

ẢNH HƯỞNG CỦA THAM SỐ ĐẾN ĐỘ TIN CẬY PHẦN TỬ CỦA KHUNG BÊ TÔNG CỐT THÉP

ThS. PHẠM ĐỨC CƯỜNG

Trường Cao đẳng Xây dựng Nam Định

Tóm tắt: *Thực chất các tham số đặc trưng cho tính chất vật liệu, kích thước hình học, tải trọng,... tác động vào kết cấu công trình và kết cấu bê tông cốt thép là các đại lượng ngẫu nhiên phụ thuộc vào yếu tố khách quan (môi trường, khí hậu, công nghệ,...) và phụ thuộc chủ quan về hiểu biết và nhận thức của con người. Hiện nay, tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép của nhiều nước chỉ sử dụng giá trị trung bình của các tham số đó và thay cho độ sai lệch của chúng bằng các hệ số an toàn. Trong bài báo này, tác giả trình bày sự ảnh hưởng độ lệch của mỗi tham số về cường độ vật liệu (R_{bn} , R_{sn}), kích thước của tiết diện (b , h , A_s) và hiệu ứng của tải trọng (M , N) đến độ tin cậy phần tử của kết cấu khung bê tông cốt thép. Từ đó rút ra một số nhận xét.*

Từ khóa: Ảnh hưởng, tham số, độ tin cậy phần tử

1. Đặt vấn đề

Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) theo phương pháp trạng thái giới hạn đang được sử dụng phổ biến trên thế giới và Việt Nam. Ngoài ra, một số nước phát triển như Mỹ, Nga, Trung Quốc,... đã xây dựng tiêu chuẩn độ tin cậy của kết cấu công trình [1], [3], [5].

Ở Việt Nam, từ những năm đầu của thế kỷ XXI, lý thuyết độ tin cậy (ĐTC) và tuổi thọ công trình đã được đưa vào giảng dạy ở bậc sau đại học của nhiều trường đại học như: Đại học Xây dựng, đại học Giao thông Vận tải, đại học Kiến trúc, đại học Thủy lợi,... Năm 2000, Bộ Xây dựng đã cho phép các cơ quan chức năng và Viện Khoa học công nghệ xây dựng nghiên cứu chuyển dịch và biên soạn hướng dẫn sử dụng tiêu chuẩn quốc tế "ISO 2394 – 1998" và năm 2006, Bộ Xây dựng đã ban hành "TCVN 26-03 – Các nguyên tắc chung về ĐTC của kết cấu Xây dựng". Cho đến nay, nước ta đã có khá nhiều luận án tiến sĩ và đề tài khoa học nghiên cứu đề xuất một số phương pháp đánh giá ĐTC của cấu kiện hoặc một loại hình kết cấu công trình theo những cách tiếp cận khác nhau.

Trong những năm gần đây, việc nghiên cứu thiết kế kết cấu công trình theo ĐTC ngày càng được

ngày càng nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước quan tâm bởi vì, theo cách này sẽ phản ánh đầy đủ hơn bản chất làm việc thực của kết cấu so với các phương pháp tiên định (trạng thái giới hạn, ứng suất cho phép, nội lực phá hoại,...). Đặc điểm nổi trội nhất của phương pháp thiết kế kết cấu theo ĐTC là mỗi tham số (X_i) được coi là một đại lượng ngẫu nhiên [3] với hai giá trị đặc trưng là kỳ vọng (μ_{X_i}) và độ lệch chuẩn (σ_{X_i}), trong đó, độ lệch chuẩn của các tham số có tác động đáng kể đến kết quả tính. Do vậy, trong bài báo này, tác giả trình bày "một phương pháp khảo sát ảnh hưởng độ lệch của tham số đến ĐTC mỗi phần tử của kết cấu khung BTCT" nhằm mục tiêu lượng hóa mức độ ảnh hưởng của từng tham số đến ĐTC mỗi phần tử của kết cấu khung BTCT.

2. Tham số, ý tưởng và cơ sở thực hiện

2.1 Lựa chọn tham số và độ lệch chuẩn của mỗi tham số

Các tham số liên quan đến hàm trạng thái của mỗi phần tử đều là các đại lượng ngẫu nhiên [1], [2], [3], [5] và ảnh hưởng ít hoặc nhiều đến ĐTC của phần tử và kết cấu. Một số công trình khoa học [5] đã tìm ra cách quy đổi đại lượng ngẫu nhiên có phân bố bất kỳ về phân bố chuẩn, quy đổi các đại lượng ngẫu nhiên tương quan thành không tương quan (độc lập) và quy đổi hàm trạng thái của các biến ngẫu nhiên từ phi tuyến thành tuyến tính. Do đó, việc tính kết cấu theo mô hình ngẫu nhiên ngày càng thuận lợi. Phạm vi của bài báo sẽ xét các tham số điển hình có ảnh hưởng đáng kể đến ĐTC của phần tử kết cấu khung BTCT và các tham số đó là các đại lượng ngẫu nhiên độc lập thống kê có phân bố chuẩn. Cụ thể như sau:

