chuyển vị chênh giữa phương pháp tất định hiện hành và phương pháp Monte – Carlo cải tiến khác nhau theo từng công trình.

4.3. Nhận xét chương 4.

Qua so sánh, đánh giá kết quả khảo sát một số kết cấu công trình nhà chịu động đất theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 bằng thuật toán đề nghị và bằng thuật toán tất định hiện hành, cho thấy:

- Tính theo thuật toán đề nghị cho kết quả phù hợp với quy luật định tính và sát với sự làm việc thực của kết cấu.

- Trường hợp nhà cao tầng có đỉnh gia tốc nền vùng xây dựng tiệm cận đỉnh gia tốc nền thấp nhất của vùng biên, kết quả tính toán cho thấy giá trị nội lực, chuyển vị tính theo thuật toán đề nghị lớn hơn so với tính theo thuật toán tất định hiện hành. *(Kết quả khảo sát so sánh nội lực, chuyển vị của động đất có trường hợp >20%, kết quả khảo sát cùng dạng nhà với 20 tầng, 30 tầng, 40 tầng xây dựng tại Gia Lâm, Hà Nội và các dạng nhà khác nhau CT1 20 tầng, CT2 20 tầng, CT3 20 tầng, kết quả nội lực, chuyển vị có giá trị lệch từ 4,9% đến 22,7% phụ thuộc mô hình tính và miền trọng số trị tin tưởng của hệ số ứng xử).*

- Trường hợp nhà cao tầng có đỉnh gia tốc nền vùng xây dựng tương đương đỉnh gia tốc nền tại toàn bộ các vùng biên và các giá trị tin tưởng của các tham số mờ trong thuật toán tiệm cận giá trị trung bình trong khoảng xác định của các tham số mờ, kết quả tính toán cho thấy giá trị nội lực, chuyển vị tính theo thuật toán đề nghị và tính theo thuật toán tất định hiện hành là tương đương.

- Trường hợp nhà cao tầng có đỉnh gia tốc nền vùng xây dựng tiệm cận đỉnh gia tốc nền cao nhất của vùng biên và các giá trị tin tưởng của các tham số mờ trong thuật toán tiệm cận giá trị trung bình trong khoảng xác định của các tham số mờ, kết quả tính toán cho thấy giá trị nội lực, chuyển vị tính theo thuật toán đề nghị thấp hơn so với tính theo thuật toán tất định hiện hành.

- Trường hợp nhà thấp tầng có cùng dạng nhà với các chiều cao khác nhau, xây dựng trong cùng một vùng có đỉnh gia tốc nền vùng xây dựng tiệm cận đỉnh gia tốc nền cao nhất của vùng biên: Khi giá trị tin tưởng của hệ số ứng xử tiệm cận giá trị trung bình trong khoảng xác định của tham số mờ hệ số ứng xử, kết quả tính toán cho thấy giá trị nội lực, chuyển vị tính theo thuật toán đề nghị tương đương với tính theo thuật toán tất định hiện hành. *(Kết quả so sánh nhà thấp tầng cùng dạng nhà mặt đứng không đều đặn với 4 tầng, 6 tầng, 8 tầng xây dựng tại Mường Lay, Điện Biên kết quả nội lực, chuyển vị gần tương đương nhau giá trị lệch max $\leq 2,2\%$).* Khi giá trị tin tưởng của hệ số ứng xử tiệm cận giá trị cuối trong khoảng xác định của tham số mờ hệ số ứng xử, kết quả tính toán cho thấy giá trị nội lực, chuyển vị tính theo thuật toán đề nghị lớn hơn tính theo thuật toán tất định hiện hành. *(Kết quả so*

sánh nhà thấp tầng cùng dạng nhà mặt đứng không đều đặn với 4 tầng, 6 tầng, 8 tầng xây dựng tại Mường Lay, Điện Biên kết quả nội lực, chuyển vị có giá trị lệch max đến 8,7%).

- Khảo sát công trình thấp tầng theo giản đồ lịch sử thời gian đặc trưng xác định từ hàm phổ thiết kế mờ của thuật toán (*đáp ứng điều kiện xác định hàm phổ mờ*) và từ hàm phổ thiết kế của phương pháp tất định hiện hành so sánh cùng dạng phân tích đàn hồi hoặc phân tích phi tuyến P-Delta có chuyển vị ngang U_x , U_y theo thời gian có đáng điều tương tự nhau, song giá trị max tính theo thuật toán đề nghị lớn hơn tính theo thuật toán tất định hiện hành và có chênh lệch giữa các dạng phân tích:

+ Phân tích phi tuyến P-Delta có giá trị chuyển vị nhỏ hơn so với phân tích đàn hồi.

+ Phân tích phi tuyến P-Delta mô hình khung hỗn hợp BTCT có tường chèn có giá trị chuyển vị nhỏ hơn so với phân tích phi tuyến P-Delta mô hình hỗn hợp BTCT không xét đến tường chèn.

- Kết quả khảo sát giá trị nội lực, chuyển vị tính theo thuật toán đề nghị và tính theo thuật toán tất định hiện hành cho thấy: Khi chọn tham số của tiêu chuẩn nằm trong miền trọng số cao, thì sai số không lớn ($<10\%$), Khi chọn tham số của tiêu chuẩn nằm ngoài miền trọng số cao (tham số ở đầu hoặc cuối của khoảng xác định), thì kết quả có sai số lớn ($>20\%$). Số hóa góp phần giảm thiểu quyết định chủ quan không hợp lý của người thiết kế và tiến tới tự động hóa thiết kế.

KẾT LUẬN

1. Các kết quả chính đạt được

- Đã nhận diện, phân loại và số hóa các tham số mờ điển hình trong tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 bằng cách mờ hóa các tham số mờ và biến đổi tương đương về định lượng giữa tham số mờ với các tham số khác, để phục vụ tính toán công trình xây dựng trong vùng động đất trên cùng một sơ đồ, gồm 3 đại lượng: tất định, ngẫu nhiên và mờ.

- Đã bổ sung và hoàn thiện thuật toán phân tích mờ kết cấu bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến để tính tác động động đất theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 lên công trình nhà, có kể đồng thời 3 loại tham số: tất định, ngẫu nhiên và mờ.

- Đã khảo sát một số kết cấu công trình nhà chịu động đất theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 bằng thuật toán đề nghị và bằng thuật toán tất định hiện hành, từ đó so sánh, đánh giá kết quả và nêu ra một số nhận xét có ý nghĩa lưu ý kỹ thuật. Kết quả

cho thấy tính toán theo thuật toán đề nghị sai số so với kết quả tính toán theo thuật toán tất định hiện hành là chấp nhận được, phù hợp quy luật định tính và sự làm việc thực của kết cấu.

2. Độ tin cậy của kết quả đạt được

Những căn cứ để đánh giá độ tin cậy của kết quả nghiên cứu là phù hợp và chấp nhận được đó là:

- Phương pháp Monte - Carlo cải tiến được sử dụng trong luận án là phương pháp đã được ứng dụng trong một số bài toán kết cấu đơn lẻ, một số luận án và công bố chính thức như bài toán phân tích tính toán dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn bằng phương pháp PTHH với các số liệu tất định trong trường hợp thiếu số liệu hoặc bài toán tính độ tin cậy của một số dạng kết cấu, phân tích độ tin cậy một số bài toán động lực học công trình dạng dầm, khung, tấm có kể đến sai lệch ngẫu nhiên của các tham số vật liệu, hình học và điều kiện đầu vào.

- Các kết quả trong luận án đã được các chuyên gia phản biện và được công bố trong các Hội nghị khoa học trong nước và quốc tế tổ chức tại Việt Nam, một số kết quả đã được đăng trên các tuyển tập của Hội nghị khoa học toàn quốc hoặc các tạp chí chuyên ngành.

- Bài toán tính với nhiều lần theo các đầu vào tất định của thuật toán đề xuất phân tích, từ chuẩn bị đầu vào đến kết quả cuối cùng đều thỏa mãn tiêu chuẩn và dùng các thuật toán quen thuộc, phần mềm phân tích phù hợp, thông dụng.

- Chương trình ETABS-v18 [92] có độ tin cậy và được dùng khá phổ biến trên thế giới cũng như ở nước ta.

- Đồ thị biểu diễn kết quả phù hợp với các quy luật vật lý và cơ học, tức là phù hợp về mặt định tính đối với kết cấu.

3. Hướng phát triển của luận án

- Nghiên cứu hoàn thiện, số hóa toàn bộ tiêu chuẩn thành một chương trình để sử dụng trong tính toán đánh giá kết cấu nhà xây dựng trong vùng động đất, giảm sai sót chủ quan.

- Nghiên cứu phương pháp góp phần hoàn thiện việc tự động hóa tính toán công trình chịu động đất theo tiêu chuẩn Việt Nam.

- Nghiên cứu phối hợp các kịch bản rủi ro của biến đổi khí hậu với động đất.

DANH MỤC CÁC BÀI BÁO CỦA TÁC GIẢ

- [1] Nguyễn Văn Phó, Vũ Trọng Huy, (2017). “Tính toán công trình chịu tải trọng động đất bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến” *Tạp chí Kết cấu và Công nghệ xây dựng*, số 24.2017, tr. 48-58.
- [2] Vũ Trọng Huy, Nguyễn Võ Thông, Nguyễn Văn Phó, (2019). “Đánh giá độ tin cậy công trình chịu động đất được thiết kế theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9386:2012”. *Tuyển tập công trình, Hội nghị khoa học toàn quốc Cơ học vật rắn lần thứ XIV*, Thành phố Hồ Chí Minh, tr. 329-336.
- [3] Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Võ Thông, Vũ Trọng Huy (2021). “Tính toán công trình chịu động đất theo TCVN 9386:2012 có kể đến các đặc trưng bất định của các tham số, bằng cách số hóa các tham số của tiêu chuẩn và bằng thuật toán Monte – Carlo cải tiến để phân tích.” *Tạp chí Xây dựng*, số 02.2021, tr. 108-111.
- [4] Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Võ Thông, Vũ Trọng Huy, (2021). “Số hóa các tham số mờ của tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 và các ứng dụng”. *Tạp chí Kết cấu và Công nghệ xây dựng*, số 33.2021, tr. 65-72.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] Nguyễn Lê Ninh, (2007). *Động đất và thiết kế công trình chịu động đất*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Lê Ninh, (2011). *Cơ sở lý thuyết tính toán công trình chịu động đất*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3] Phạm Gia Lộc, (1985). *Cơ sở của động đất và tính toán công trình chịu động đất*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [4] Bộ Xây dựng - Viện Khoa học kỹ thuật Xây dựng (2001). *Hướng dẫn xây dựng và sửa chữa hư hỏng nhà và công trình trong vùng động đất ở tỉnh Lai Châu*. Hà Nội tháng 3/2001.
- [5] Bộ Khoa học và Công nghệ, *TCVN 9386:2012: Thiết kế công trình chịu động đất*.
- [6] Bộ Xây dựng, *QCVN 02:2009/BXD: Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng*.
- [7] Bộ Giao thông vận tải, (2005). *22TCN 272-05 Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ - Phần thiết kế chống động đất cho các công trình cầu*.
- [8] Cao Duy Khôi, (2015) “Hệ số tầm quan trọng trong các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu của Việt Nam và nước ngoài” *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng số 3-2014*.
- [9] Cao Duy Khôi, Nguyễn Việt Sơn (2015) “Tính toán tải trọng động đất theo Tiêu chuẩn Nga SP 14.13330.2014 “Xây dựng công trình trong vùng động đất” *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng số 3-2015*.
- [10] Nguyễn Xuân Chính, Trịnh Việt Cường, Nguyễn Đại Minh, Vũ Thị Ngọc Vân, (2011). “Một số đánh giá về hệ thống Quy chuẩn - Tiêu chuẩn về động đất và khả năng chống động đất của nhà và công trình xây dựng ở Việt Nam hiện nay” *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng số 3-2011*.
- [11] Nguyễn Đại Minh, Phạm Anh Tuấn, (2011). “Yêu cầu về tải trọng và tác động khi thiết kế nhà cao tầng ở Việt Nam” *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng số 4-2011*.
- [12] Nguyễn Hồng Phương, Phạm Thế Truyền (2015) “Tập bản đồ xác suất nguy hiểm động đất Việt Nam và Biển Đông” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển, Tập 15, Số 1. 2015: 77-90*.

- [13] Đinh Quốc Văn, Nguyễn Xuân Anh, Nguyễn Xuân Bình, Lê Huy Minh, Nguyễn Văn Giảng, Nguyễn Lê Minh, Nguyễn Tiến Hùng, Lê Quang Khôi, Đoàn Thị Ngoan, Nguyễn Danh Dũng, Nguyễn Thanh Bình, Nguyễn Ngọc Thủy, Lê Tử Sơn, Đinh Đoàn Phụng, (2017). “Mạng trạm địa chấn quốc gia Việt Nam: Sự hình thành và phát triển”. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển; Tập 17, Số 4B; 2017: 183-197.*
- [14] Nguyễn Hồng Hải (2015). *Nghiên cứu sự làm việc của nhà cao tầng bê tông cốt thép có tầng cứng chịu tác động của động đất ở Việt Nam*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Viện khoa học công nghệ xây dựng.
- [15] Lê Bảo Quốc (2016). *Nghiên cứu phương pháp tính kết cấu công trình ngầm đô thị trong nền đất yếu chịu tác dụng của động đất*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Học viện kỹ thuật quân sự.
- [16] Nguyễn Cát Hồ, Bùi Công Cường (chủ biên), (2006). *Lý thuyết tập mờ và công nghệ tính toán mềm. Hệ mờ, mạng nơ-ron và ứng dụng*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
- [17] Nguyễn Vi, (2009). *Phương pháp mô hình hóa thống kê từng bước trong tính toán độ tin cậy của các công trình cảng*, Nhà xuất bản giao thông vận tải, Hà Nội.
- [18] Nguyễn Quý Hỷ, (2002). *Phương pháp mô phỏng số Monte - Carlo*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [19] Nguyễn Văn Phó, Vũ Trọng Huy (2017). “Tính toán công trình chịu động đất bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến”. *Tạp chí Kết cấu và Công nghệ xây dựng* số 24 – 2017.
- [20] Vũ Trọng Huy, Nguyễn Võ Thông, Nguyễn Văn Phó. (2019) “Đánh giá độ tin cậy công trình chịu động đất được thiết kế theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9386:2012”. *Tuyển tập công trình, Hội nghị khoa học toàn quốc Cơ học vật rắn lần thứ XIV*, Thành phố Hồ Chí Minh.
- [21] Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Võ Thông, Vũ Trọng Huy, (2021). “Tính toán công trình chịu động đất theo TCVN 9386:2012 có kể đến các đặc trưng bất định của các tham số, bằng cách số hóa các tham số của tiêu chuẩn và bằng thuật toán Monte – Carlo cải tiến để phân tích.” *Tạp chí Xây dựng*, Bộ Xây dựng, số 02.2021.
- [22] Nguyễn Vi, (2011). *Độ tin cậy của các công trình bến cảng (tái bản lần thứ nhất)*, Nhà xuất bản giao thông vận tải, Hà Nội.

