

THIẾT KẾ TỐI ƯU KHUNG BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO TIÊU CHUẨN VIỆT NAM

Vũ Đức Thắng, Bùi Công Thành

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 12 tháng 05 năm 2003)

TÓM TẮT: Bài báo nhằm xây dựng chương trình thiết kế tối ưu kết cấu khung bê tông cốt thép dựa trên tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5574-1991 của Việt Nam. Phân phân tích nội lực được thực hiện bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Để giải bài toán tối ưu, chương trình đã sử dụng thuật toán chuỗi các chương trình tuyến tính và ngôn ngữ lập trình là MATLAB 5.3. Một số thí dụ bằng số cho thấy sự hữu hiệu của chương trình.

Từ khóa: Tối ưu, phần tử hữu hạn, chuỗi các chương trình tuyến tính, bê tông cốt thép, TCVN.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong những năm gần đây, các phương pháp tối ưu hóa ngày càng được áp dụng sâu rộng và hiệu quả vào các ngành kinh tế, kỹ thuật, công nghệ thông tin và vào các ngành khoa học công nghệ khác. Trong thiết kế kết cấu công trình tại nhiều nơi trên thế giới người ta đã áp dụng phương pháp tối ưu hoá vào các bài toán thiết kế cụ thể như: kết cấu thép, kết cấu bê tông cốt thép [3],[4],[5],[9],[10]. Ở nước ta, phương pháp tối ưu hoá cũng đã được nghiên cứu trong một số lĩnh vực nhưng chưa được áp dụng cụ thể cho công tác thiết kế kết cấu bê tông cốt thép. Phương pháp thiết kế kết cấu bê tông cốt thép hiện nay dựa vào các giả thiết về tiết diện ban đầu của các cấu kiện, sau khi tính toán ta kiểm tra lại theo các yêu cầu thiết kế. Nếu thỏa thì tiết diện đã chọn là tiết diện thiết kế, nếu không thỏa thì phải thay đổi lại tiết diện và tính toán lại. Vì vậy sẽ có nhiều phương án khác nhau cùng thỏa mãn các yêu cầu của thiết kế nhưng người thiết kế sẽ không xác định đâu là phương án tốt hơn.

Trong khuôn khổ bài báo này, tác giả đã áp dụng bài toán tối ưu vào các chương trình thiết kế kết cấu khung bê tông cốt thép theo trình tự thiết kế dựa vào tiêu chuẩn Việt Nam.

Về mặt toán học, bài toán tối ưu có thể được phát biểu ở dạng tổng quát như sau:[2],[3],[4]

Cực tiểu hoá hàm mục tiêu : $F(X)$

Chịu các ràng buộc :

$$g_j(X) \leq 0, j = 1, \dots, m \text{ ràng buộc dạng bất đẳng thức.} \quad (1)$$

$$h_k(X) = 0, k = 1, \dots, l \text{ ràng buộc dạng đẳng thức.} \quad (2)$$

$$X_i^L \leq X_i \leq X_i^U, i = 1, \dots, n \text{ ràng buộc biên.} \quad (3)$$

$$\text{Trong đó : } X^T = \{X_1, X_2, \dots, X_n\} \text{ là véc tơ biến thiết kế.} \quad (4)$$

Khi $F(X)$, $g_j(X)$, $h_k(X)$, là các hàm tuyến tính thì ta có bài toán quy hoạch tuyến tính.

Khi một trong các hàm trên là phi tuyến thì ta có bài toán quy hoạch phi tuyến.

Bài toán quy hoạch tuyến tính có thể được giải bởi phương pháp đơn hình [2],[5],[9]...

Có nhiều cách giải bài toán quy hoạch phi tuyến như: phương pháp giảm hàm mục tiêu cơ bản, phương pháp chiếu theo phương đạo hàm, phương pháp hướng khả thi... [2]. Trong nội dung báo cáo này, tác giả sử dụng **phương pháp chuỗi các chương trình tuyến tính**.