- Tham số đặc trưng cho cường độ tiêu chuẩn của vật liệu bê tông và cốt thép (R_{bn} , R_{sn});

- Tham số đặc trưng cho kích thước hình học của tiết diện phần tử (hình chữ nhật) b và h ;

- Tham số đặc trưng cho kích thước hình học của diện tích cốt thép là A_s và A'_s .

- Tham số đặc trưng hiệu ứng của tải trọng tiêu chuẩn gây ra cho phần tử là N , M ;

- Xét độ lệch chuẩn của mỗi tham số thay đổi trong khoảng dung sai tin cậy là $\sigma_{x_i} = 0 \div 0,2$.

2.2 Ý tưởng và cơ sở thực hiện

Khi thiết kế cấu kiện (phần tử) BTCT theo ĐTC [10], độ lệch của mỗi tham số ở mỗi vùng, miền lãnh thổ và mỗi quốc gia là không giống nhau và có ảnh hưởng đáng kể đến kết quả tính. Vì vậy, nếu muốn hoàn thành mục tiêu “*thiết kế kết cấu vừa đảm bảo yêu cầu công năng, vừa có ĐTC theo ý muốn với chi phí hợp lý nhất*” thì nhiệm vụ quan trọng nhất là phải lượng hóa được mức độ ảnh hưởng độ lệch mỗi tham số đến chỉ số ĐTC (β) của từng phần tử là bao nhiêu? Để giải quyết vấn đề này, người thiết kế phải “*xác lập, khảo sát và vẽ đồ thị các hàm $\beta_i(\sigma_{x_i})$ của mỗi phần tử*”. Trong đó, công việc đầu tiên là cần có “mốc” để so sánh phân biệt, mốc này chính là giá trị β_1 và giá trị σ_{x_i} của phương án thiết kế sơ bộ hay còn gọi là “mốc thiết kế sơ bộ” (vì sau khi tính và khảo sát xong sẽ chọn phương án thiết kế thích hợp nhất). Để tiện lợi cho việc sử dụng kết quả tính mà vẫn không ảnh hưởng đến kết quả của bài toán, ta chọn mốc thiết kế sơ bộ của mỗi phần tử có cùng σ và β làm cho mốc thiết kế sơ bộ của phần tử chỉ là một điểm có tọa độ (σ, β) trong hệ trục tọa độ XOY (tại hình 5 và 6).

Như vậy, bài toán khảo sát ảnh hưởng độ lệch của tham số đến ĐTC phần tử của kết cấu khung BTCT gồm các bước như sau:

Bước 1: Chọn và tính phần tử theo mốc thiết kế sơ bộ [10].

Bước 2: Xây dựng chương trình và tính toán:

- Xác định hàm trạng thái $M = R - S$ và tính kỳ vọng của hàm trạng thái $\mu_M = \mu_R - \mu_S$ [1], [3], [4], [5];

- Xác định hàm $\beta_i(\sigma_{x_i})$ [3]

$$\beta = \frac{\mu_M}{\sigma_M} \tag{1}$$

trong đó:

R - sức kháng của phần tử có μ_R - kỳ vọng và σ_R - độ lệch chuẩn;

S - hiệu ứng của tải trọng gây ra cho phần tử có μ_S - kỳ vọng và σ_S - độ lệch chuẩn;

β - chỉ số ĐTC của phần tử;

$M = R - S$ là hàm trạng thái của phần tử với các biến số x_i ;

$\mu_M = \mu_R - \mu_S$ gọi là kỳ vọng của hàm trạng thái.

$\sigma_{M-X_i} = \left| \frac{\partial M}{\partial X_i} \right| \sigma_{x_i}$ là độ lệch chuẩn thành phần của

hàm trạng thái với mỗi biến x_i ;

$\sigma_M = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_{M-X_i}^2}$ là độ lệch chuẩn của hàm trạng thái.

Lập trình, tính và tổng hợp các giá trị β_i theo (1) ứng với các giá trị thay đổi của độ lệch σ_{x_i} (trong khoảng dung sai cho phép từ a ÷ b).

Bước 3: Vẽ đồ thị biểu diễn biến thiên của hàm β_i theo các giá trị độ lệch σ_{x_i} khác nhau trên hệ trục tọa độ $\sigma_{x_i}0\beta_i$.