- [23] Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Xuân An, (2013). “Phương pháp Monte – Carlo cải tiến và tính toán công trình”, *Tạp chí Kết cấu và Công nghệ xây dựng số 12-2013*.
- [24] Lê Xuân Huỳnh, Nguyễn Hùng Tuấn, (2016). *Độ tin cậy của kết cấu xây dựng. Fuzzy finite element algoritim, Fuzzy Reliability*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [25] Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Đình Tân, Nguyễn Thạc Vũ, (2006). “Về mô hình giao thoa trong độ tin cậy mờ. Tuyển tập công trình,” *Hội nghị khoa học toàn quốc về Cơ học Vật rắn lần thứ 8*, Thái Nguyên, tháng 6. 2006.
- [26] Phan Văn Hạp, Nguyễn Công Thúy, Nguyễn Quý Hỷ, Hồ Thuần, (1970). *Cơ sở phương pháp tính – Tập 2*. Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội.
- [27] Nguyễn Cao Văn, Trần Thái Bình, (1995). *Lý thuyết xác suất và thống kê toán*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [28] Nguyễn Văn Phó, (2014) “Phương pháp Monte – Carlo cải tiến và một số vấn đề về tính toán công trình trong bối cảnh biến đổi khí hậu”. *Xeminar Cơ học Vật rắn tháng 5/2014*, Hà Nội.
- [29] Nguyễn Thanh Hưng, (2017). *Bài toán chẩn đoán kỹ thuật công trình trong trường hợp thiếu số liệu và ứng dụng vào dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Xây dựng.
- [30] Chu Thanh Bình, (2014). *Một phương pháp gần đúng tính độ tin cậy của công trình dao động chịu tải ngẫu nhiên*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Xây dựng.
- [31] Lưu Vĩnh Toàn, (2018). “Khai thác dữ liệu phi cấu trúc”. *Tạp chí Tia Sáng số 08, 4/2018*.
- [32] Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Võ Thông, Vũ Trọng Huy, (2021). “Số hóa các tham số mờ của tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 và các ứng dụng”. *Tạp chí Kết cấu và Công nghệ xây dựng, số 33.2021*.
- [33] Nguyễn Như Phong, (2005). *Lý thuyết tập mờ và ứng dụng*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [34] Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Xuân An, (2009). “Đánh giá mức mờ của đầu vào trong phân tích mờ kết cấu”. *Tạp chí Khoa học Công nghệ - Đại học Xây dựng số 6-2009*, Hà Nội.

- [35] Nguyễn Văn Phó, Chu Thanh Bình. (2019) “Số hóa các dữ liệu phi cấu trúc để tính công trình trong bối cảnh biến đổi khí hậu bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến,” *Tuyển tập hội nghị cơ kỹ thuật toàn quốc*, Hà Nội, 4.2019.
- [36] Nguyễn Thế Độ (2003): *Nghiên cứu hợp lý hóa phản ứng của kết cấu nhà cao tầng chịu tải trọng động đất ở khu vực Hà Nội*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Viện Khoa học công nghệ xây dựng.
- [37] Phùng Ngọc Dũng, Đào Văn Cường, Trần Văn Long, (2014). “Phổ phản ứng đàn hồi và phổ thiết kế cho kết cấu chịu động đất - I. Phổ phản ứng đàn hồi”. *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng số 3-2014*.

Tiếng Nga

- [38] Xô-bôn I.M. *Monte – Carlo Method*. Moscow, 1978 (in Russian).
- [39] N. P. Buxlenko, (1962) *Phương pháp thử thống kê (Phương pháp Monte - Carlo)*. Moskva (tiếng Nga).
- [40] X.Gôlenko, (1971). *Xử lý các đại lượng ngẫu nhiên với phân bố tùy ý*. Moskva, (tiếng Nga).
- [41] C.M. Epnakov, (1971). *Phương pháp Monte - Carlo và các vấn đề lân cận – Moskva*.
- [42] V.V. Bô-lô-tin, (1965). *Statistical Methods in Structural Mechanics*. Moscow. (In Russian).
- [43] A.R. Rgianitson, (1978). *The Calculation for Construction, on the Reliability*. Moscow. (In Russian).
- [44] V.V. Bô-lô-tin, (1982). *Methods of Probability and Reliability Theory in the Calculation of Structures*. Moscow.
- [45] A.C. Voli-mir, (1967). *Stability of deformable System*. Moscow. (In Russian).
- [46] V. D. Raizer, (1998). *Theory of reliability in Structural design*. Moscow. (in Russian).

Tiếng Anh

- [47] Metropolis N., Vlam X. (1949), *The Monte - Carlo Method Amer, Statistical Assoc – N°247*.
- [48] O. Ditlevsen, H. O. Madsen, (1946). *Structural Reliability Methods*. John Wiley and Sons, New York.
- [49] G. Augusti, A. Barrata, F. Casciati, (1992). *Probabilistic Methods on Structural Engineering*. New York.

- [50] Andrzej S. Nowak, Kevin R. Collins, (2000). *Reliability of structures*. Mc. Graw Hill.
- [51] International Standard – ISO 2394-98, (1998). General principles on Reliability for Structures Second Edition.
- [52] Unified Standard of Reliability of Structures JB. 5013-92.
- [53] GOST 27751-88*, (2007). *Reliability of structures and foundations*. M. Standartinform.
- [54] EN 1998-1 (2004) (English) : Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance.
- [55] Sin-Kui Au, James L. Beck, (2001). *Estimation of small failure probabilities in high dimensions by subset simulation*. Probabilistic Engineering Mechanics 16. 2001.
- [56] Sik. Au and J.L. Beck (2003), “Subset Simulation and its Application to Seismic Risk Based on Dynamic Analysis”. *Journal of Engineering Mechanic*, August 2003.
- [57] Xinggang Bai, Schrab Asgarpoor, (2004). *Fuzzy - based approached to substation Reliability Evaluation*. Electric Power Systems Research 69.
- [58] G.I. Schuëller, (2007). *On the treatment of uncertainty in structural mechanics and analysis*. J. Computers and Structures, 85.
- [59] Berd Möller, Michael Beer, (2004). *Fuzzy Randomness - Uncertainty in Civil Engineering and Computational Mechanics*. Springer.
- [60] G. d. Klir, (2006). *Uncertainty and Information*, Published John Wiley and Sond.
- [61] D. Dubois, H. Prade, (1980). *Fuzzy set and Systems*. Academic Press. NewYork.
- [62] D. Dubois, H. Prade S. Sandri, (1993). *On Possibility / Probability Transformations*. Proceeding of Fourth IFSA Conference.
- [63] L. Farkas, D. Moens, D. Vandepitte, W. Desmet, (2010). “Fuzzy finite element analysis based on reanalysis technique” *The Institution of Structural Engineers*.
- [64] Dubois D, (2006). *Possibility Theory and Statistical Reasoning*. Computational Statistics and Data Analysis.
- [65] H.-J Zimmermann, (1996). *Fuzzy Set Theory and its Applications*. Kluwer Academic Publishers, London.

- [66] Emrah Erduran, Nhan D. Dao and Keri L. Ryan, (2011) *Comparative response assessment of minimally compliant low-rise conventional and base-isolated steel frames* Civil and Environmental Engineering, University of Nevada-Reno, Reno, U.S.A Earthquake engineering and structural dynamics *Earthquake Engng Struct. Dyn.* 2011; (59)40:1123–1141.
- [67] Orlando Arroyo,* José Barros and Lilibeth Ramosc, (2010) *Comparison of the Reinforced-Concrete Seismic Provisions of the Design Codes of the United States, Colombia, and Ecuador for Low-Rise Frames*. Earthquake engineering practice.
- [68] Roberto Meli, Mexico (Co-Chair) Svetlana Brzev, Canada (Co-Chair) Maximiliano Astroza, Chile Teddy Boen, Indonesia Francisco Crisafulli, Argentina Junwu Dai, China Mohammed Farsi, Algeria Tim Hart, USA Ahmed Mebarki, France A.S. Moghadam, Iran Daniel Quiun, Peru Miha Tomazevic, Slovenia Luis Yamin, Colombia (2011) *Seismic design guide for low-rise confined masonry buildings* Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California 94612-1934.
- [69] M.A. Archila, C.E. Ventura, A. Bebamzadeh, W. D. Finn , G. Taylor (2012) *Effect of Aftershock Ground Motions on the Seismic Response of Low-rise Buildings*, 15 World Conference on Earthquake Engineering, Lisbon, Portugal
- [70] S. Brzev R. Meli Ahmed Mebarki ¹ M.N. Farsi, (2012) *International Guideline for Seismic Design of Low-Rise Confined Masonry Buildings in Regions of High Seismic Risk* 15WCEE Lisboa, USA.
- [71] F. Pina, T. White, C. Ventura, G. Taylor and L. Finn (2008) *Performance-based retrofit guidelines for low-rise school buildings in british columbia, canada* The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China.
- [72] Yi-Hsuan Tu, Pei-Lin Yeh, Tzu-Wei Liu, Wen-Yu Jean (2009) *Seismic Damage Evaluation for Low-Rise RC School Buildings in Taiwan*, Conference Paper. April 2009.
- [73] José Barros, Hernán Santa-María. (2018) *Seismic design of low-rise buildings based on frequent earthquake response spectrum*. Journal of Building Engineering, Ecuador.
- [74] Ana-Maria Ghiță (2015) *Seismic design of low-rise office buildings according to Romanian seismic codes*. Case study, Mathematical Modelling in Civil Engineering, Romani.

- [75] Juan Carlos Vielma, Alex H. Barbat, Ronald Ugel and Reyes Indira Herrera (2013) *Seismic Evaluation of Low Rise RC Framed Building Designed According to Venezuelan Codes*.
- [76] Taewan Kim & Yurim Chu (2018) *Assessment of Korean Seismic Design Practice for Low-rise Reinforced Concrete Wall-frame Buildings* Assessment of Korean Seismic Design.
- [77] SVETLANA BRZEV (2007) *Earthquake-Resistant Confined Masonry Construction. National Information Center of Earthquake Engineering*, Indian Institute of Technology Kanpur, India.
- [78] M. Rizwan, N. Ahmad , J. Akbar, B. Ilyas, Arifullah, A. Ali, M. E. Ahmad, S. Pervez, M. E. Rahim, and M. A. Z. Khan (2020) *Global Seismic Fragility Functions for Low-Rise RC Frames with Construction Deficiencies*. Advances in Civil Engineering.
- [79] By the Ministry of Business, Innovation and Employment, the Earthquake Commission, the New Zealand Society for Earthquake Engineering, the Structural Engineering Society and the New Zealand Geotechnical Society, (2017). *The Seismic Assessment of Existing Buildings*. Technical Guidelines for Engineering Assessments. July, 2017, New Zealand.
- [80] Roberto Meli, Mexico (Co-Chair) Svetlana Brzev, Canada (Co-Chair) Maximiliano Astroza, Chile Teddy Boen, Indonesia Francisco Crisafulli, Argentina Junwu Dai, China Mohammed Farsi, Algeria Tim Hart, USA Ahmed Mebarki, France A.S. Moghadam, Iran Daniel Quiun, Peru Miha Tomazevic, Slovenia Luis Yamin, Colombia, (2011). *Seismic Design Guide For Low-Rise Confined Masonry Buildings*. Confined Masonry Network, A Project of the World Housing Encyclopedia, EERI & IAEE With funding support from Risk Management Solutions.
- [81] Das B.M. (1993), *Principles of soil dynamics*, PWS-KENT Publishing Company, USA.
- [82] O. V. Pavlenko, (2020). *Modern Methods of Estimating Local Effects of Earthquakes*. Physics of the Solid Earth, 2020, Vol. 56, No. 5, pp. 656–664. Moscow, Russia.
- [83] Guangren Yu, M. ASCE and Gary Y.K. Chock, F. ASCE, (2016) “Comparison of the USA, China and Japan Seismic Design Procedures” *Civil Engineering Conference in the Asia Region CECA 7*, Honolulu, Hawaii
- [84] International Code Council (2012), *International Building Code*, USA.

- [85] American Society of Civil Engineers/Structural Engineering Institute (2010), *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures* ASCE 7-10, Reston, VA., USA.
- [86] Kuramoto, H. (2006), *Seismic Design Codes for Buildings in Japan*, Journal of Disaster Research, Vol.1 No. 3, 341- 356.
- [87] Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China (2001), *Code for Seismic Design of Buildings*, GB 50011-2001 (in Chinese), Beijing, China.
- [88] ASCE 7-05. Minimum Design Load for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers, 2005.
- [89] ASCE 7-10. Minimum Design Load for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers, 2010.
- [90] UBC, 1997, Uniform Building Code, Vol. 2, International Council of Building Officials.
- [91] Comité Européen de Normalisation (2004) Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Building.
- [92] <https://www.csiamerica.com/products/etabs>.
- [93] Priestley, M. J. N., Calvi, G.M., Kowalsky, M. J., (2007). *Displacement-Based Seismic Design of Structures*. IUSS PRESS, Pavia, Italy.
- [94] ANIL. K. Chopra, Dynamics of structures, (1995). *Theory and Applications to Earthquake Engineering*. University of California, Berkeley.
- [95] M. Moghaddasi, M. Cubrinovski, J.G. Chase, S. Pampanin, A. Carr, (2011). *Effects of soil–foundation–structure interaction on seismic structural response via robust Monte Carlo simulation*. Engineering Structures Volume 33, Issue 4, April 2011, Pages 1338-1347.
- [96] Carlo Del Gaudio, Paolo Ricci, Gerardo M. Verderame, Gaetano Manfredi, (2017). *Urban-scale seismic fragility assessment of RC buildings subjected to L'Aquila earthquake*. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 96 (2017) 49-63.
- [97] Gian Felice Giaccu, Luca Caracoglia, (2018). *Wind-load fragility analysis of monopole towers by Layered Stochastic Approximation-Monte - Carlo method*. Engineering Structures Volume 174 (2018), Pages 462-477.