2. PHƯƠNG PHÁP CHUỖI CÁC CHƯƠNG TRÌNH TUYẾN TÍNH [5],[9]:

2.1 Nguyên tắc:

Khai triển chuỗi Taylor bậc nhất hàm mục tiêu và hàm ràng buộc chung quanh điểm $\{X^0\}$ để tìm nghiệm gần đúng. Lập lại quá trình cho đến khi lời giải chính xác đạt được.

2.2 Phát biểu bài toán:

$$\text{Cực tiểu hoá hàm mục tiêu: } f(\{X\}) = f(\{X^0\}) + \nabla f(\{X^0\})\{\delta X\}. \quad (5)$$

$$\text{Chịu các ràng buộc: } g_j(\{X\}) \approx g_j(\{X^0\}) + \nabla g_j(\{X^0\})\{\delta X\} \leq 0, j = 1, \dots, m \quad (6)$$

$$h_k(\{X\}) \approx h_k(\{X^0\}) + \nabla h_k(\{X^0\})\{\delta X\} = 0, k = 1, \dots, l \quad (7)$$

$$X_i^L \leq X_i + \delta X_i \leq X_i^U, i = 1, \dots, n \quad (8)$$

$$\text{Trong đó: } \{\delta X\} = \{X\} - \{X^0\}. \quad (9)$$

Như vậy bài toán quy hoạch phi tuyến trở thành bài toán quy hoạch tuyến tính, trong đó các biến thiết kế chứa trong vec-tơ $\{\delta X\}$ các hàm và gradient tại $\{X^0\}$ lần lượt là hằng số và hệ số.

2.3 Thuật toán:

- Tuyến tính hoá các ràng buộc quanh $\{X^0\}$.
- Tuyến tính hoá hàm mục tiêu và giải bài toán quy hoạch tuyến tính.
- Thay vào các ràng buộc phi tuyến nguyên thủy. Ràng buộc nào bị vi phạm nhất được tuyến tính hoá quanh điểm $\{X^*\}$ của quá trình trước.
- Sau khi thêm ràng buộc tuyến tính này tiếp tục giải bài toán quy hoạch tuyến tính. Bước này được lập đi lập lại cho đến khi tất cả các ràng buộc phi tuyến thỏa.

3. THIẾT LẬP BÀI TOÁN CHO KHUNG BÊ TÔNG CỐT THÉP (BTCT):

3.1 Xác định các biến thiết kế:

Trong kết cấu BTCT thì giá thành phụ thuộc vào các yếu tố sau: khối lượng bê tông, loại bê tông (đơn giá), khối lượng cốt thép, loại cốt thép, cốt pha, nhân công.v.v. Khi so sánh các phương án thiết kế thì các yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến giá thành là: chi phí bê tông, cốt thép, cốt pha. Đối với bê tông ta xác định chi phí thông qua khối lượng bê tông. Đối với cốt pha có thể căn cứ vào diện tích tiếp xúc với bê tông. Riêng đối với cốt thép, nếu xem các thành phần mang tính chất cấu tạo như: cốt giá, cốt đai là không chênh lệch nhau nhiều trong các phương án thì ta chỉ cần quan tâm đến các cốt dọc chịu lực.

Đối với cột trong khung thông thường đặt cốt thép đối xứng, mỗi cột thứ i ta có thể chọn 3 biến thiết kế: chiều rộng tiết diện cột (X_{1c}^i), chiều cao tiết diện cột (X_{2c}^i), tổng diện tích cốt thép chịu lực (X_{3c}^i). Chiều dài cột là L_c^i .

Đối với mỗi dầm thứ j sẽ có 5 biến thiết kế: chiều rộng tiết diện dầm (X_{1d}^j), chiều cao tiết diện dầm (X_{2d}^j), diện tích cốt thép tại nhịp (X_{3d}^j), diện tích cốt thép tại gối tựa trái (X_{4d}^j), diện tích cốt thép tại gối tựa phải (X_{5d}^j). Chiều dài dầm là L_d^j .

Để đơn giản hoá nhưng vẫn đảm bảo kết quả so sánh, chiều dài cốt thép tại nhịp được thiết kế theo tính toán có thể lấy bằng $2/3 L_d^j$. Chiều dài cốt thép tại các gối tựa có thể tính bằng $1/4 L_d^j$.