Kết quả trên các đồ thị sẽ so sánh với mốc thiết kế sơ bộ và lượng hóa các mức độ ảnh hưởng độ lệch từng tham số đến ĐTC của mỗi phần tử khung BTCT.

3. Khảo sát ảnh hưởng độ lệch tham số đến ĐTC phần tử của khung BTCT

3.1 Bài toán dạng tổng quát

Cho kết cấu BTCT dạng khung phẳng có sơ đồ tính ứng với tải trọng tiêu chuẩn, biết cấp độ bền của bê tông và nhóm cốt thép.

Yêu cầu xây dựng chương trình tính ảnh hưởng độ lệch chuẩn σ_{x_i} của mỗi tham số b, h, R_{bn} , R_{sn} , A_s , N, M đến chỉ số ĐTC (β_i) mỗi phần tử của khung BTCT. Biết rằng σ_{x_i} gồm có: $\sigma_b, \sigma_h, \sigma_{Rbn}, \sigma_{Rsn}, \sigma_{A_s}, \sigma_N, \sigma_M$ và σ_{x_i} thay đổi (biến thiên) trong khoảng từ (a ÷ b).

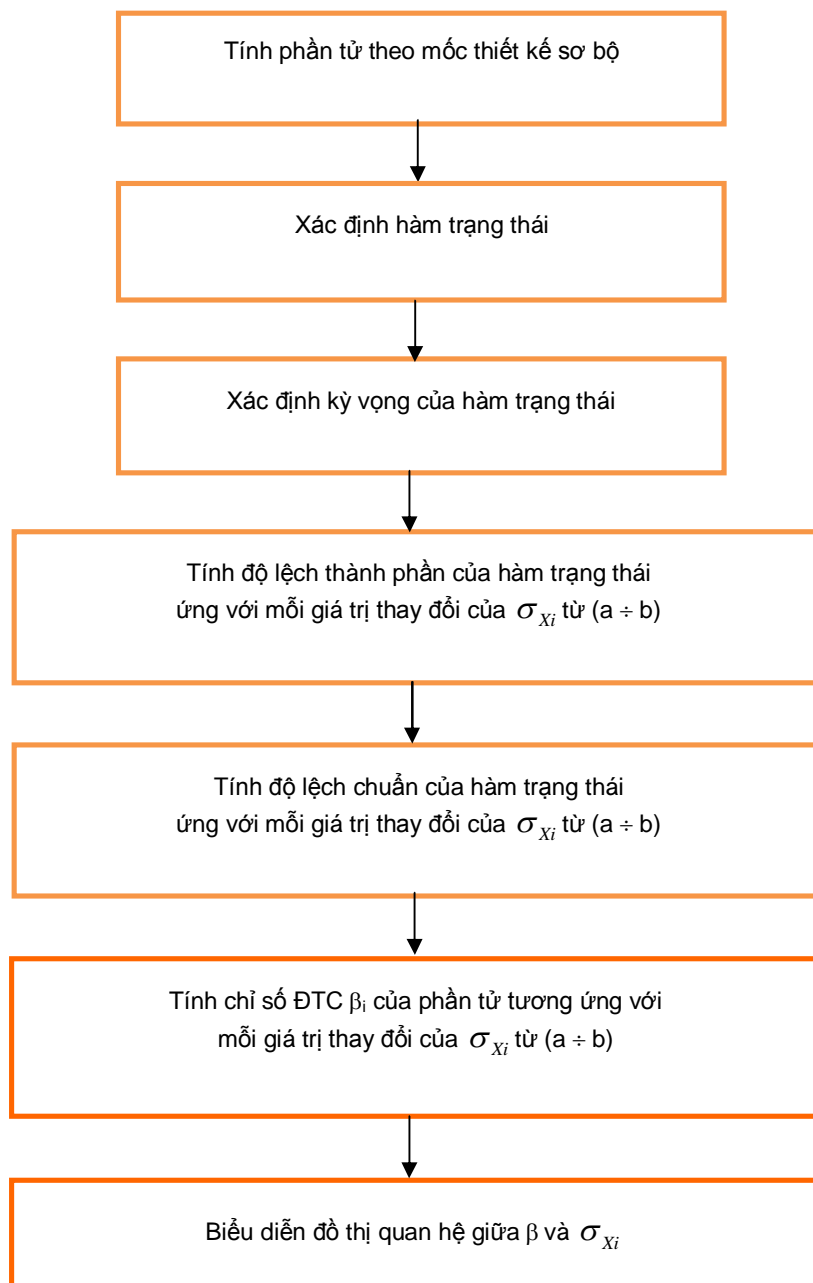
3.2 Lời giải

Bước 1: Chọn và tính phần tử theo mốc thiết kế sơ bộ [10].