PHẦN PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1
THÍ DỤ SỐ LIỆU TRƯỜNG HỢP TÍNH TOÁN ĐƯA VÀO KHẢO SÁT CÔNG
TRÌNH NHÀ VĂN HÓA TẠI MƯỜNG LAY – ĐIỆN BIÊN

Các trường hợp khảo sát các công trình khác có các bước, nhập các số liệu tương tự thí dụ này

1. Bảng số liệu tính phổ thiết kế từng trường hợp khả dĩ của công trình Nhà Văn hóa Mường Lay bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

STT	S	T_B	T_C	a_g	q
1	1.15	0.20	0.60	1.1154	3.88
2	1.15	0.20	0.60	1.0751	3.88
3	1.15	0.20	0.60	1.0347	3.88
4	1.15	0.20	0.60	0.9944	3.88
5	1.15	0.20	0.60	0.9540	3.88
6	1.15	0.20	0.60	1.1154	3.53
7	1.15	0.20	0.60	1.0751	3.53
8	1.15	0.20	0.60	1.0347	3.53
9	1.15	0.20	0.60	0.9944	3.53
10	1.15	0.20	0.60	0.9540	3.53
11	1.15	0.20	0.60	1.1154	3.15
12	1.15	0.20	0.60	1.0751	3.15
13	1.15	0.20	0.60	1.0347	3.15
14	1.15	0.20	0.60	0.9944	3.15
15	1.15	0.20	0.60	0.9540	3.15
16	1.15	0.20	0.60	1.1154	2.78
17	1.15	0.20	0.60	1.0751	2.78
18	1.15	0.20	0.60	1.0347	2.78
19	1.15	0.20	0.60	0.9944	2.78
20	1.15	0.20	0.60	0.9540	2.78
21	1.15	0.20	0.60	1.1154	2.42
22	1.15	0.20	0.60	1.0751	2.42
23	1.15	0.20	0.60	1.0347	2.42

STT	S	T_B	T_C	a_g	q
24	1.15	0.20	0.60	0.9944	2.42
25	1.15	0.20	0.60	0.9540	2.42
26	1.15	0.20	0.70	1.1154	3.88
27	1.15	0.20	0.70	1.0751	3.88
28	1.15	0.20	0.70	1.0347	3.88
29	1.15	0.20	0.70	0.9944	3.88
30	1.15	0.20	0.70	0.9540	3.88
31	1.15	0.20	0.70	1.1154	3.53
32	1.15	0.20	0.70	1.0751	3.53
33	1.15	0.20	0.70	1.0347	3.53
34	1.15	0.20	0.70	0.9944	3.53
35	1.15	0.20	0.70	0.9540	3.53
36	1.15	0.20	0.70	1.1154	3.15
37	1.15	0.20	0.70	1.0751	3.15
38	1.15	0.20	0.70	1.0347	3.15
39	1.15	0.20	0.70	0.9944	3.15
40	1.15	0.20	0.70	0.9540	3.15
41	1.15	0.20	0.70	1.1154	2.78
42	1.15	0.20	0.70	1.0751	2.78
43	1.15	0.20	0.70	1.0347	2.78
44	1.15	0.20	0.70	0.9944	2.78
45	1.15	0.20	0.70	0.9540	2.78
46	1.15	0.20	0.70	1.1154	2.42
47	1.15	0.20	0.70	1.0751	2.42
48	1.15	0.20	0.70	1.0347	2.42
49	1.15	0.20	0.70	0.9944	2.42
50	1.15	0.20	0.70	0.9540	2.42
51	1.15	0.17	0.60	1.1154	3.88
52	1.15	0.17	0.60	1.0751	3.88
53	1.15	0.17	0.60	1.0347	3.88
54	1.15	0.17	0.60	0.9944	3.88

STT	S	T_B	T_C	a_g	q
55	1.15	0.17	0.60	0.9540	3.88
56	1.15	0.17	0.60	1.1154	3.53
57	1.15	0.17	0.60	1.0751	3.53
58	1.15	0.17	0.60	1.0347	3.53
59	1.15	0.17	0.60	0.9944	3.53
60	1.15	0.17	0.60	0.9540	3.53
61	1.15	0.17	0.60	1.1154	3.15
62	1.15	0.17	0.60	1.0751	3.15
63	1.15	0.17	0.60	1.0347	3.15
64	1.15	0.17	0.60	0.9944	3.15
65	1.15	0.17	0.60	0.9540	3.15
66	1.15	0.17	0.60	1.1154	2.78
67	1.15	0.17	0.60	1.0751	2.78
68	1.15	0.17	0.60	1.0347	2.78
69	1.15	0.17	0.60	0.9944	2.78
70	1.15	0.17	0.60	0.9540	2.78
71	1.15	0.17	0.60	1.1154	2.42
72	1.15	0.17	0.60	1.0751	2.42
73	1.15	0.17	0.60	1.0347	2.42
74	1.15	0.17	0.60	0.9944	2.42
75	1.15	0.17	0.60	0.9540	2.42
76	1.15	0.17	0.70	1.1154	3.88
77	1.15	0.17	0.70	1.0751	3.88
78	1.15	0.17	0.70	1.0347	3.88
79	1.15	0.17	0.70	0.9944	3.88
80	1.15	0.17	0.70	0.9540	3.88
81	1.15	0.17	0.70	1.1154	3.53
82	1.15	0.17	0.70	1.0751	3.53
83	1.15	0.17	0.70	1.0347	3.53
84	1.15	0.17	0.70	0.9944	3.53
85	1.15	0.17	0.70	0.9540	3.53

STT	S	T_B	T_C	a_g	q
86	1.15	0.17	0.70	1.1154	3.15
87	1.15	0.17	0.70	1.0751	3.15
88	1.15	0.17	0.70	1.0347	3.15
89	1.15	0.17	0.70	0.9944	3.15
90	1.15	0.17	0.70	0.9540	3.15
91	1.15	0.17	0.70	1.1154	2.78
92	1.15	0.17	0.70	1.0751	2.78
93	1.15	0.17	0.70	1.0347	2.78
94	1.15	0.17	0.70	0.9944	2.78
95	1.15	0.17	0.70	0.9540	2.78
96	1.15	0.17	0.70	1.1154	2.42
97	1.15	0.17	0.70	1.0751	2.42
98	1.15	0.17	0.70	1.0347	2.42
99	1.15	0.17	0.70	0.9944	2.42
100	1.15	0.17	0.70	0.9540	2.42

2. Tính phổ thiết kế theo phương pháp truyền thống của công trình Nhà Văn hóa Mường Lay

BẢNG TÍNH PHỔ PHẢN ỨNG ĐÀN HỒI (Phương pháp truyền thống theo TCVN 9386-2012)		
<u>I. Đặc điểm công trình.</u>		
- Địa điểm xây dựng:	Tỉnh, thành : Quận, huyện: Loại nền đất:	Điện Biên Huyện Mường Lay C
- Hệ số tầm quan trọng:	$\gamma_I =$	0.75
- Đặc điểm kết cấu:	Cấp dầm Loại kết cấu : $k_w =$ Đều đặn theo mặt bằng	DCM Hệ khung 1 No
* Các thông số dẫn xuất:		

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú [5]
- Gia tốc nền quy đổi	a_{gR}	0.1516	g	Bảng tra Phụ lục H
- Gia tốc nền	a_{gR}	1.4872	m/s ²	chuyển đơn vị
- Gia tốc nền thiết kế phương ngang	a_g	1.1154	m/s ²	$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$
- Thông số xác định phổ phương ngang	S	1.15		Bảng 3.2
	T_B	0.20	s	
	T_C	0.60	s	
	T_D	2.00	s	
- Hệ số ứng xử phương ngang	q	3.12		Theo mục 5.2.2.2
- Hệ số xác định cận dưới	β	0.2		Theo mục 3.2.2.5

II. Phổ thiết kế dùng cho phân tích đàn hồi

+ Đối với các thành phần nằm ngang của tác động động đất, phổ thiết kế $S_d(T)$ được xác định bằng các biểu thức sau:

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (3.13)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad (3.14)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.15)$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.16)$$

a_g, S, T_B, T_C và T_D

- như đã định nghĩa trong 3.2.2.2 [5]

$S_d(T)$

- phổ thiết kế

q

- hệ số ứng xử

$\beta = 0.2$

- hệ số ứng với cận dưới của phổ thiết kế theo phương ngang

+ Phổ phản ứng thiết kế theo phương ngang

	T	S _d
$0 \leq T \leq T_B:$	0.00	0.8551
	0.05	0.8983
	0.10	0.9415
	0.15	0.9846
	0.17	1.0019
$T_B < T \leq T_C:$	0.30	1.0278
	0.45	1.0278
	0.60	1.0278
	0.70	1.0278
$T_C < T \leq T_D:$	0.75	0.8223
	0.85	0.7255
	0.95	0.6491
	1.05	0.5873
	1.15	0.5363
	1.27	0.4856
	1.40	0.4405
	1.52	0.4057
	1.65	0.3738
	1.77	0.3484
	1.90	0.3246
	2.00	0.3083
$T > T_D:$	2.20	0.2548
	2.40	0.2231
	2.60	0.2231
	2.80	0.2231
	3.00	0.2231
	4.00	0.2231
	5.50	0.2231
	7.00	0.2231
	8.50	0.2231
	10.00	0.2231

3. Bảng số liệu 100 hàm phổ thiết kế từng trường hợp khả dĩ của công trình
Nhà Văn hóa Mường Lay bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

	T	S_d1	S_d2	S_d3	S_d4	S_d5	S_d6	S_d7
$0 \leq T \leq T_B$:	0	0.8551	0.8242	0.7933	0.7623	0.7314	0.8551	0.8242
	0.05	0.8479	0.8172	0.7866	0.7559	0.7252	0.8688	0.8374
	0.1	0.8407	0.8103	0.7799	0.7494	0.7190	0.8824	0.8505
	0.15	0.8335	0.8033	0.7732	0.7430	0.7129	0.8961	0.8637
	0.2	0.8306	0.8005	0.7705	0.7404	0.7104	0.9015	0.8689
$T_B < T \leq T_C$:	0.25	0.8262	0.7963	0.7664	0.7366	0.7067	0.9097	0.8768
	0.35	0.8262	0.7963	0.7664	0.7366	0.7067	0.9097	0.8768
	0.5	0.8262	0.7963	0.7664	0.7366	0.7067	0.9097	0.8768
	0.6	0.8262	0.7963	0.7664	0.7366	0.7067	0.9097	0.8768
$T_C < T \leq T_D$:	0.65	0.6610	0.6371	0.6132	0.5892	0.5653	0.7278	0.7015
	0.77	0.5832	0.5621	0.5410	0.5199	0.4988	0.6422	0.6189
	0.9	0.5218	0.5029	0.4841	0.4652	0.4463	0.5746	0.5538
	1.02	0.4721	0.4550	0.4380	0.4209	0.4038	0.5198	0.5010
	1.15	0.4311	0.4155	0.3999	0.3843	0.3687	0.4746	0.4575
	1.27	0.3903	0.3762	0.3621	0.3480	0.3339	0.4298	0.4142
	1.4	0.3541	0.3413	0.3285	0.3157	0.3029	0.3899	0.3758
	1.52	0.3261	0.3143	0.3025	0.2907	0.2789	0.3591	0.3461
	1.65	0.3004	0.2896	0.2787	0.2678	0.2570	0.3308	0.3188
	1.77	0.2801	0.2699	0.2598	0.2497	0.2395	0.3084	0.2972
	1.9	0.2609	0.2515	0.2420	0.2326	0.2232	0.2873	0.2769
	2	0.2479	0.2389	0.2299	0.2210	0.2120	0.2729	0.2630
$T > T_D$:	2.2	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2256	0.2174
	2.4	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150
	2.6	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150
	2.8	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150
	3	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150
	4	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150
	5.5	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150
	7	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150
	8.5	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150
	10	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150

S_d8	S_d9	S_d10	S_d11	S_d12	S_d13	S_d14	S_d15	S_d16
0.7933	0.7623	0.7314	0.8551	0.8242	0.7933	0.7623	0.7314	0.8551
0.8059	0.7745	0.7431	0.8959	0.8635	0.8310	0.7986	0.7662	0.9303
0.8186	0.7867	0.7547	0.9366	0.9027	0.8688	0.8349	0.8011	1.0054
0.8312	0.7988	0.7664	0.9773	0.9419	0.9066	0.8712	0.8359	1.0805
0.8363	0.8037	0.7711	0.9936	0.9576	0.9217	0.8858	0.8498	1.1105
0.8439	0.8110	0.7781	1.0180	0.9812	0.9444	0.9075	0.8707	1.1556
0.8439	0.8110	0.7781	1.0180	0.9812	0.9444	0.9075	0.8707	1.1556
0.8439	0.8110	0.7781	1.0180	0.9812	0.9444	0.9075	0.8707	1.1556
0.8439	0.8110	0.7781	1.0180	0.9812	0.9444	0.9075	0.8707	1.1556
0.6751	0.6488	0.6225	0.8144	0.7850	0.7555	0.7260	0.6966	0.9245
0.5957	0.5725	0.5492	0.7186	0.6926	0.6666	0.6406	0.6146	0.8157
0.5330	0.5122	0.4914	0.6430	0.6197	0.5964	0.5732	0.5499	0.7298
0.4822	0.4634	0.4446	0.5817	0.5607	0.5396	0.5186	0.4976	0.6603
0.4403	0.4231	0.4060	0.5311	0.5119	0.4927	0.4735	0.4543	0.6029
0.3987	0.3831	0.3676	0.4810	0.4636	0.4462	0.4288	0.4114	0.5460
0.3617	0.3476	0.3335	0.4363	0.4205	0.4047	0.3889	0.3732	0.4953
0.3331	0.3201	0.3071	0.4019	0.3873	0.3728	0.3582	0.3437	0.4562
0.3069	0.2949	0.2829	0.3702	0.3568	0.3434	0.3300	0.3166	0.4202
0.2861	0.2749	0.2638	0.3451	0.3326	0.3201	0.3076	0.2952	0.3917
0.2665	0.2561	0.2457	0.3215	0.3099	0.2982	0.2866	0.2750	0.3649
0.2532	0.2433	0.2334	0.3054	0.2944	0.2833	0.2723	0.2612	0.3467
0.2092	0.2011	0.1929	0.2524	0.2433	0.2341	0.2250	0.2159	0.2865
0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2407
0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231
0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231
0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231
0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231
0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231
0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231
0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231
0.2069	0.1989	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908	0.2231

S_d17	S_d18	S_d19	S_d20	S_d21	S_d22	S_d23	S_d24	S_d25
0.824205	0.79327	0.762335	0.7314	0.8551	0.8242	0.7933	0.7623	0.7314
0.8966014	0.8629491	0.8292969	0.7956	0.9728	0.9376	0.9024	0.8672	0.8320
0.9689978	0.9326282	0.8962587	0.8599	1.0905	1.0510	1.0116	0.9721	0.9327
1.0413942	1.0023074	0.9632206	0.9241	1.2081	1.1644	1.1207	1.0770	1.0333
1.0703527	1.030179	0.9900053	0.9498	1.2552	1.2098	1.1644	1.1190	1.0736
1.1137905	1.0719865	1.0301824	0.9884	1.3258	1.2778	1.2299	1.1819	1.1340
1.1137905	1.0719865	1.0301824	0.9884	1.3258	1.2778	1.2299	1.1819	1.1340
1.1137905	1.0719865	1.0301824	0.9884	1.3258	1.2778	1.2299	1.1819	1.1340
1.1137905	1.0719865	1.0301824	0.9884	1.3258	1.2778	1.2299	1.1819	1.1340
1.1137905	1.0719865	1.0301824	0.9884	1.3258	1.2778	1.2299	1.1819	1.1340
0.8910324	0.8575892	0.8241459	0.7907	1.0606	1.0223	0.9839	0.9455	0.9072
0.7862051	0.7566963	0.7271876	0.6977	0.9359	0.9020	0.8681	0.8343	0.8004
0.7034467	0.6770441	0.6506415	0.6242	0.8373	0.8071	0.7768	0.7465	0.7162
0.6364517	0.6125637	0.5886757	0.5648	0.7576	0.7302	0.7028	0.6754	0.6480
0.5811081	0.5592973	0.5374865	0.5157	0.6917	0.6667	0.6417	0.6167	0.5916
0.5262003	0.5064503	0.4867004	0.4670	0.6264	0.6037	0.5810	0.5584	0.5357
0.4773388	0.4594228	0.4415068	0.4236	0.5682	0.5476	0.5271	0.5065	0.4860
0.4396542	0.4231526	0.406651	0.3901	0.5233	0.5044	0.4855	0.4665	0.4476
0.4050147	0.3898133	0.3746118	0.3594	0.4821	0.4647	0.4472	0.4298	0.4123
0.3775561	0.3633852	0.3492144	0.3350	0.4494	0.4332	0.4169	0.4006	0.3844
0.3517233	0.338522	0.3253208	0.3121	0.4187	0.4035	0.3884	0.3732	0.3581
0.3341372	0.3215959	0.3090547	0.2965	0.3977	0.3834	0.3690	0.3546	0.3402
0.2761464	0.2657818	0.2554171	0.2451	0.3287	0.3168	0.3049	0.2930	0.2811
0.2320397	0.2233305	0.2146213	0.2059	0.2762	0.2662	0.2562	0.2462	0.2362
0.21501	0.20694	0.19887	0.1908	0.2353	0.2268	0.2183	0.2098	0.2013
0.21501	0.20694	0.19887	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908
0.21501	0.20694	0.19887	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908
0.21501	0.20694	0.19887	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908
0.21501	0.20694	0.19887	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908
0.21501	0.20694	0.19887	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908
0.21501	0.20694	0.19887	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908
0.21501	0.20694	0.19887	0.1908	0.2231	0.2150	0.2069	0.1989	0.1908