* Hàm mục tiêu:

$$Z = p_c \left(\sum_{i=1}^m L_c^i X_{1c}^i X_{2c}^i + \sum_{j=1}^n L_d^j X_{1d}^j X_{2d}^j \right) + p_f \left(\sum_{i=1}^m 2L_c^i (X_{1c}^i + X_{2c}^i) + \sum_{j=1}^n L_d^j (X_{1d}^j + 2X_{2d}^j) \right)$$

$$+ p_s \left(\sum_{i=1}^m L_c^i X_{3c}^i + \sum_{j=1}^n L_d^j \left(\frac{2}{3} X_{3d}^j + \frac{1}{4} (X_{4d}^j + X_{5d}^j) \right) \right) \quad (10)$$

Trong đó : p_c : đơn giá bê tông tính theo thể tích; p_f : đơn giá coffa tính theo diện tích bề mặt cấu kiện có tiếp xúc với coffa; p_s : đơn giá cốt thép tính theo thể tích.

3.2 Các điều kiện ràng buộc của cột [1]:

Các điều kiện ràng buộc được đề cập bao gồm [10]:

*Thiết kế cốt thép.

Các biểu thức tính toán sau đây có sử dụng các ký hiệu trong thiết kế kết cấu bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn Việt Nam.

Tính η , e_o , x theo các thông số cho trước và của lần lặp trước :

$$e_o = \frac{M}{N} + e_{ng}; \quad x = \frac{N}{R_n b} \Leftrightarrow x = \frac{N}{R_n X_{1c}^i} \quad (11)$$

-Khi $x \leq \alpha_o h_o$ hay $x \leq \alpha_o (X_{2c}^i - a_o)$

Xảy ra trường hợp nén lệch tâm lớn .

Nếu $x < 2a_o$:

$$F_a = F_a' \geq \frac{Ne'}{R_a (h_o - a_o)} \Rightarrow 0.5 X_{3c}^i R_a (X_{2c}^i - 2a_o) \geq N(\eta e_o - 0.5 X_{2c}^i + a_o) \quad (12)$$

Nếu $x \geq 2a_o$:

$$F_a = F_a' \geq \frac{N(e - h_o + 0.5x)}{R_a (h_o - a_o)} \quad (13)$$

$$\Rightarrow 0.5 X_{3c}^i R_a (X_{2c}^i - 2a_o) \geq N(\eta e_o - 0.5 X_{2c}^i + 0.5x)$$

-Khi $x > \alpha_o h_o$ hay $x > \alpha_o (X_{2c}^i - a_o)$

Xảy ra trường hợp nén lệch tâm bé .

Nếu $\eta e_o \leq 0,2(X_{2c}^i - a_o)$ ta tính lại x như sau :

$$x = h - \left(1,8 + \frac{0,5h}{h_o} - 1,4\alpha_o \right) \eta e_o \Leftrightarrow x^* = X_{2c}^i - \left(1,8 + \frac{0,5X_{2c}^i}{(X_{2c}^i - a_o)} - 1,4\alpha_o \right) \eta e_o \quad (14)$$

Nếu $\eta e_o \geq 0,2(X_{2c}^i - a_o)$ ta tính lại x như sau :

$$x = 1,8(e_{ogh} - \eta e_o) + \alpha_o h_o \Leftrightarrow x^* = 1,8(e_{ogh} - \eta e_o) + \alpha_o (X_{2c}^i - a_o) \quad (15)$$

Tính F_a và F_a' từ biểu thức :

$$F_a = F_a' \geq \frac{Ne - R_n b x (h_o - 0.5x)}{R_a (h_o - a_o)} \quad (16)$$

$$\Leftrightarrow 0.5 R_a (X_{2c}^i - 2a_o) X_{3c}^i \geq N(\eta e_o + 0.5 X_{2c}^i - a_o) - R_n x X_{1c}^i (X_{2c}^i - 0.5x - a_o)$$

*Hàm lượng cốt thép tối thiểu.

$$\mu_{min} \leq \mu \Leftrightarrow \mu_{min} \leq \frac{X_{3c}^i + X_{4c}^i}{X_{1c}^i X_{2c}^i} \quad (17)$$

*Hàm lượng cốt thép tối đa.

$$\mu_{max} \geq \mu \Leftrightarrow \mu_{max} \geq \frac{X_{3c}^i + X_{4c}^i}{X_{1c}^i X_{2c}^i} \quad (18)$$

*Kích thước tối thiểu của tiết diện.

$$X_{1c}^i \geq x_{min} \quad (19)$$

$$X_{2c}^i \geq X_{1c}^i \quad (20)$$

*Độ mảnh của cột.

$$\lambda_b = \frac{l_o}{X_1} \leq \lambda_{ob} \quad (21)$$

λ_{ob} : độ mảnh giới hạn của cột ; l_o : chiều dài tính toán của cột.