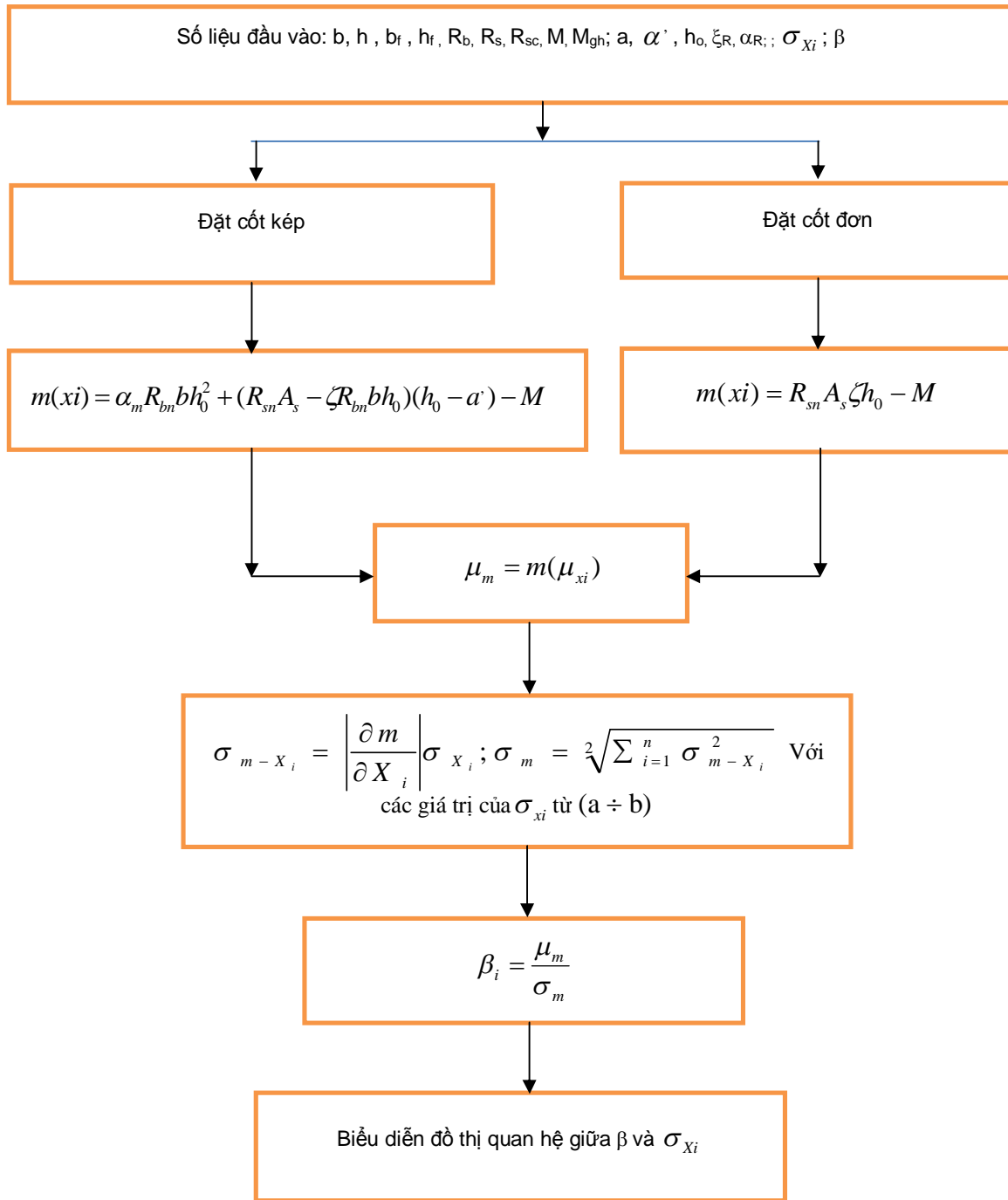
Chọn mốc thiết kế sơ bộ của mỗi phần tử (β, σ_{x_i}) và tính phần tử theo (β, σ_{x_i}).

Bước 2: Xây dựng sơ đồ khối và sơ đồ thuật toán cho các phần tử.

Sử dụng lý thuyết ĐTC và nội dung của mục 2 ta xây dựng được sơ đồ khối và sơ đồ thuật toán cho các phần tử của khung BTCT. Trong phạm vi bài báo này, tác giả thể hiện các sơ đồ cho hai phần tử điển hình thường gặp của kết cấu khung BTCT (phần tử chịu uốn và phần tử chịu nén tại hình 1,2 và 3) làm cơ sở lập trình tính trên máy (các loại phần tử khác thực hiện tương tự).