	T	S_d26	S_d27	S_d28	S_d29	S_d30	S_d31	S_d32
$0 \leq T \leq T_B$:	0	0.8242	0.82421	0.79327	0.76234	0.73140	0.85514	0.82421
	0.05	0.8172	0.81724	0.78656	0.75589	0.72522	0.86879	0.83736
	0.1	0.8103	0.81027	0.77986	0.74945	0.71903	0.88243	0.85051
	0.15	0.8033	0.80330	0.77315	0.74300	0.71285	0.89608	0.86366
	0.2	0.8005	0.80051	0.77047	0.74042	0.71038	0.90154	0.86892
$T_B < T \leq T_C$:	0.3	0.7963	0.79633	0.76644	0.73656	0.70667	0.90972	0.87681
	0.45	0.7963	0.79633	0.76644	0.73656	0.70667	0.90972	0.87681
	0.6	0.7963	0.79633	0.76644	0.73656	0.70667	0.90972	0.87681
	0.7	0.7963	0.79633	0.76644	0.73656	0.70667	0.90972	0.87681
$T_C < T \leq T_D$:	0.75	0.7432	0.74324	0.71535	0.68745	0.65956	0.84908	0.81836
	0.85	0.6558	0.65580	0.63119	0.60658	0.58196	0.74918	0.72208
	0.95	0.5868	0.58677	0.56475	0.54273	0.52070	0.67032	0.64607
	1.05	0.5309	0.53089	0.51096	0.49104	0.47111	0.60648	0.58454
	1.15	0.4847	0.48472	0.46653	0.44834	0.43014	0.55374	0.53371
	1.27	0.4389	0.43892	0.42245	0.40598	0.38950	0.50142	0.48328
	1.4	0.3982	0.39817	0.38322	0.36828	0.35333	0.45486	0.43841
	1.52	0.3667	0.36673	0.35297	0.33920	0.32544	0.41895	0.40380
	1.65	0.3378	0.33784	0.32516	0.31248	0.29980	0.38594	0.37198
	1.77	0.3149	0.31493	0.30311	0.29129	0.27947	0.35978	0.34676
	1.9	0.2934	0.29339	0.28237	0.27136	0.26035	0.33516	0.32304
	2	0.2787	0.27872	0.26826	0.25779	0.24733	0.31840	0.30688
$T > T_D$:	2.2	0.2303	0.23034	0.22170	0.21305	0.20441	0.26314	0.25362
	2.4	0.2150	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501
	2.6	0.2150	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501
	2.8	0.2150	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501
	3	0.2150	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501
	4	0.2150	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501
	5.5	0.2150	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501
	7	0.2150	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501
	8.5	0.2150	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501
	10	0.2150	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501

S_d33	S_d34	S_d35	S_d36	S_d37	S_d38	S_d39	S_d40	S_d41
0.79327	0.76234	0.73140	0.85514	0.82421	0.79327	0.76234	0.73140	0.85514
0.80593	0.77450	0.74307	0.89586	0.86345	0.83104	0.79864	0.76623	0.93025
0.81859	0.78666	0.75474	0.93658	0.90270	0.86882	0.83494	0.80106	1.00537
0.83125	0.79883	0.76641	0.97730	0.94195	0.90659	0.87124	0.83589	1.08048
0.83631	0.80370	0.77108	0.99359	0.95765	0.92170	0.88576	0.84982	1.11053
0.84390	0.81099	0.77809	1.01802	0.98120	0.94437	0.90754	0.87071	1.15559
0.84390	0.81099	0.77809	1.01802	0.98120	0.94437	0.90754	0.87071	1.15559
0.84390	0.81099	0.77809	1.01802	0.98120	0.94437	0.90754	0.87071	1.15559
0.84390	0.81099	0.77809	1.01802	0.98120	0.94437	0.90754	0.87071	1.15559
0.84390	0.81099	0.77809	1.01802	0.98120	0.94437	0.90754	0.87071	1.15559
0.78764	0.75693	0.72621	0.95016	0.91578	0.88141	0.84704	0.81267	1.07855
0.69498	0.66788	0.64078	0.83837	0.80804	0.77772	0.74739	0.71706	0.95167
0.62182	0.59758	0.57333	0.75012	0.72299	0.69585	0.66871	0.64158	0.85149
0.56260	0.54066	0.51872	0.67868	0.65413	0.62958	0.60503	0.58048	0.77040
0.51368	0.49365	0.47362	0.61967	0.59725	0.57483	0.55242	0.53000	0.70341
0.46514	0.44700	0.42887	0.56112	0.54082	0.52052	0.50022	0.47992	0.63694
0.42195	0.40550	0.38904	0.50901	0.49060	0.47218	0.45377	0.43536	0.57780
0.38864	0.37348	0.35833	0.46883	0.45187	0.43491	0.41795	0.40099	0.53218
0.35802	0.34406	0.33010	0.43189	0.41627	0.40064	0.38502	0.36939	0.49025
0.33375	0.32073	0.30772	0.40261	0.38804	0.37348	0.35891	0.34435	0.45701
0.31091	0.29879	0.28666	0.37506	0.36149	0.34793	0.33436	0.32079	0.42575
0.29537	0.28385	0.27233	0.35631	0.34342	0.33053	0.31764	0.30475	0.40446
0.24410	0.23459	0.22507	0.29447	0.28382	0.27316	0.26251	0.25186	0.33426
0.20694	0.19887	0.19080	0.24744	0.23849	0.22953	0.22058	0.21163	0.28087
0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.23932
0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308
0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308
0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308
0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308
0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308
0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308

S_d42	S_d43	S_d44	S_d45	S_d46	S_d47	S_d48	S_d49	S_d50
0.82421	0.79327	0.76234	0.73140	0.85514	0.82421	0.79327	0.76234	0.73140
0.89660	0.86295	0.82930	0.79564	0.97280	0.93761	0.90242	0.86723	0.83204
0.96900	0.93263	0.89626	0.85989	1.09047	1.05102	1.01157	0.97212	0.93268
1.04139	1.00231	0.96322	0.92413	1.20813	1.16443	1.12072	1.07702	1.03332
1.07035	1.03018	0.99001	0.94983	1.25520	1.20979	1.16439	1.11898	1.07357
1.11379	1.07199	1.03018	0.98838	1.32580	1.27784	1.22988	1.18191	1.13395
1.11379	1.07199	1.03018	0.98838	1.32580	1.27784	1.22988	1.18191	1.13395
1.11379	1.07199	1.03018	0.98838	1.32580	1.27784	1.22988	1.18191	1.13395
1.11379	1.07199	1.03018	0.98838	1.32580	1.27784	1.22988	1.18191	1.13395
1.03954	1.00052	0.96150	0.92249	1.23741	1.19265	1.14788	1.10312	1.05836
0.91724	0.88281	0.84839	0.81396	1.09183	1.05234	1.01284	0.97334	0.93384
0.82069	0.78988	0.75908	0.72828	0.97690	0.94156	0.90622	0.87088	0.83554
0.74253	0.71466	0.68679	0.65892	0.88387	0.85189	0.81992	0.78794	0.75597
0.67796	0.65251	0.62707	0.60162	0.80701	0.77781	0.74862	0.71943	0.69023
0.61390	0.59086	0.56782	0.54478	0.73076	0.70432	0.67788	0.65145	0.62501
0.55690	0.53599	0.51509	0.49419	0.66290	0.63892	0.61494	0.59096	0.56698
0.51293	0.49368	0.47443	0.45517	0.61057	0.58848	0.56639	0.54430	0.52222
0.47252	0.45478	0.43705	0.41931	0.56246	0.54211	0.52177	0.50142	0.48107
0.44048	0.42395	0.40742	0.39088	0.52433	0.50536	0.48639	0.46742	0.44846
0.41034	0.39494	0.37954	0.36414	0.48845	0.47078	0.45311	0.43544	0.41777
0.38983	0.37520	0.36056	0.34593	0.46403	0.44724	0.43046	0.41367	0.39688
0.32217	0.31008	0.29799	0.28589	0.38350	0.36962	0.35575	0.34188	0.32800
0.27071	0.26055	0.25039	0.24023	0.32224	0.31059	0.29893	0.28727	0.27561
0.23067	0.22201	0.21335	0.20469	0.27457	0.26464	0.25471	0.24478	0.23484
0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.23675	0.22819	0.21962	0.21106	0.20249
0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080
0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080
0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080
0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080
0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080
0.21501	0.20694	0.19887	0.19080	0.22308	0.21501	0.20694	0.19887	0.19080

	T	S_d51	S_d52	S_d53	S_d54	S_d55	S_d56	S_d57
$0 \leq T \leq T_B$:	0.00	0.85514	0.83039	0.8056	0.78090	0.75615	0.8551	0.83039
	0.05	0.91802	0.89145	0.8560	0.82970	0.80341	0.9383	0.91112
	0.10	0.98090	0.95251	0.9063	0.87851	0.85067	1.0214	0.99186
	0.15	1.04377	1.01357	0.9567	0.92731	0.89793	1.1046	1.07259
	0.17	1.06893	1.03799	1.0071	0.97612	0.94519	1.1877	1.15332
$T_B < T \leq T_C$:	0.20	1.06893	1.03799	1.0071	0.97612	0.94519	1.1877	1.15332
	0.35	1.06893	1.03799	1.0071	0.97612	0.94519	1.1877	1.15332
	0.50	1.06893	1.03799	1.0071	0.97612	0.94519	1.1877	1.15332
	0.60	1.06893	1.03799	1.0071	0.97612	0.94519	1.1877	1.15332
$T_C < T \leq T_D$:	0.65	0.85514	0.83039	0.9296	0.90103	0.87248	1.0963	1.06461
	0.77	0.75454	0.73270	0.7847	0.76061	0.73651	0.9255	0.89869
	0.90	0.67511	0.65557	0.6714	0.65075	0.63012	0.7918	0.76888
	1.02	0.61081	0.59314	0.5924	0.57419	0.55599	0.6986	0.67842
	1.15	0.55770	0.54156	0.5254	0.50928	0.49314	0.6197	0.60173
	1.27	0.50500	0.49039	0.4758	0.46116	0.44654	0.5611	0.54488
	1.40	0.45811	0.44485	0.4316	0.41834	0.40508	0.5090	0.49428
	1.52	0.42194	0.40973	0.3975	0.38531	0.37310	0.4688	0.45526
	1.65	0.38870	0.37745	0.3662	0.35495	0.34370	0.4319	0.41939
	1.77	0.36235	0.35186	0.3414	0.33089	0.32040	0.4026	0.39096
	1.90	0.33756	0.32779	0.3180	0.30825	0.29848	0.3751	0.36421
	2.00	0.32068	0.31140	0.3021	0.29284	0.28356	0.3563	0.34600
$T > T_D$:	2.20	0.26502	0.25735	0.2497	0.24201	0.23434	0.2945	0.28595
	2.40	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2474	0.24028
	2.60	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	2.80	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	3.00	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	4.00	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	5.50	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	7.00	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	8.50	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	10.00	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662

S_d58	S_d59	S_d60	S_d61	S_d62	S_d63	S_d64	S_d65	S_d66
0.80564	0.7809	0.75615	0.85514	0.8304	0.80564	0.78090	0.7561	0.85514
0.88397	0.8568	0.82966	0.97539	0.9472	0.91894	0.89071	0.8625	1.02311
0.96230	0.9327	0.90318	1.09565	1.0639	1.03223	1.00052	0.9688	1.19109
1.04062	1.0087	0.97669	1.21590	1.1807	1.14553	1.11034	1.0751	1.35906
1.11895	1.0846	1.05021	1.33616	1.2975	1.25882	1.22015	1.1815	1.52704
1.11895	1.0846	1.05021	1.33616	1.2975	1.25882	1.22015	1.1815	1.52704
1.11895	1.0846	1.05021	1.33616	1.2975	1.25882	1.22015	1.1815	1.52704
1.11895	1.0846	1.05021	1.33616	1.2975	1.25882	1.22015	1.1815	1.52704
1.11895	1.0846	1.05021	1.33616	1.2975	1.25882	1.22015	1.1815	1.52704
1.03288	1.0011	0.96942	1.23338	1.1977	1.16199	1.12629	1.0906	1.40957
0.87191	0.8451	0.81834	1.04116	1.0110	0.98090	0.95077	0.9206	1.18990
0.74597	0.7231	0.70014	0.89077	0.8650	0.83921	0.81343	0.7877	1.01802
0.65821	0.6380	0.61777	0.78597	0.7632	0.74048	0.71774	0.6950	0.89826
0.58380	0.5659	0.54793	0.69713	0.6770	0.65678	0.63660	0.6164	0.79671
0.52864	0.5124	0.49616	0.63125	0.6130	0.59472	0.57645	0.5582	0.72143
0.47955	0.4648	0.45009	0.57264	0.5561	0.53949	0.52292	0.5063	0.65444
0.44169	0.4281	0.41455	0.52743	0.5122	0.49690	0.48164	0.4664	0.60278
0.40689	0.3944	0.38189	0.48588	0.4718	0.45775	0.44369	0.4296	0.55529
0.37931	0.3677	0.35600	0.45293	0.4398	0.42672	0.41361	0.4005	0.51764
0.35335	0.3425	0.33164	0.42194	0.4097	0.39752	0.38531	0.3731	0.48222
0.33569	0.3254	0.31506	0.40085	0.3892	0.37765	0.36605	0.3544	0.45811
0.27743	0.2689	0.26038	0.33128	0.3217	0.31210	0.30252	0.2929	0.37860
0.23311	0.2260	0.21879	0.27837	0.2703	0.26225	0.25420	0.2461	0.31813
0.21017	0.2037	0.19726	0.23719	0.2303	0.22346	0.21659	0.2097	0.27107
0.21017	0.2037	0.19726	0.22308	0.2166	0.21017	0.20371	0.1973	0.23373
0.21017	0.2037	0.19726	0.22308	0.2166	0.21017	0.20371	0.1973	0.22308
0.21017	0.2037	0.19726	0.22308	0.2166	0.21017	0.20371	0.1973	0.22308
0.21017	0.2037	0.19726	0.22308	0.2166	0.21017	0.20371	0.1973	0.22308
0.21017	0.2037	0.19726	0.22308	0.2166	0.21017	0.20371	0.1973	0.22308
0.21017	0.2037	0.19726	0.22308	0.2166	0.21017	0.20371	0.1973	0.22308