Hình 1. Sơ đồ khối khảo sát ảnh hưởng độ lệch của tham số đến ĐTC của phần tử

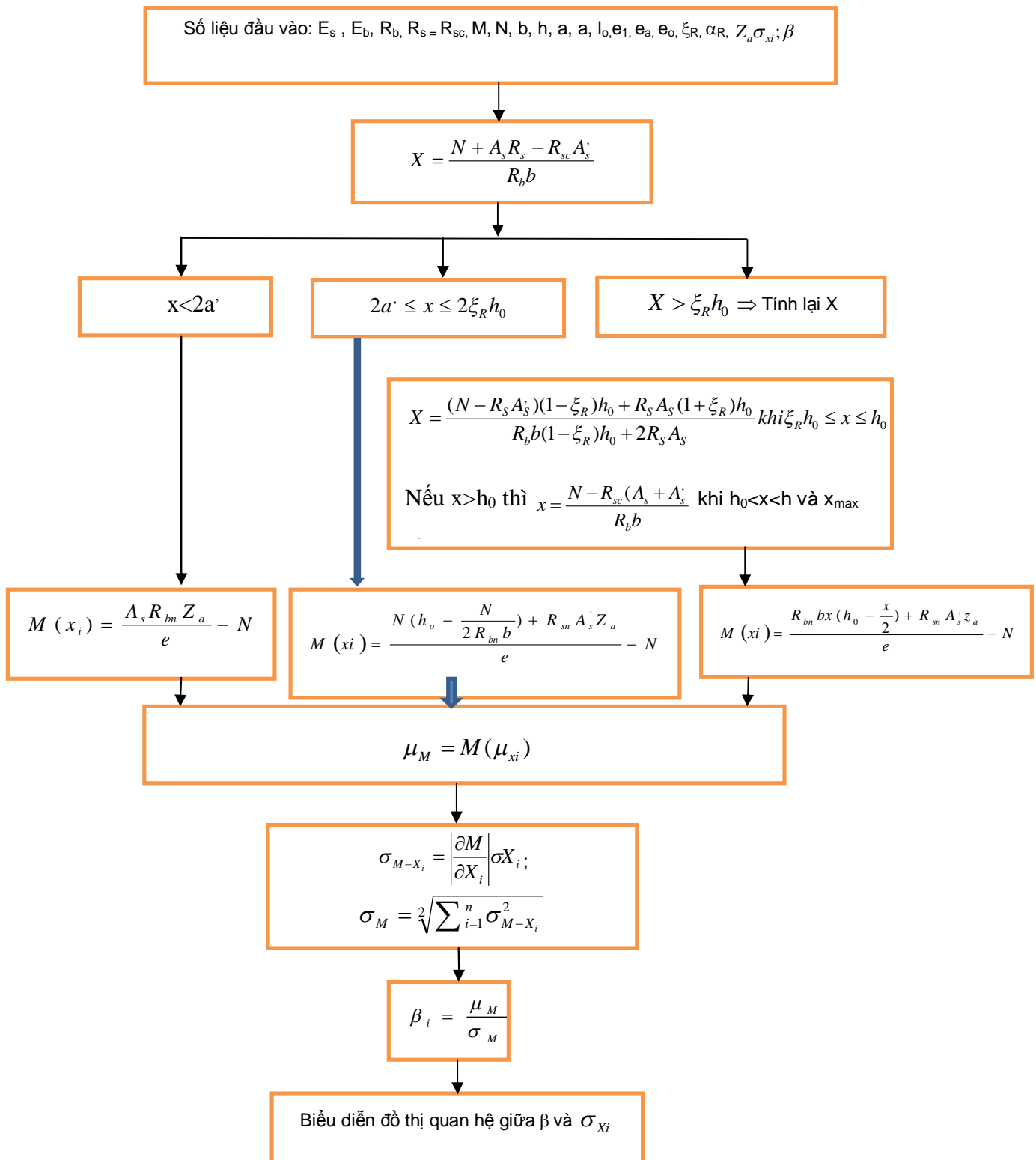


Hình 2. Sơ đồ thuật toán khảo sát ảnh hưởng độ lệch của tham số đến ĐTC của phần tử chịu uốn

trong đó: Hàm trạng thái $m(x_i) = R - S = M_{gh} - M$;

M_{gh} - khả năng (sức kháng) của phần tử được tính với cường độ tiêu chuẩn của vật liệu (bê tông, cốt thép);

M - mô men uốn tính toán của phần tử chịu uốn (hiệu ứng do tải trọng tiêu chuẩn gây ra).



Hình 3. Sơ đồ khảo sát ảnh hưởng độ lệch của tham số đến ĐTC của phần tử chịu nén lệch tâm

trong đó: hàm trạng thái $M(x_i) = R - S = N_{gh} - N$;

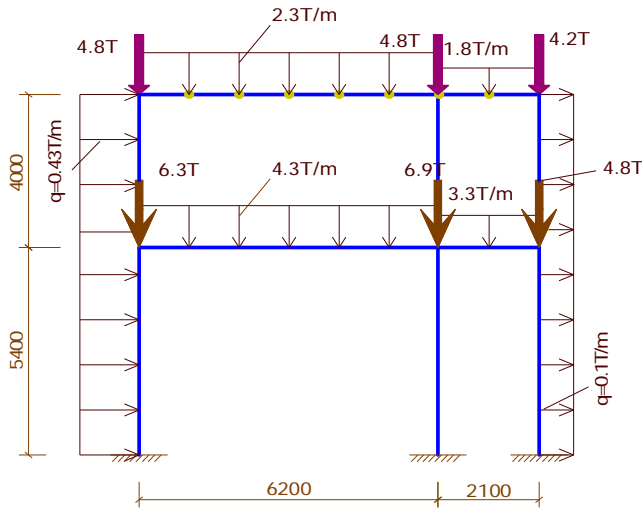
N_{gh} - khả năng (sức kháng) của phần tử được tính với cường độ tiêu chuẩn của vật liệu (bê tông, cốt thép);

N - lực nén tính toán của phần tử chịu nén lệch tâm (hiệu ứng do tải trọng tiêu chuẩn gây ra).

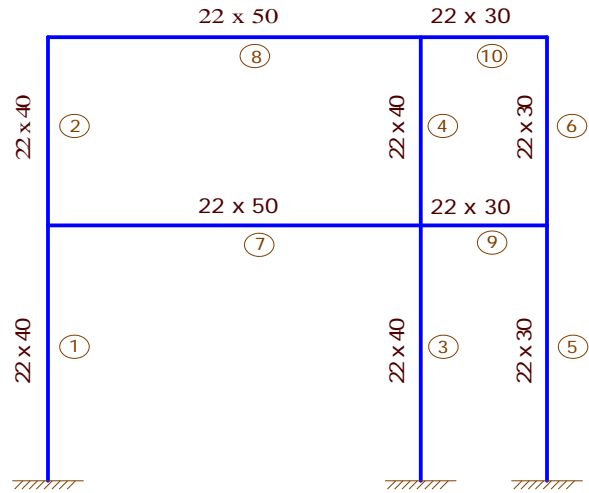
3.3 Ví dụ khảo sát ảnh hưởng độ lệch tham số đến ĐTC phần tử của khung BTCT

a. Bài toán: Cho kết cấu khung BTCT có sơ đồ như hình 4. Biết cấp độ bền của bê tông là B20; cốt thép dọc nhóm AII.

Hãy khảo sát ảnh hưởng của các tham số đến ĐTC mỗi phần tử của khung BTCT khi độ lệch chuẩn σ_{x_i} của chúng thay đổi từ 0 ÷ 0,2.



Hình 4a. Sơ đồ tải trọng



Hình 4b. Sơ đồ khung

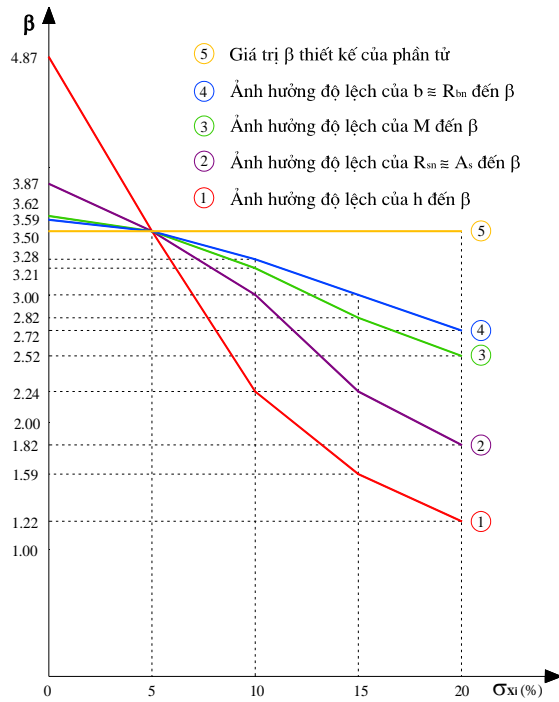
b. Lời giải

- Để tiện cho quá trình thực hiện nhưng vẫn đảm bảo được tính chính xác, ta chọn mốc thiết kế sơ bộ của mỗi phần tử là một điểm có tọa độ ($\sigma_{xi} = 0,05$; $\beta_i = 3,5$) trong hệ trục tọa độ $\sigma_{xi}0\beta_i$ (hình 5 và 6);
- Sử dụng chương trình tính của [10] để tính phần tử theo mốc thiết kế sơ bộ. Số liệu và kết quả tính được tổng hợp tại bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp số liệu và kết quả tính phần tử theo mốc thiết kế sơ bộ ($\beta=3.5$ và $\sigma_{xi} = 0.05$)