S_d67	S_d68	S_d69	S_d70	S_d71	S_d72	S_d73	S_d74	S_d75
0.83039	0.8056	0.78090	0.75615	0.8551	0.83039	0.80564	0.7809	0.75615
0.99350	0.9639	0.93429	0.90468	1.0867	1.05529	1.02384	0.9924	0.96094
1.15662	1.1221	1.08768	1.05321	1.3183	1.28019	1.24203	1.2039	1.16573
1.31973	1.2804	1.24107	1.20174	1.5499	1.50509	1.46023	1.4154	1.37052
1.48284	1.4387	1.39446	1.35026	1.7815	1.72998	1.67843	1.6269	1.57531
1.48284	1.4387	1.39446	1.35026	1.7815	1.72998	1.67843	1.6269	1.57531
1.48284	1.4387	1.39446	1.35026	1.7815	1.72998	1.67843	1.6269	1.57531
1.48284	1.4387	1.39446	1.35026	1.7815	1.72998	1.67843	1.6269	1.57531
1.48284	1.4387	1.39446	1.35026	1.7815	1.72998	1.67843	1.6269	1.57531
1.36878	1.3280	1.28719	1.24640	1.6445	1.59691	1.54932	1.5017	1.45413
1.15546	1.1210	1.08659	1.05215	1.3882	1.34804	1.30786	1.2677	1.22751
0.98856	0.9591	0.92964	0.90018	1.1877	1.15332	1.11895	1.0846	1.05021
0.87226	0.8463	0.82027	0.79427	1.0480	1.01764	0.98731	0.9570	0.92665
0.77366	0.7506	0.72754	0.70449	0.9295	0.90260	0.87570	0.8488	0.82190
0.70056	0.6797	0.65880	0.63792	0.8417	0.81731	0.79296	0.7686	0.74424
0.63550	0.6166	0.59762	0.57868	0.7635	0.74142	0.71933	0.6972	0.67513
0.58533	0.5679	0.55044	0.53300	0.7032	0.68289	0.66254	0.6422	0.62183
0.53922	0.5231	0.50708	0.49101	0.6478	0.62908	0.61034	0.5916	0.57284
0.50266	0.4877	0.47270	0.45772	0.6039	0.58644	0.56896	0.5515	0.53400
0.46827	0.4543	0.44035	0.42640	0.5626	0.54631	0.53003	0.5137	0.49747
0.44485	0.4316	0.41834	0.40508	0.5345	0.51900	0.50353	0.4881	0.47259
0.36765	0.3567	0.34573	0.33478	0.4417	0.42892	0.41614	0.4034	0.39057
0.30893	0.2997	0.29051	0.28131	0.3712	0.36041	0.34967	0.3389	0.32819
0.26323	0.2554	0.24754	0.23969	0.3163	0.30710	0.29795	0.2888	0.27964
0.22697	0.2202	0.21344	0.20667	0.2727	0.26479	0.25690	0.2490	0.24112
0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2375	0.23066	0.22379	0.2169	0.21004
0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662	0.21017	0.2037	0.19726
0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662	0.21017	0.2037	0.19726
0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662	0.21017	0.2037	0.19726
0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662	0.21017	0.2037	0.19726
0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662	0.21017	0.2037	0.19726

	T	S_d76	S_d77	S_d78	S_d79	S_d80	S_d81	S_d82
$0 \leq T \leq T_B$:	0.00	0.85514	0.83039	0.8056	0.78090	0.75615	0.8551	0.83039
	0.05	0.91802	0.88229	0.8560	0.82970	0.80341	0.9383	0.91112
	0.10	0.98090	0.93419	0.9063	0.87851	0.85067	1.0214	0.99186
	0.15	1.04377	0.98609	0.9567	0.92731	0.89793	1.1046	1.07259
	0.17	1.06893	1.03799	1.0071	0.97612	0.94519	1.1877	1.15332
$T_B < T \leq T_C$:	0.25	1.06893	1.03799	1.0071	0.97612	0.94519	1.1877	1.15332
	0.45	1.06893	1.03799	1.0071	0.97612	0.94519	1.1877	1.15332
	0.60	1.06893	1.03799	1.0071	0.97612	0.94519	1.1877	1.15332
	0.70	1.06893	1.03799	1.0071	0.97612	0.94519	1.1877	1.15332
$T_C < T \leq T_D$:	0.75	0.99766	0.96879	0.9399	0.91105	0.88217	1.1085	1.07643
	0.85	0.88029	0.85482	0.8293	0.80386	0.77839	0.9781	0.94979
	0.95	0.78763	0.76483	0.7420	0.71925	0.69645	0.8751	0.84982
	1.05	0.71262	0.69199	0.6714	0.65075	0.63012	0.7918	0.76888
	1.15	0.65065	0.63182	0.6130	0.59416	0.57533	0.7229	0.70202
	1.27	0.58917	0.57212	0.5551	0.53802	0.52097	0.6546	0.63569
	1.40	0.53446	0.51900	0.5035	0.48806	0.47259	0.5938	0.57666
	1.52	0.49227	0.47802	0.4638	0.44953	0.43528	0.5470	0.53114
	1.65	0.45348	0.44036	0.4272	0.41411	0.40099	0.5039	0.48929
	1.77	0.42274	0.41050	0.3983	0.38604	0.37380	0.4697	0.45612
	1.90	0.39381	0.38242	0.3710	0.35962	0.34823	0.4376	0.42491
	2.00	0.37412	0.36330	0.3525	0.34164	0.33081	0.4157	0.40366
$T > T_D$:	2.20	0.30919	0.30025	0.2913	0.28235	0.27340	0.3435	0.33361
	2.40	0.25981	0.25229	0.2448	0.23725	0.22973	0.2887	0.28032
	2.60	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2460	0.23885
	2.80	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	3.00	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	4.00	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	5.50	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	7.00	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	8.50	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662
	10.00	0.22308	0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662

S_d83	S_d84	S_d85	S_d86	S_d87	S_d88	S_d89	S_d90	S_d91
0.80564	0.7809	0.75615	0.85514	0.8304	0.80564	0.78090	0.7561	0.85514
0.88397	0.8568	0.82966	0.97539	0.9472	0.91894	0.89071	0.8625	1.02311
0.96230	0.9327	0.90318	1.09565	1.0639	1.03223	1.00052	0.9688	1.19109
1.04062	1.0087	0.97669	1.21590	1.1807	1.14553	1.11034	1.0751	1.35906
1.11895	1.0846	1.05021	1.33616	1.2975	1.25882	1.22015	1.1815	1.52704
1.11895	1.0846	1.05021	1.33616	1.2975	1.25882	1.22015	1.1815	1.52704
1.11895	1.0846	1.05021	1.33616	1.2975	1.25882	1.22015	1.1815	1.52704
1.11895	1.0846	1.05021	1.33616	1.2975	1.25882	1.22015	1.1815	1.52704
1.11895	1.0846	1.05021	1.33616	1.2975	1.25882	1.22015	1.1815	1.52704
1.04435	1.0123	0.98019	1.24708	1.2110	1.17490	1.13881	1.1027	1.42523
0.92149	0.8932	0.86488	1.10036	1.0685	1.03667	1.00483	0.9730	1.25756
0.82449	0.7992	0.77384	0.98454	0.9560	0.92755	0.89906	0.8706	1.12518
0.74597	0.7231	0.70014	0.89077	0.8650	0.83921	0.81343	0.7877	1.01802
0.68110	0.6602	0.63926	0.81331	0.7898	0.76624	0.74270	0.7192	0.92950
0.61674	0.5978	0.57885	0.73646	0.7152	0.69384	0.67252	0.6512	0.84167
0.55948	0.5423	0.52510	0.66808	0.6487	0.62941	0.61008	0.5907	0.76352
0.51531	0.4995	0.48365	0.61534	0.5975	0.57972	0.56191	0.5441	0.70324
0.47471	0.4601	0.44554	0.56685	0.5504	0.53404	0.51764	0.5012	0.64783
0.44252	0.4289	0.41534	0.52842	0.5131	0.49784	0.48255	0.4673	0.60391
0.41224	0.3996	0.38692	0.49227	0.4780	0.46378	0.44953	0.4353	0.56259
0.39163	0.3796	0.36757	0.46765	0.4541	0.44059	0.42705	0.4135	0.53446
0.32366	0.3137	0.30378	0.38649	0.3753	0.36412	0.35294	0.3418	0.44170
0.27197	0.2636	0.25526	0.32476	0.3154	0.30596	0.29656	0.2872	0.37115
0.23174	0.2246	0.21750	0.27672	0.2687	0.26070	0.25269	0.2447	0.31625
0.21017	0.2037	0.19726	0.23860	0.2317	0.22479	0.21788	0.2110	0.27268
0.21017	0.2037	0.19726	0.22308	0.2166	0.21017	0.20371	0.1973	0.23754
0.21017	0.2037	0.19726	0.22308	0.2166	0.21017	0.20371	0.1973	0.22308
0.21017	0.2037	0.19726	0.22308	0.2166	0.21017	0.20371	0.1973	0.22308
0.21017	0.2037	0.19726	0.22308	0.2166	0.21017	0.20371	0.1973	0.22308
0.21017	0.2037	0.19726	0.22308	0.2166	0.21017	0.20371	0.1973	0.22308

S_d92	S_d93	S_d94	S_d95	S_d96	S_d97	S_d98	S_d99	S_d100
0.83039	0.8056	0.78090	0.75615	0.8551	0.83039	0.80564	0.7809	0.75615
0.99350	0.9639	0.93429	0.90468	1.0867	1.05529	1.02384	0.9924	0.96094
1.15662	1.1221	1.08768	1.05321	1.3183	1.28019	1.24203	1.2039	1.16573
1.31973	1.2804	1.24107	1.20174	1.5499	1.50509	1.46023	1.4154	1.37052
1.48284	1.4387	1.39446	1.35026	1.7815	1.72998	1.67843	1.6269	1.57531
1.48284	1.4387	1.39446	1.35026	1.7815	1.72998	1.67843	1.6269	1.57531
1.48284	1.4387	1.39446	1.35026	1.7815	1.72998	1.67843	1.6269	1.57531
1.48284	1.4387	1.39446	1.35026	1.7815	1.72998	1.67843	1.6269	1.57531
1.48284	1.4387	1.39446	1.35026	1.7815	1.72998	1.67843	1.6269	1.57531
1.38399	1.3427	1.30149	1.26025	1.6628	1.61465	1.56653	1.5184	1.47029
1.22116	1.1848	1.14838	1.11198	1.4672	1.42469	1.38223	1.3398	1.29731
1.09262	1.0601	1.02749	0.99493	1.3127	1.27472	1.23673	1.1987	1.16075
0.98856	0.9591	0.92964	0.90018	1.1877	1.15332	1.11895	1.0846	1.05021
0.90260	0.8757	0.84880	0.82190	1.0844	1.05303	1.02165	0.9903	0.95888
0.81731	0.7930	0.76860	0.74424	0.9820	0.95353	0.92512	0.8967	0.86828
0.74142	0.7193	0.69723	0.67513	0.8908	0.86499	0.83921	0.8134	0.78765
0.68289	0.6625	0.64218	0.62183	0.8204	0.79670	0.77296	0.7492	0.72547
0.62908	0.6103	0.59159	0.57284	0.7558	0.73393	0.71206	0.6902	0.66831
0.58644	0.5690	0.55148	0.53400	0.7046	0.68417	0.66378	0.6434	0.62300
0.54631	0.5300	0.51375	0.49747	0.6564	0.63736	0.61837	0.5994	0.58038
0.51900	0.5035	0.48806	0.47259	0.6235	0.60549	0.58745	0.5694	0.55136
0.42892	0.4161	0.40336	0.39057	0.5153	0.50041	0.48549	0.4706	0.45567
0.36041	0.3497	0.33893	0.32819	0.4330	0.42048	0.40795	0.3954	0.38289
0.30710	0.2979	0.28879	0.27964	0.3690	0.35828	0.34760	0.3369	0.32625
0.26479	0.2569	0.24901	0.24112	0.3181	0.30893	0.29972	0.2905	0.28131
0.23066	0.2238	0.21692	0.21004	0.2771	0.26911	0.26109	0.2531	0.24505
0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662	0.21017	0.2037	0.19726
0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662	0.21017	0.2037	0.19726
0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662	0.21017	0.2037	0.19726
0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662	0.21017	0.2037	0.19726
0.21662	0.2102	0.20371	0.19726	0.2231	0.21662	0.21017	0.2037	0.19726

4. Bảng trọng số giải mờ của Nhà Văn hóa Mường Lay bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

STT	S^*	T_B^*	T_C^*	a_g^*	q^*	Trọng số S_D^T
1	1	5	2	124	3	3720
2	1	5	2	93	3	2790
3	1	5	2	62	3	1860
4	1	5	2	31	3	930
5	1	5	2	1	3	30
6	1	5	2	124	64	79360
7	1	5	2	93	64	59520
8	1	5	2	62	64	39680
9	1	5	2	31	64	19840
10	1	5	2	1	64	640
11	1	5	2	124	128	158720
12	1	5	2	93	128	119040
13	1	5	2	62	128	79360
14	1	5	2	31	128	39680
15	1	5	2	1	128	1280
16	1	5	2	124	70	86800
17	1	5	2	93	70	65100
18	1	5	2	62	70	43400
19	1	5	2	31	70	21700
20	1	5	2	1	70	700
21	1	5	2	124	3	3720
22	1	5	2	93	3	2790
23	1	5	2	62	3	1860
24	1	5	2	31	3	930
25	1	5	2	1	3	30
26	1	5	1	124	3	1860
27	1	5	1	93	3	1395
28	1	5	1	62	3	930
29	1	5	1	31	3	465
30	1	5	1	1	3	15
31	1	5	1	124	64	39680
32	1	5	1	93	64	29760

STT	S^*	T_B^*	T_C^*	a_g^*	q^*	Trọng số S_D^T
33	1	5	1	62	64	19840
34	1	5	1	31	64	9920
35	1	5	1	1	64	320
36	1	5	1	124	128	79360
37	1	5	1	93	128	59520
38	1	5	1	62	128	39680
39	1	5	1	31	128	19840
40	1	5	1	1	128	640
41	1	5	1	124	70	43400
42	1	5	1	93	70	32550
43	1	5	1	62	70	21700
44	1	5	1	31	70	10850
45	1	5	1	1	70	350
46	1	5	1	124	3	1860
47	1	5	1	93	3	1395
48	1	5	1	62	3	930
49	1	5	1	31	3	465
50	1	5	1	1	3	15
51	1	2	2	124	3	1488
52	1	2	2	93	3	1116
53	1	2	2	62	3	744
54	1	2	2	31	3	372
55	1	2	2	1	3	12
56	1	2	2	124	64	31744
57	1	2	2	93	64	23808
58	1	2	2	62	64	15872
59	1	2	2	31	64	7936
60	1	2	2	1	64	256
61	1	2	2	124	128	63488
62	1	2	2	93	128	47616
63	1	2	2	62	128	31744
64	1	2	2	31	128	15872
65	1	2	2	1	128	512
66	1	2	2	124	70	34720
67	1	2	2	93	70	26040

STT	S^*	T_B^*	T_C^*	a_g^*	q^*	Trọng số S_D^T
68	1	2	2	62	70	17360
69	1	2	2	31	70	8680
70	1	2	2	1	70	280
71	1	2	2	124	3	1488
72	1	2	2	93	3	1116
73	1	2	2	62	3	744
74	1	2	2	31	3	372
75	1	2	2	1	3	12
76	1	2	1	124	3	744
77	1	2	1	93	3	558
78	1	2	1	62	3	372
79	1	2	1	31	3	186
80	1	2	1	1	3	6
81	1	2	1	124	64	15872
82	1	2	1	93	64	11904
83	1	2	1	62	64	7936
84	1	2	1	31	64	3968
85	1	2	1	1	64	128
86	1	2	1	124	128	31744
87	1	2	1	93	128	23808
88	1	2	1	62	128	15872
89	1	2	1	31	128	7936
90	1	2	1	1	128	256
91	1	2	1	124	70	17360
92	1	2	1	93	70	13020
93	1	2	1	62	70	8680
94	1	2	1	31	70	4340
95	1	2	1	1	70	140
96	1	2	1	124	3	744
97	1	2	1	93	3	558
98	1	2	1	62	3	372
99	1	2	1	31	3	186
100	1	2	1	1	3	6
						1,750,308

5. Số liệu text đoạn các hàm phổ nhập vào phần mềm tính toán Etab V18 của công trình Nhà Văn hóa Mường Lay

\$ FUNCTIONS

```
FUNCTION "D_MMC" FUNCTYPE "SPECTRUM" DAMPRATIO 0.05 FILE
"E:\D_MMC.txt" DATATYPE "T&V"
FUNCTION "D_TCVN" FUNCTYPE "SPECTRUM" DAMPRATIO 0.05 FILE
"E:\D_TCVN.txt" DATATYPE "T&V"
FUNCTION "D1" FUNCTYPE "SPECTRUM" DAMPRATIO 0.05 FILE
"E:\D(1).txt" DATATYPE "T&V"
FUNCTION "D2" FUNCTYPE "SPECTRUM" DAMPRATIO 0.05 FILE
"E:\D(2).txt" DATATYPE "T&V"
FUNCTION "D3" FUNCTYPE "SPECTRUM" DAMPRATIO 0.05 FILE
"E:\D(3).txt" DATATYPE "T&V"
FUNCTION "D4" FUNCTYPE "SPECTRUM" DAMPRATIO 0.05 FILE
"E:\D(4).txt" DATATYPE "T&V"
FUNCTION "D5" FUNCTYPE "SPECTRUM" DAMPRATIO 0.05 FILE
"E:\D(5).txt" DATATYPE "T&V"
```

```
.....
.....
FUNCTION "D96" FUNCTYPE "SPECTRUM" DAMPRATIO 0.05 FILE
"E:\D(96).txt" DATATYPE "T&V"
FUNCTION "D97" FUNCTYPE "SPECTRUM" DAMPRATIO 0.05 FILE
"E:\D(97).txt" DATATYPE "T&V"
FUNCTION "D98" FUNCTYPE "SPECTRUM" DAMPRATIO 0.05 FILE
"E:\D(98).txt" DATATYPE "T&V"
FUNCTION "D99" FUNCTYPE "SPECTRUM" DAMPRATIO 0.05 FILE
"E:\D(99).txt" DATATYPE "T&V"
FUNCTION "D100" FUNCTYPE "SPECTRUM" DAMPRATIO 0.05 FILE
"E:\D(100).txt" DATATYPE "T&V"
```

\$ LOAD COMBINATIONS

```
COMBO "DDX" TYPE "Linear Add" NOTES "DX1"
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-1" SF 3720
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-2" SF 2790
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-3" SF 1860
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-4" SF 930
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-5" SF 30
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-6" SF 79360
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-7" SF 59520
```

COMBO "DDX" LOADCASE "DX-8" SF 39680
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-9" SF 19840
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-10" SF 640
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-11" SF 158720
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-12" SF 119040
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-13" SF 79360
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-14" SF 39680
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-15" SF 1280
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-16" SF 86800
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-17" SF 65100
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-18" SF 43400
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-19" SF 21700
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-20" SF 700
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-21" SF 3720
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-22" SF 2790
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-23" SF 1860
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-24" SF 930
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-25" SF 30
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-26" SF 1860
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-27" SF 1395
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-28" SF 930
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-29" SF 465
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-30" SF 15
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-31" SF 39680
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-32" SF 29760
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-33" SF 19840
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-34" SF 9920
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-35" SF 320
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-36" SF 79360
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-37" SF 59520
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-38" SF 39680
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-39" SF 19840
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-40" SF 640
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-41" SF 43400
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-42" SF 32550
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-43" SF 21700
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-44" SF 10850
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-45" SF 350
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-46" SF 1860
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-47" SF 1395

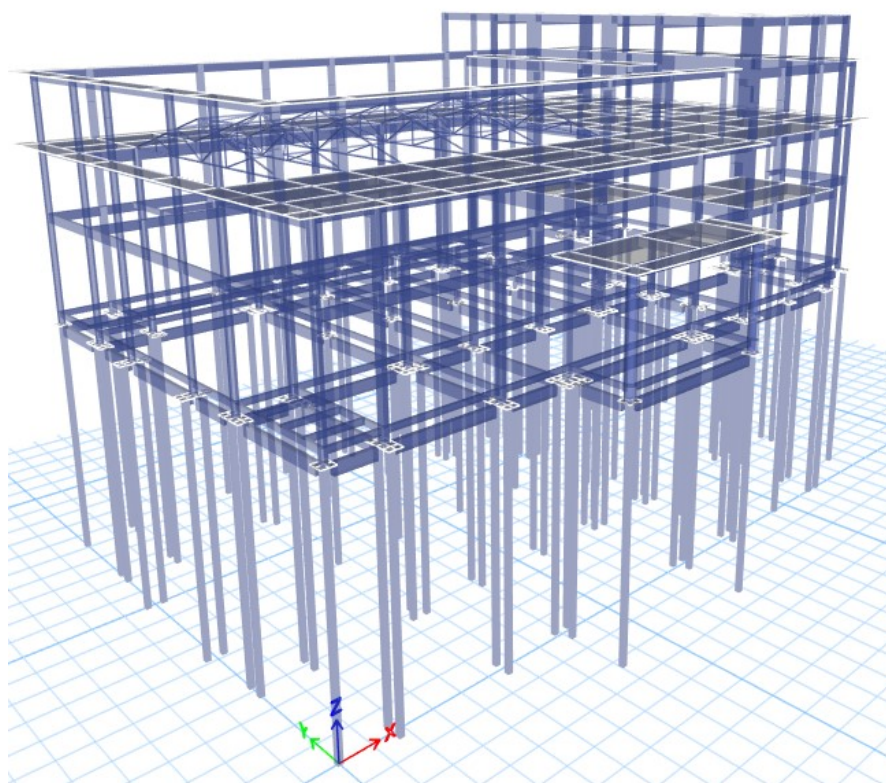
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-48" SF 930
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-49" SF 465
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-50" SF 15
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-51" SF 1488
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-52" SF 1116
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-53" SF 744
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-54" SF 372
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-55" SF 12
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-56" SF 31744
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-57" SF 23808
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-58" SF 15872
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-59" SF 7936
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-60" SF 256
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-61" SF 63488
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-62" SF 47616
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-63" SF 31744
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-64" SF 15872
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-65" SF 512
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-66" SF 34720
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-67" SF 26040
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-68" SF 17360
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-69" SF 8680
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-70" SF 280
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-71" SF 1488
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-72" SF 1116
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-73" SF 744
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-74" SF 372
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-75" SF 12
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-76" SF 744
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-77" SF 558
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-78" SF 372
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-79" SF 186
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-80" SF 6
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-81" SF 15872
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-82" SF 11904
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-83" SF 7936
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-84" SF 3968
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-85" SF 128
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-86" SF 31744
COMBO "DDX" LOADCASE "DX-87" SF 23808

COMBO "DDX" LOADCASE "DX-88" SF 15872
 COMBO "DDX" LOADCASE "DX-89" SF 7936
 COMBO "DDX" LOADCASE "DX-90" SF 256
 COMBO "DDX" LOADCASE "DX-91" SF 17360
 COMBO "DDX" LOADCASE "DX-92" SF 13020
 COMBO "DDX" LOADCASE "DX-93" SF 8680
 COMBO "DDX" LOADCASE "DX-94" SF 4340
 COMBO "DDX" LOADCASE "DX-95" SF 140
 COMBO "DDX" LOADCASE "DX-96" SF 744
 COMBO "DDX" LOADCASE "DX-97" SF 558
 COMBO "DDX" LOADCASE "DX-98" SF 372
 COMBO "DDX" LOADCASE "DX-99" SF 186
 COMBO "DDX" LOADCASE "DX-100" SF 6
 COMBO "DDXX" TYPE "Linear Add"
 COMBO "DDXX" LOADCOMBO "DDX" SF 5.713E-07
 COMBO "DDY" TYPE "Linear Add" NOTES "DX28"
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-1" SF 3720
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-2" SF 2790
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-3" SF 1860
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-4" SF 930
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-5" SF 30
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-6" SF 79360
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-7" SF 59520
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-8" SF 39680
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-9" SF 19840
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-10" SF 640
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-11" SF 158720
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-12" SF 119040
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-13" SF 79360
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-14" SF 39680
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-15" SF 1280
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-16" SF 86800
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-17" SF 65100
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-18" SF 43400
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-19" SF 21700
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-20" SF 700
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-21" SF 3720
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-22" SF 2790
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-23" SF 1860
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-24" SF 930

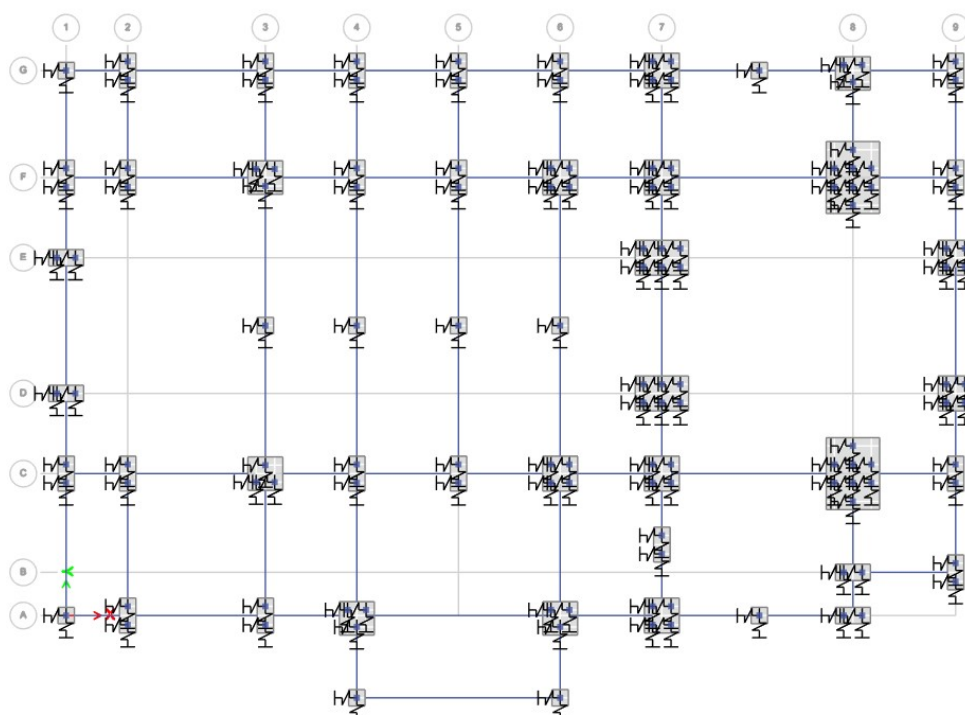
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-25" SF 30
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-26" SF 1860
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-27" SF 1395
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-28" SF 930
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-29" SF 465
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-30" SF 15
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-31" SF 39680
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-32" SF 29760
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-33" SF 19840
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-34" SF 9920
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-35" SF 320
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-36" SF 79360
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-37" SF 59520
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-38" SF 39680
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-39" SF 19840
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-40" SF 640
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-41" SF 43400
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-42" SF 32550
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-43" SF 21700
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-44" SF 10850
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-45" SF 350
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-46" SF 1860
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-47" SF 1395
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-48" SF 930
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-49" SF 465
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-50" SF 15
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-51" SF 1488
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-52" SF 1116
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-53" SF 744
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-54" SF 372
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-55" SF 12
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-56" SF 31744
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-57" SF 23808
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-58" SF 15872
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-59" SF 7936
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-60" SF 256
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-61" SF 63488
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-62" SF 47616
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-63" SF 31744
COMBO "DDY" LOADCASE "DY-64" SF 15872

COMBO "DDY" LOADCASE "DY-65" SF 512
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-66" SF 34720
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-67" SF 26040
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-68" SF 17360
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-69" SF 8680
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-70" SF 280
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-71" SF 1488
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-72" SF 1116
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-73" SF 744
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-74" SF 372
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-75" SF 12
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-76" SF 744
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-77" SF 558
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-78" SF 372
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-79" SF 186
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-80" SF 6
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-81" SF 15872
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-82" SF 11904
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-83" SF 7936
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-84" SF 3968
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-85" SF 128
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-86" SF 31744
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-87" SF 23808
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-88" SF 15872
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-89" SF 7936
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-90" SF 256
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-91" SF 17360
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-92" SF 13020
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-93" SF 8680
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-94" SF 4340
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-95" SF 140
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-96" SF 744
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-97" SF 558
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-98" SF 372
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-99" SF 186
 COMBO "DDY" LOADCASE "DY-100" SF 6
 COMBO "DDYY" TYPE "Linear Add"
 COMBO "DDYY" LOADCOMBO "DDY" SF 5.713E-07