Phần tử	Đặc điểm chịu lực	Giá trị kỳ vọng, chỉ số ĐTC và độ lệch chuẩn tham số của các phần tử								
		μ_b (mm)	μ_h (mm)	μ_{Rbn} (MPa)	μ_{Rsn} (MPa)	μ_{As} (mm ²)	μ_M (N.mm)	μ_N (N)	β_i	σ_{xi}
1	Nén lệch tâm	220	400	15	300	624.47	52462121	265846	3.5	0.05
2		220	400	15	300	383.86	45104895	146818	3.5	0.05
3		220	400	15	300	924.6	70364062	288704	3.5	0.05
4		220	400	15	300	521.4	54337663	156607	3.5	0.05
5		220	300	15	300	317.2	27962553	177922	3.5	0.05
6		220	300	15	300	258.66	16962118	69236	3.5	0.05
7	Uốn	220	500	15	300	2043.59	127434095	0	3.5	0.05
8		220	500	15	300	1300.1	71818182	0	3.5	0.05
9		220	300	15	300	569.59	21528472	0	3.5	0.05
10		220	300	15	300	258.47	10139860	0	3.5	0.05

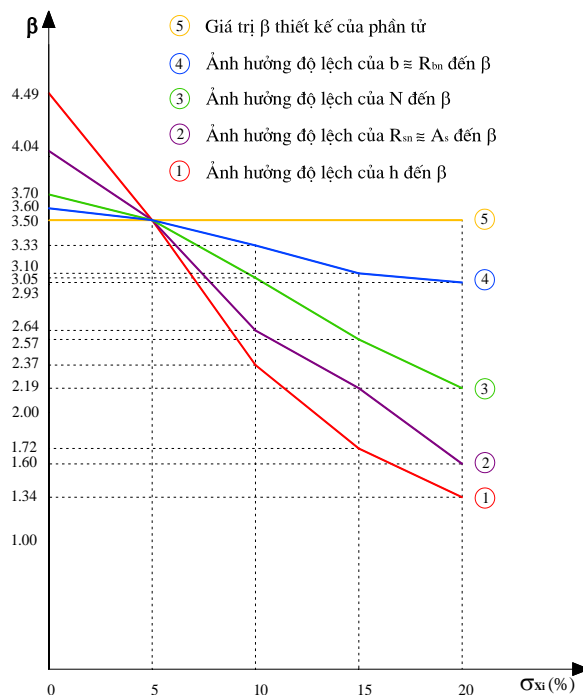
- Sử dụng các sơ đồ hình 2, 3 để lập trình, tính cho phần tử chịu uốn (phần tử số 7) và phần tử chịu nén lệch tâm (phần tử số 3). Số liệu tính được tổng hợp tại bảng 2 và bảng 3, sử dụng số liệu này để vẽ các đồ thị tại hình 5 và hình 6 (các phần tử còn lại thực hiện tương tự).



Hình 5. Ảnh hưởng độ lệch của các tham số $b, R_{bn}, R_{sn}, A_s, h, M$ đến ĐTC của phần tử chịu uốn

Bảng 2. Tổng hợp giá trị β_i của phần tử chịu uốn thay đổi theo các độ lệch σ_{Xi} của các tham số X_i

Giá trị của chỉ số ĐTC β_i	Giá trị độ lệch σ_b của tham số b					Giá trị của chỉ số ĐTC β_i	Giá trị độ lệch σ_h của tham số h				
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20
β_i	3.59	3.50	3.28	3.00	2.72	β_i	4.87	3.50	2.24	1.59	1.22
Giá trị của chỉ số ĐTC β_i	Giá trị độ lệch σ_{R_s} của tham số R_{sn}					Giá trị của chỉ số ĐTC β_i	Giá trị độ lệch σ_{R_b} của tham số R_{bn}				
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20
β_i	3.87	3.50	2.82	2.24	1.82	β_i	3.59	3.50	3.28	3.00	2.72
Giá trị của chỉ số ĐTC β_i	Giá trị độ lệch σ_{A_s} của tham số A_s					Giá trị của chỉ số ĐTC β_i	Giá trị độ lệch σ_M của tham số M				
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20
β_i	3.87	3.50	2.82	2.24	1.82	β_i	3.62	3.50	3.21	2.86	2.52