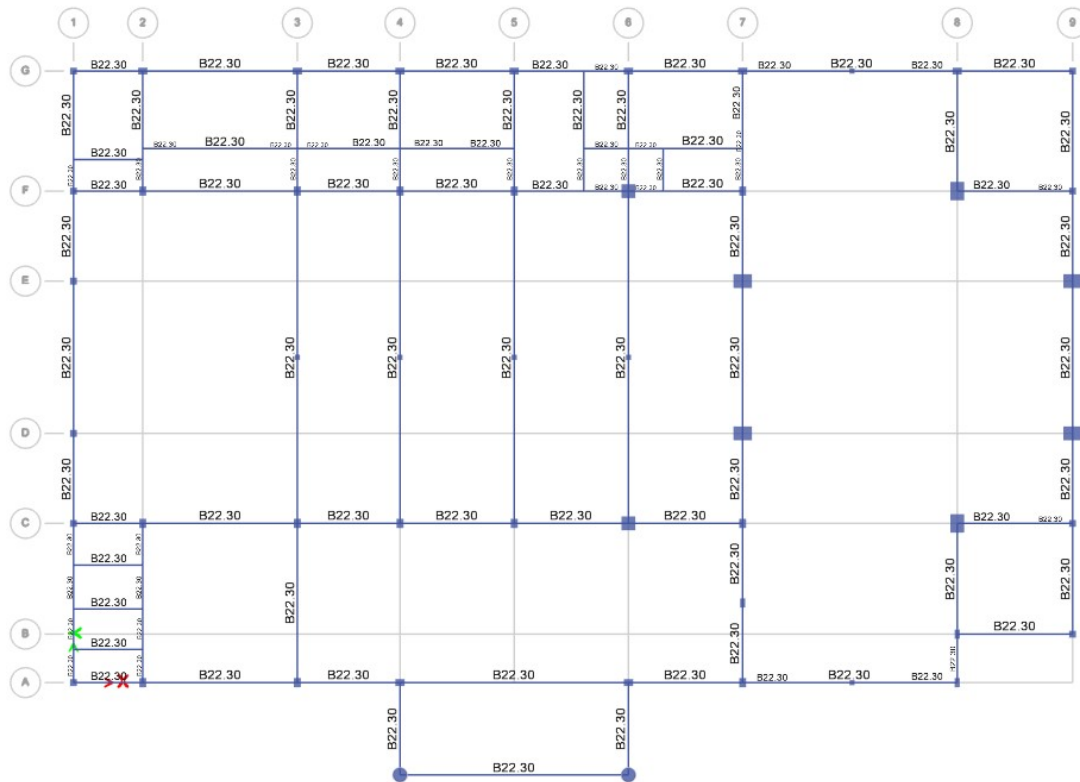
6. Mô hình 3D kết cấu công trình Nhà Văn hóa Mường Lay – Điện Biên:



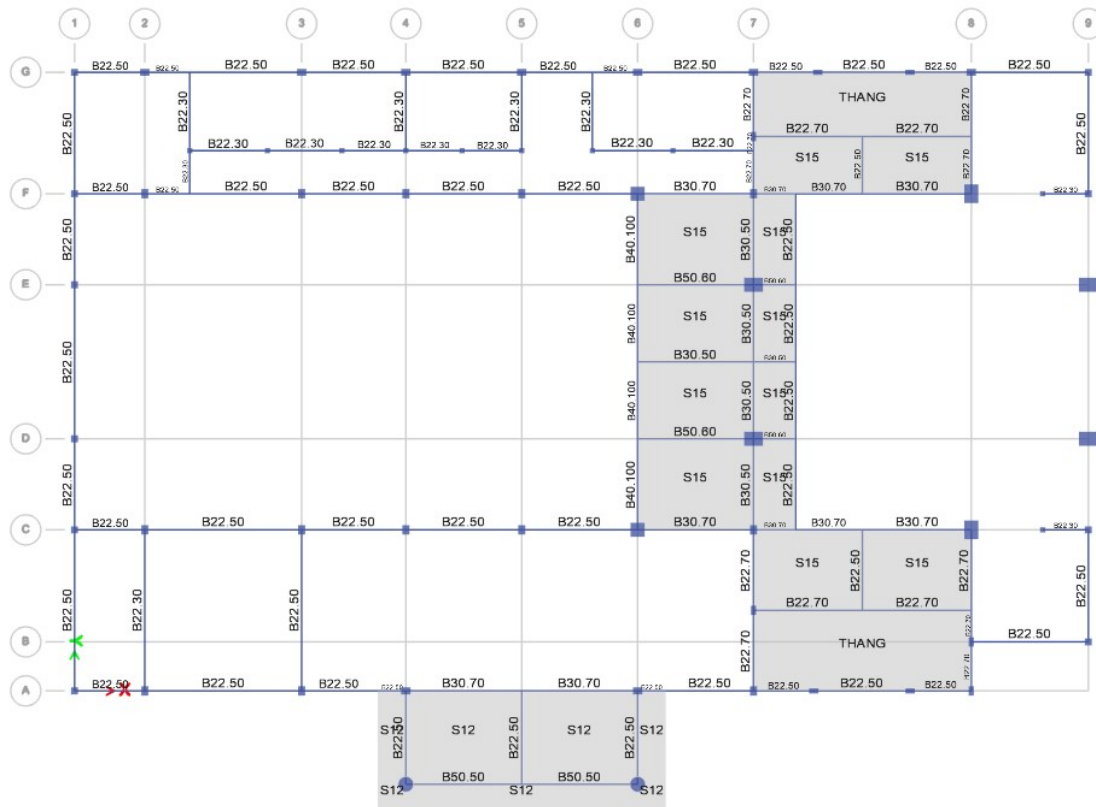
Mặt bằng kết cấu móng và mô hình cọc BTCT:



Mặt bằng kết cấu tầng 1 và kích thước tiết diện cấu kiện:



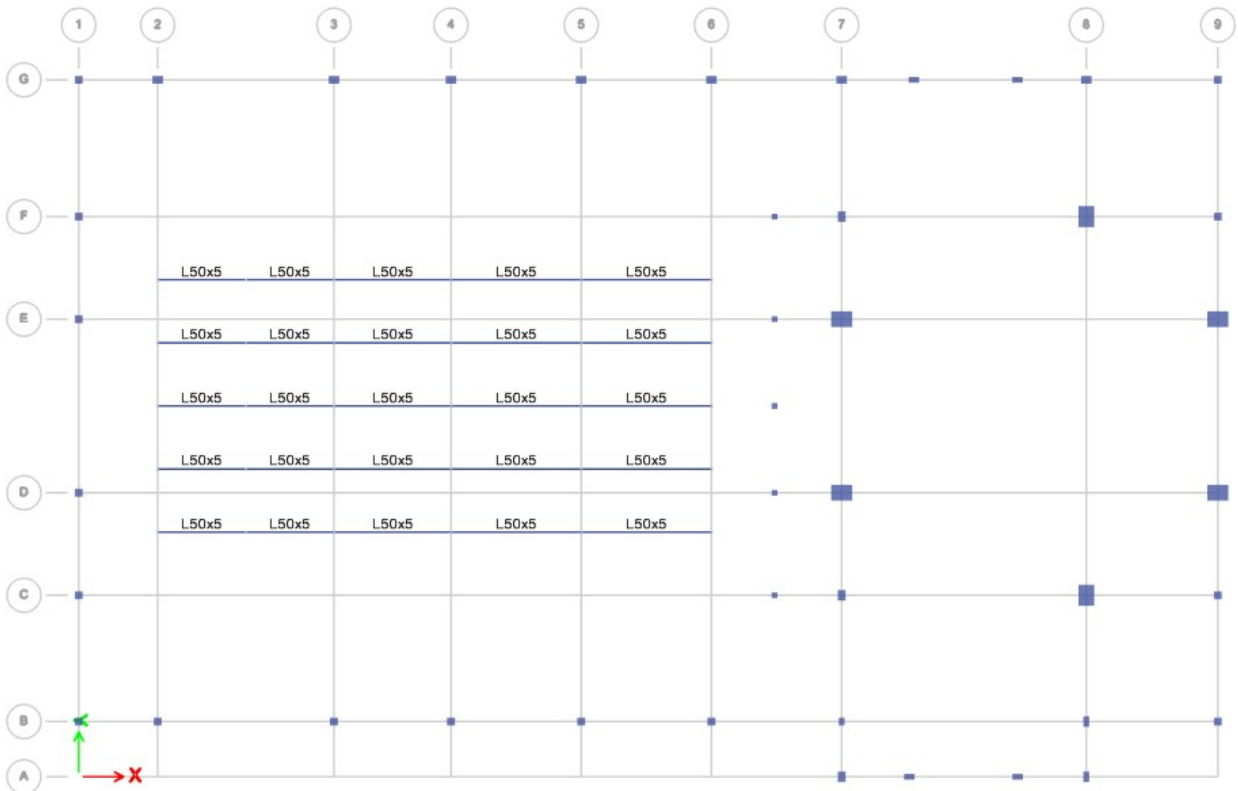
Mặt bằng kết cấu tầng 2 và kích thước tiết diện cấu kiện:



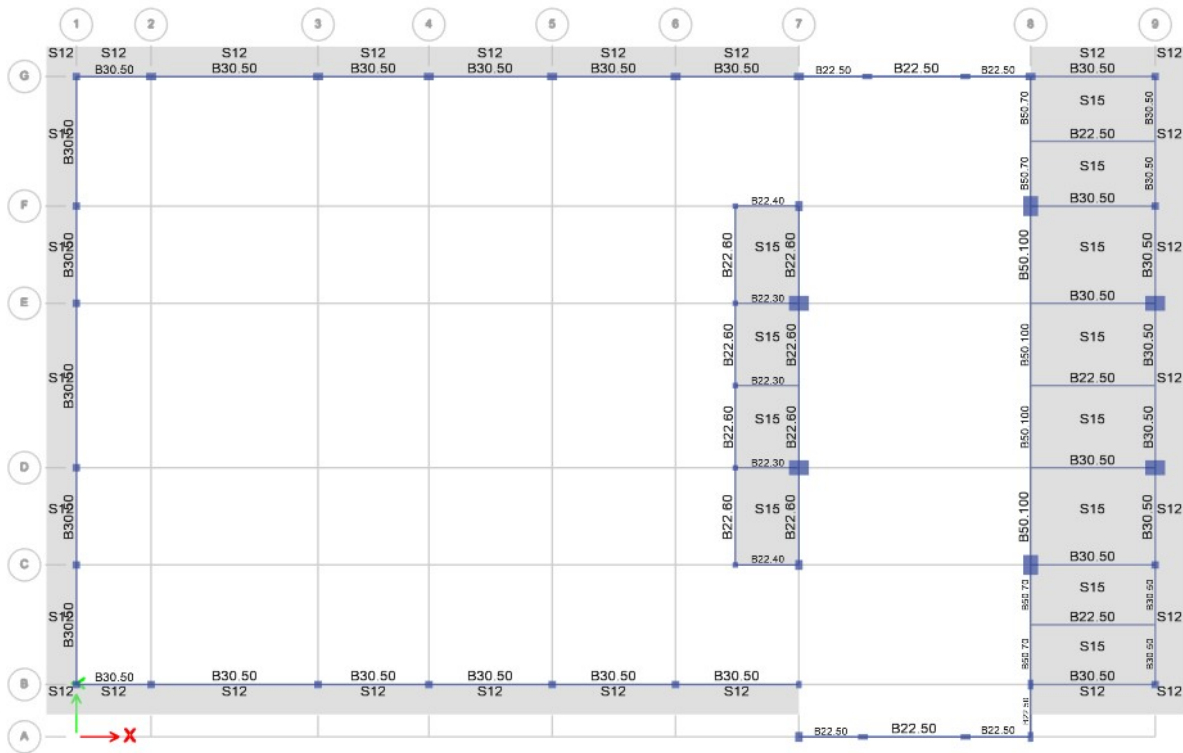
Mặt bằng kết cấu tầng 3 và kích thước tiết diện cấu kiện:



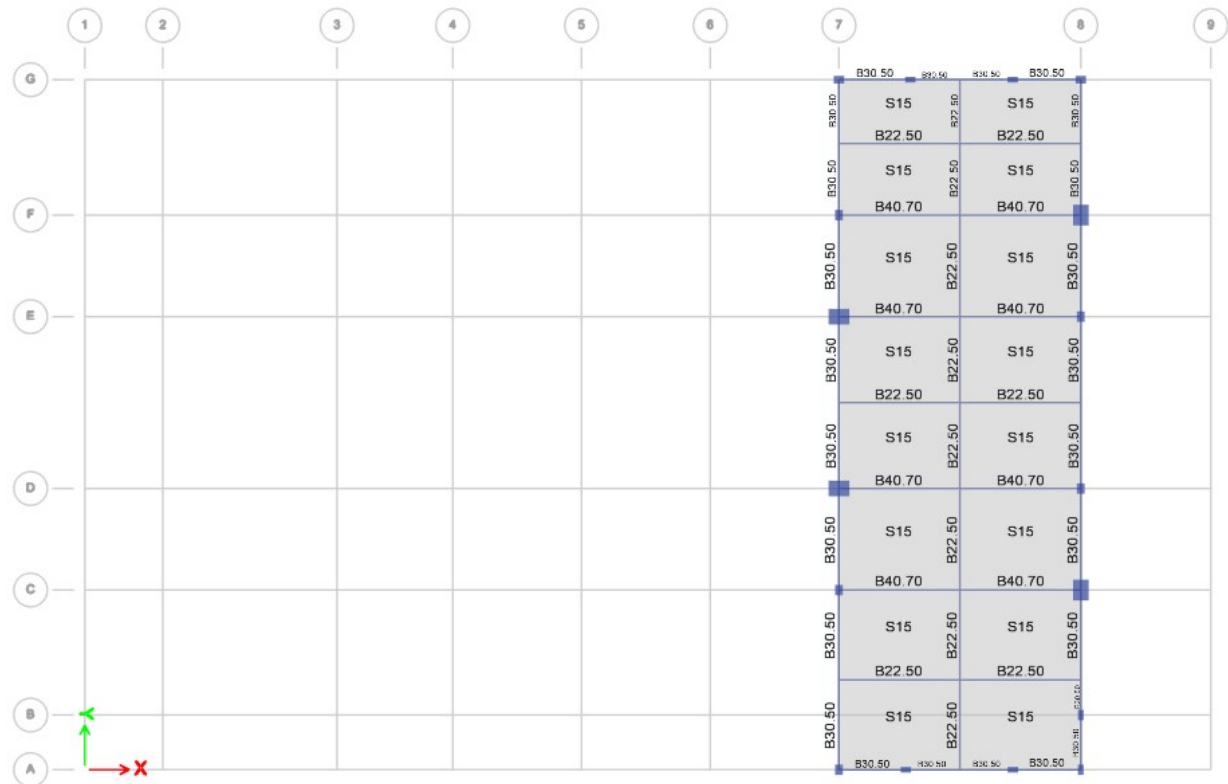
Mặt bằng kết cấu mái 1 thanh chống dọc dàn mái và kích thước tiết diện cấu kiện:



Mặt bằng kết cấu mái 2 phần mái BTCT và kích thước tiết diện cấu kiện:



Mặt bằng kết cấu mái 3 phần mái BTCT 2 và kích thước tiết diện cấu kiện:



PHỤ LỤC 2
SỐ LIỆU TRƯỜNG HỢP TÍNH TOÁN ĐƯA VÀO KHẢO SÁT CÔNG TRÌNH
CT1 TẠI GIA LÂM – HÀ NỘI

1. Bảng số liệu tính phổ thiết kế từng trường hợp khả dĩ của công trình CT1
Gia Lâm – Hà Nội bằng phương pháp Monte – Carlo cải tiến:

STT	S	T_B	T_C	a_g	q
1	1.35	0.20	0.80	1.3587	3.28
2	1.35	0.20	0.80	1.2480	3.28
3	1.35	0.20	0.80	1.1373	3.28
4	1.35	0.20	0.80	1.0267	3.28
5	1.35	0.20	0.80	0.9160	3.28
6	1.35	0.20	0.80	1.3587	2.98
7	1.35	0.20	0.80	1.2480	2.98
8	1.35	0.20	0.80	1.1373	2.98
9	1.35	0.20	0.80	1.0267	2.98
10	1.35	0.20	0.80	0.9160	2.98
11	1.35	0.20	0.80	1.3587	2.65
12	1.35	0.20	0.80	1.2480	2.65
13	1.35	0.20	0.80	1.1373	2.65
14	1.35	0.20	0.80	1.0267	2.65
15	1.35	0.20	0.80	0.9160	2.65
16	1.35	0.20	0.80	1.3587	2.33
17	1.35	0.20	0.80	1.2480	2.33
18	1.35	0.20	0.80	1.1373	2.33
19	1.35	0.20	0.80	1.0267	2.33
20	1.35	0.20	0.80	0.9160	2.33
21	1.35	0.20	0.80	1.3587	2.02
22	1.35	0.20	0.80	1.2480	2.02
23	1.35	0.20	0.80	1.1373	2.02
24	1.35	0.20	0.80	1.0267	2.02
25	1.35	0.20	0.80	0.9160	2.02
26	1.35	0.20	0.70	1.3587	3.28
27	1.35	0.20	0.70	1.2480	3.28
28	1.35	0.20	0.70	1.1373	3.28
29	1.35	0.20	0.70	1.0267	3.28
30	1.35	0.20	0.70	0.9160	3.28
31	1.35	0.20	0.70	1.3587	2.98

STT	S	T_B	T_C	a_g	q
32	1.35	0.20	0.70	1.2480	2.98
33	1.35	0.20	0.70	1.1373	2.98
34	1.35	0.20	0.70	1.0267	2.98
35	1.35	0.20	0.70	0.9160	2.98
36	1.35	0.20	0.70	1.3587	2.65
37	1.35	0.20	0.70	1.2480	2.65
38	1.35	0.20	0.70	1.1373	2.65
39	1.35	0.20	0.70	1.0267	2.65
40	1.35	0.20	0.70	0.9160	2.65
41	1.35	0.20	0.70	1.3587	2.33
42	1.35	0.20	0.70	1.2480	2.33
43	1.35	0.20	0.70	1.1373	2.33
44	1.35	0.20	0.70	1.0267	2.33
45	1.35	0.20	0.70	0.9160	2.33
46	1.35	0.20	0.70	1.3587	2.02
47	1.35	0.20	0.70	1.2480	2.02
48	1.35	0.20	0.70	1.1373	2.02
49	1.35	0.20	0.70	1.0267	2.02
50	1.35	0.20	0.70	0.9160	2.02
51	1.25	0.20	0.80	1.3587	3.28
52	1.25	0.20	0.80	1.2480	3.28
53	1.25	0.20	0.80	1.1373	3.28
54	1.25	0.20	0.80	1.0267	3.28
55	1.25	0.20	0.80	0.9160	3.28
56	1.25	0.20	0.80	1.3587	2.98
57	1.25	0.20	0.80	1.2480	2.98
58	1.25	0.20	0.80	1.1373	2.98
59	1.25	0.20	0.80	1.0267	2.98
60	1.25	0.20	0.80	0.9160	2.98
61	1.25	0.20	0.80	1.3587	2.65
62	1.25	0.20	0.80	1.2480	2.65
63	1.25	0.20	0.80	1.1373	2.65
64	1.25	0.20	0.80	1.0267	2.65
65	1.25	0.20	0.80	0.9160	2.65
66	1.25	0.20	0.80	1.3587	2.33

STT	S	T_B	T_C	a_g	q
67	1.25	0.20	0.80	1.2480	2.33
68	1.25	0.20	0.80	1.1373	2.33
69	1.25	0.20	0.80	1.0267	2.33
70	1.25	0.20	0.80	0.9160	2.33
71	1.25	0.20	0.80	1.3587	2.02
72	1.25	0.20	0.80	1.2480	2.02
73	1.25	0.20	0.80	1.1373	2.02
74	1.25	0.20	0.80	1.0267	2.02
75	1.25	0.20	0.80	0.9160	2.02
76	1.25	0.20	0.70	1.3587	3.28
77	1.25	0.20	0.70	1.2480	3.28
78	1.25	0.20	0.70	1.1373	3.28
79	1.25	0.20	0.70	1.0267	3.28
80	1.25	0.20	0.70	0.9160	3.28
81	1.25	0.20	0.70	1.3587	2.98
82	1.25	0.20	0.70	1.2480	2.98
83	1.25	0.20	0.70	1.1373	2.98
84	1.25	0.20	0.70	1.0267	2.98
85	1.25	0.20	0.70	0.9160	2.98
86	1.25	0.20	0.70	1.3587	2.65
87	1.25	0.20	0.70	1.2480	2.65
88	1.25	0.20	0.70	1.1373	2.65
89	1.25	0.20	0.70	1.0267	2.65
90	1.25	0.20	0.70	0.9160	2.65
91	1.25	0.20	0.70	1.3587	2.33
92	1.25	0.20	0.70	1.2480	2.33
93	1.25	0.20	0.70	1.1373	2.33
94	1.25	0.20	0.70	1.0267	2.33
95	1.25	0.20	0.70	0.9160	2.33
96	1.25	0.20	0.70	1.3587	2.02
97	1.25	0.20	0.70	1.2480	2.02
98	1.25	0.20	0.70	1.1373	2.02
99	1.25	0.20	0.70	1.0267	2.02
100	1.25	0.20	0.70	0.9160	2.02

2. Tính phổ thiết kế theo phương pháp truyền thống của công trình CT1 Gia Lâm, Hà Nội

TÍNH PHỔ PHẢN ỨNG ĐÀN HỒI
(Theo TCVN 9386-2012)

I. Đặc điểm công trình.

- Địa điểm xây dựng:	Tỉnh, thành :	Hà Nội
	Quận, huyện:	Huyện Gia Lâm
	Loại nền đất:	D
- Hệ số tầm quan trọng:	$\gamma_I =$	1.25
- Đặc điểm kết cấu:	Cấp dèo :	DCM
	Loại kết cấu :	Hệ tường
	$k_w =$	0.8452
	Đều đặn theo mặt đứng	Yes

**** Các thông số dẫn xuất:***

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ghi chú [5]
- Gia tốc nền quy đổi	a_{gR}	0.0769	g	Bảng tra Phụ lục H
- Gia tốc nền	a_{gR}	0.7544	m/s ²	chuyển đơn vị
- Gia tốc nền thiết kế phương ngang	a_g	0.9430	m/s ²	$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$
- Thông số xác định phổ phương ngang	S	1.35		Bảng 3.2
	T_B	0.20	s	
	T_C	0.80	s	
	T_D	2.00	s	
- Hệ số ứng xử phương ngang	q	2.789		Theo mục 5.2.2.2
- Hệ số xác định cận dưới	β	0.2		Theo mục 3.2.2.5

II. Phổ thiết kế dùng cho phân tích đàn hồi.

+ Đối với các thành phần nằm ngang của tác động động đất, phổ thiết kế $S_d(T)$ được xác định bằng các biểu thức sau:

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (3.13)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad (3.14)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C}{T} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.15)$$

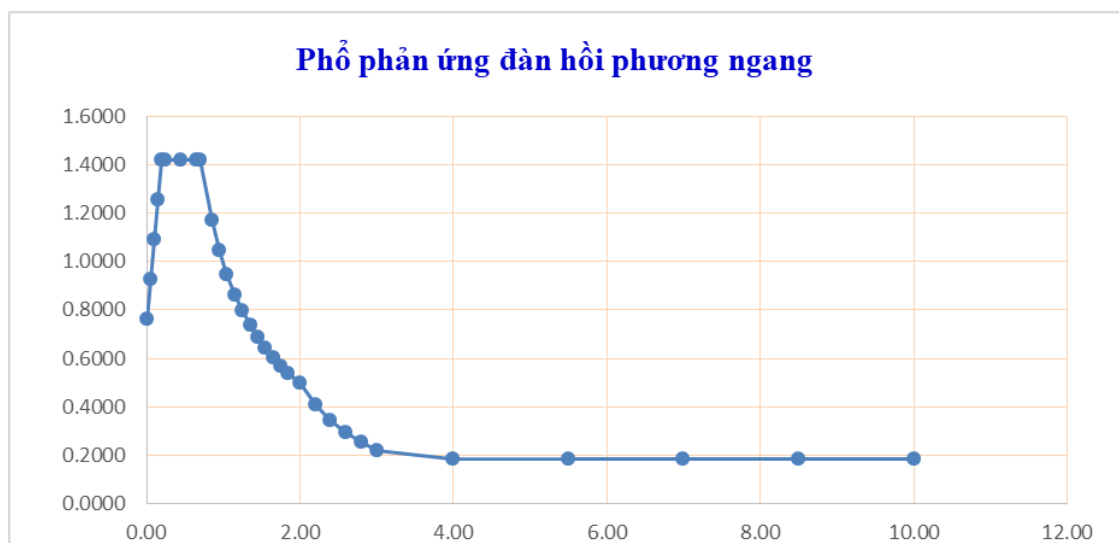
$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases} \quad (3.16)$$

a_g, S, T_B, T_C và T_D - như đã định nghĩa trong 3.2.2.2 [5]
 $S_{d(T)}$ - phổ thiết kế
 q - hệ số ứng xử
 $\beta = 0.2$ - hệ số ứng với cận dưới của phổ thiết kế theo phương ngang

+ Phổ phản ứng thiết kế theo phương ngang

	T	S _d
$0 \leq T \leq T_B$:	0.00	0.8487
	0.05	0.9218
	0.10	0.9949
	0.15	1.0680
	0.20	1.1411
$T_B < T \leq T_C$:	0.25	1.1411
	0.45	1.1411
	0.65	1.1411
	0.80	1.1411
$T_C < T \leq T_D$:	0.85	1.0740
	0.95	0.9609
	1.05	0.8694
	1.15	0.7938
	1.25	0.7303
	1.35	0.6762
	1.45	0.6296
	1.55	0.5890

	T	S _d
	1.65	0.5533
	1.75	0.5217
	1.85	0.4935
	2.00	0.4564
T > T_D:	2.20	0.3772
	2.40	0.3170
	2.60	0.2701
	2.80	0.2329
	3.00	0.2029
	4.00	0.1886
	5.50	0.1886
	7.00	0.1886
	8.50	0.1886
	10.00	0.1886



3. Bảng trọng số giải mờ của công trình CT1 Gia Lâm – Hà Nội

STT	S^*	T_B^*	T_C^*	a_g^*	q^*	Trọng số S_D^T
1	4	1	5	1	5	100
2	4	1	5	13	5	1300
3	4	1	5	25	5	2500
4	4	1	5	37	5	3700
5	4	1	5	1	5	100
6	4	1	5	1	98	1960
7	4	1	5	13	98	25480
8	4	1	5	25	98	49000
9	4	1	5	37	98	72520
10	4	1	5	1	98	1960
11	4	1	5	1	127	2540
12	4	1	5	13	127	33020
13	4	1	5	25	127	63500
14	4	1	5	37	127	93980
15	4	1	5	1	127	2540
16	4	1	5	1	63	1260
17	4	1	5	13	63	16380
18	4	1	5	25	63	31500
19	4	1	5	37	63	46620
20	4	1	5	1	63	1260
21	4	1	5	1	3	60
22	4	1	5	13	3	780
23	4	1	5	25	3	1500
24	4	1	5	37	3	2220
25	4	1	5	1	3	60
26	4	1	3	1	5	60
27	4	1	3	13	5	780
28	4	1	3	25	5	1500
29	4	1	3	37	5	2220
30	4	1	3	1	5	60
31	4	1	3	1	98	1176
32	4	1	3	13	98	15288
33	4	1	3	25	98	29400

STT	S^*	T_B^*	T_C^*	a_g^*	q^*	Trọng số S_D^T
34	4	1	3	37	98	43512
35	4	1	3	1	98	1176
36	4	1	3	1	127	1524
37	4	1	3	13	127	19812
38	4	1	3	25	127	38100
39	4	1	3	37	127	56388
40	4	1	3	1	127	1524
41	4	1	3	1	63	756
42	4	1	3	13	63	9828
43	4	1	3	25	63	18900
44	4	1	3	37	63	27972
45	4	1	3	1	63	756
46	4	1	3	1	3	36
47	4	1	3	13	3	468
48	4	1	3	25	3	900
49	4	1	3	37	3	1332
50	4	1	3	1	3	36
51	2	1	5	1	5	50
52	2	1	5	13	5	650
53	2	1	5	25	5	1250
54	2	1	5	37	5	1850
55	2	1	5	1	5	50
56	2	1	5	1	98	980
57	2	1	5	13	98	12740
58	2	1	5	25	98	24500
59	2	1	5	37	98	36260
60	2	1	5	1	98	980
61	2	1	5	1	127	1270
62	2	1	5	13	127	16510
63	2	1	5	25	127	31750
64	2	1	5	37	127	46990
65	2	1	5	1	127	1270
66	2	1	5	1	63	630
67	2	1	5	13	63	8190
68	2	1	5	25	63	15750

STT	S^*	T_B^*	T_C^*	a_g^*	q^*	Trọng số S_D^T
69	2	1	5	37	63	23310
70	2	1	5	1	63	630
71	2	1	5	1	3	30
72	2	1	5	13	3	390
73	2	1	5	25	3	750
74	2	1	5	37	3	1110
75	2	1	5	1	3	30
76	2	1	3	1	5	30
77	2	1	3	13	5	390
78	2	1	3	25	5	750
79	2	1	3	37	5	1110
80	2	1	3	1	5	30
81	2	1	3	1	98	588
82	2	1	3	13	98	7644
83	2	1	3	25	98	14700
84	2	1	3	37	98	21756
85	2	1	3	1	98	588
86	2	1	3	1	127	762
87	2	1	3	13	127	9906
88	2	1	3	25	127	19050
89	2	1	3	37	127	28194
90	2	1	3	1	127	762
91	2	1	3	1	63	378
92	2	1	3	13	63	4914
93	2	1	3	25	63	9450
94	2	1	3	37	63	13986
95	2	1	3	1	63	378
96	2	1	3	1	3	18
97	2	1	3	13	3	234
98	2	1	3	25	3	450
99	2	1	3	37	3	666
100	2	1	3	1	3	18
						1,094,016