Hình 6. Ảnh hưởng độ lệch của các tham số $b, R_{bn}, R_{sn}, A_s, h, N$ đến ĐTC của phần tử chịu nén lệch tâm lớn

Bảng 3. Tổng hợp giá trị β_i của phần tử chịu nén lệch tâm lớn thay đổi theo các độ lệch σ_{Xi} của các tham số X_i

Giá trị của chỉ số ĐTC β_i	Giá trị độ lệch σ_b của tham số b					Giá trị của chỉ số ĐTC β_i	Giá trị độ lệch σ_h của tham số h				
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20
β_i	3.60	3.50	3.33	3.10	2.93	β_i	4.49	3.50	2.37	1.72	1.34
Giá trị của chỉ số ĐTC β_i	Giá trị độ lệch σ_{R_s} của tham số R_{sn}					Giá trị của chỉ số ĐTC β_i	Giá trị độ lệch σ_{R_b} của tham số R_{bn}				
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20
β_i	4.04	3.50	2.64	2.19	1.60	β_i	3.60	3.50	3.33	3.10	2.93
Giá trị của chỉ số ĐTC β_i	Giá trị độ lệch σ_{A_s} của tham số A_s					Giá trị của chỉ số ĐTC β_i	Giá trị độ lệch σ_N của tham số N				
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20
β_i	4.04	3.50	2.64	2.19	1.60	β_i	3.70	3.50	3.05	2.57	2.17

4. Nhận xét

- Độ lệch của tham số h có ảnh hưởng lớn nhất đến chỉ số ĐTC β của cả hai phần tử;

- Độ lệch tham số N của phần tử chịu nén lệch tâm lớn có ảnh hưởng đến β nhiều hơn so với ảnh hưởng độ lệch tham số M của phần tử chịu uốn;

- Đối với hai phần tử chịu nén lệch tâm lớn và chịu uốn thì sự ảnh hưởng độ lệch của R_{bn} và b đến β là không đáng kể và gần bằng nhau (đường số 4 của phần tử chịu uốn dốc hơn (ảnh hưởng nhiều hơn) đường số 4 của phần tử chịu nén lệch tâm lớn).

- Với cách làm tương tự sẽ có được các đồ thị về ảnh hưởng của tham số đến ĐTC các phần tử còn lại của khung BTCT (hình 4);

- Các đường biểu diễn quan hệ giữa β_i và σ_{Xi} của các tham số tại hình 5 và hình 6 đã lượng hoá mức độ ảnh hưởng độ lệch của từng tham số đối với sự làm việc an toàn của mỗi phần tử, là cơ sở để chủ đầu tư và tư vấn thiết kế lựa chọn phương án thiết kế phần tử và kết cấu có ĐTC theo ý muốn với kinh phí phù hợp nhất. Đồng thời, các đồ thị đó cũng hỗ trợ tích cực cho tư vấn giám sát, kỹ thuật thi công và quản lý dự án chủ động thực hiện tốt hơn chức năng được giao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NGUYỄN XUÂN CHÍNH, “Phương pháp đánh giá độ tin cậy của khung bê tông cốt thép thiết kế theo tiêu chuẩn

Việt Nam”. *Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Viện KHCN Xây dựng, Hà Nội, 2000.*

2. ĐÀO HỮU HỒ, “Lý thuyết xác suất thống kê”. *NXB đại học Quốc Gia, Hà Nội, 2002.*

3. PHAN VĂN KHÔI, “Cơ sở đánh giá độ tin cậy”. *NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001.*

4. PHAN QUANG MINH, NGÔ THẾ PHONG, NGUYỄN ĐÌNH CỐNG, “Kết cấu bê tông cốt thép - Phần cấu kiện cơ bản”. *Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2011.*

5. NGUYỄN VĂN PHỐ, “Độ tin cậy và tuổi thọ công trình”. *Bài giảng cho học viên cao học ngành Xây dựng công trình, Hà Nội, 2012.*

6. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574-2012 - Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép.

7. Tiêu chuẩn Quốc tế ISO 2394- 1998 – Nguyên lý chung về độ tin cậy của kết cấu công trình.

8. Tiêu chuẩn nhà nước Cộng hòa nhân dân Trung Hoa JB50153-92 - Tiêu chuẩn thống nhất thiết kế ĐTC kết cấu công trình.

9. ANDRZJ S. NOWK & KEVIN R. COLLINS, “Reliability of structures”, *Univesity of Michigan.*

10. PHẠM ĐỨC CƯƠNG, Thiết kế cấu kiện cơ bản bê tông cốt thép theo chỉ số độ tin cậy, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, số 1-2014.*

Ngày nhận bài sửa: 30/10/2014.