3.3 Các điều kiện ràng buộc của dầm:

Các ràng buộc được đề cập bao gồm [10]:

*Thiết kế cốt thép.

$$F_a \geq \frac{M_k}{R_a \gamma h_o} \Rightarrow X_{kd}^j \geq \frac{M_k}{R_a \gamma (X_{2d}^j - a_o)} \quad (22)$$

$$\text{Với: } \gamma = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{2M_k}{R_n X_{1d}^j (X_{2d}^j - a_o)^2}} \right) \quad (23)$$

$k=3, 4, 5$; M_k : moment uốn tại nhịp, gối trái, gối phải.

*Điều kiện không phá hoại giòn từ phía vùng bê tông chịu nén ($A \leq A_o$).

$$A = \frac{M_{k \max}}{R_n X_{1d}^j (X_{2d}^j - a_o)^2} \leq A_o \quad (24)$$

*Ràng buộc về hàm lượng cốt thép tối thiểu.

$$\mu_{\min} \leq \mu \Leftrightarrow \mu_{\min} \leq \frac{X_{kd}^j}{X_{1d}^j (X_{2d}^j - a_o)} \quad (25)$$

*Ràng buộc về kích thước tối thiểu.

$$X_{1d}^j \geq x_{\min} \quad (26)$$

$$X_{21d}^j \geq X_{1d}^j \quad (27)$$

4. CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN:

Quá trình tính toán qua nhiều vòng lặp, sau mỗi vòng lặp tiết diện của kết cấu sẽ thay đổi. Vì thế ngoài việc giải bài toán tối ưu chương trình còn phải giải nội lực của khung để cung cấp số liệu cho bài toán tối ưu trong mỗi vòng lặp. Tác giả đã lập trình theo phương pháp phần tử hữu hạn để giải tìm nội lực [6],[7],[10]. Kết quả của bài toán tối ưu cho dưới dạng số thập phân, do đó không phù hợp với kích thước thực tế của tiết diện các cấu kiện. Vì vậy, sau khi có kết quả ta cần phải chọn lựa lại kích thước tiết diện các cấu kiện phù hợp với điều kiện thiết kế và thi công của kết cấu BTCT gần với kết quả đã tính toán nhưng đảm bảo tối ưu hơn các phương án khác. Do đó kết quả tính toán sau cùng được thông qua một chương trình xử lý. Toàn bộ chương trình được viết bằng ngôn ngữ MATLAB [8]. Sơ đồ chương trình thể hiện trên hình 2.

5. NGHIÊN CỨU BẰNG SỐ:

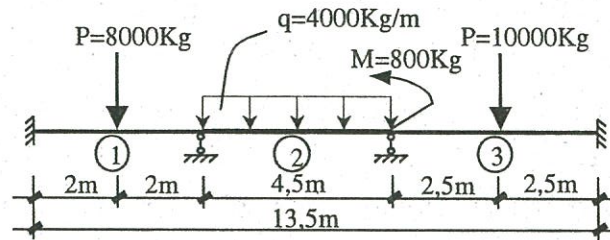
Để kiểm tra chương trình, tác giả đã thực hiện rất nhiều ví dụ tính toán với nhiều dạng kết cấu khung, dầm khác nhau. Trong khuôn khổ của báo cáo này tác giả xin trình bày 2 ví dụ tiêu biểu sau:

Ví dụ 1: Thiết kế dầm BTCT 3 nhịp có sơ đồ như trên hình 1. Với yêu cầu bề rộng tối thiểu của dầm là 0.2m. Các thông số khác như sau:

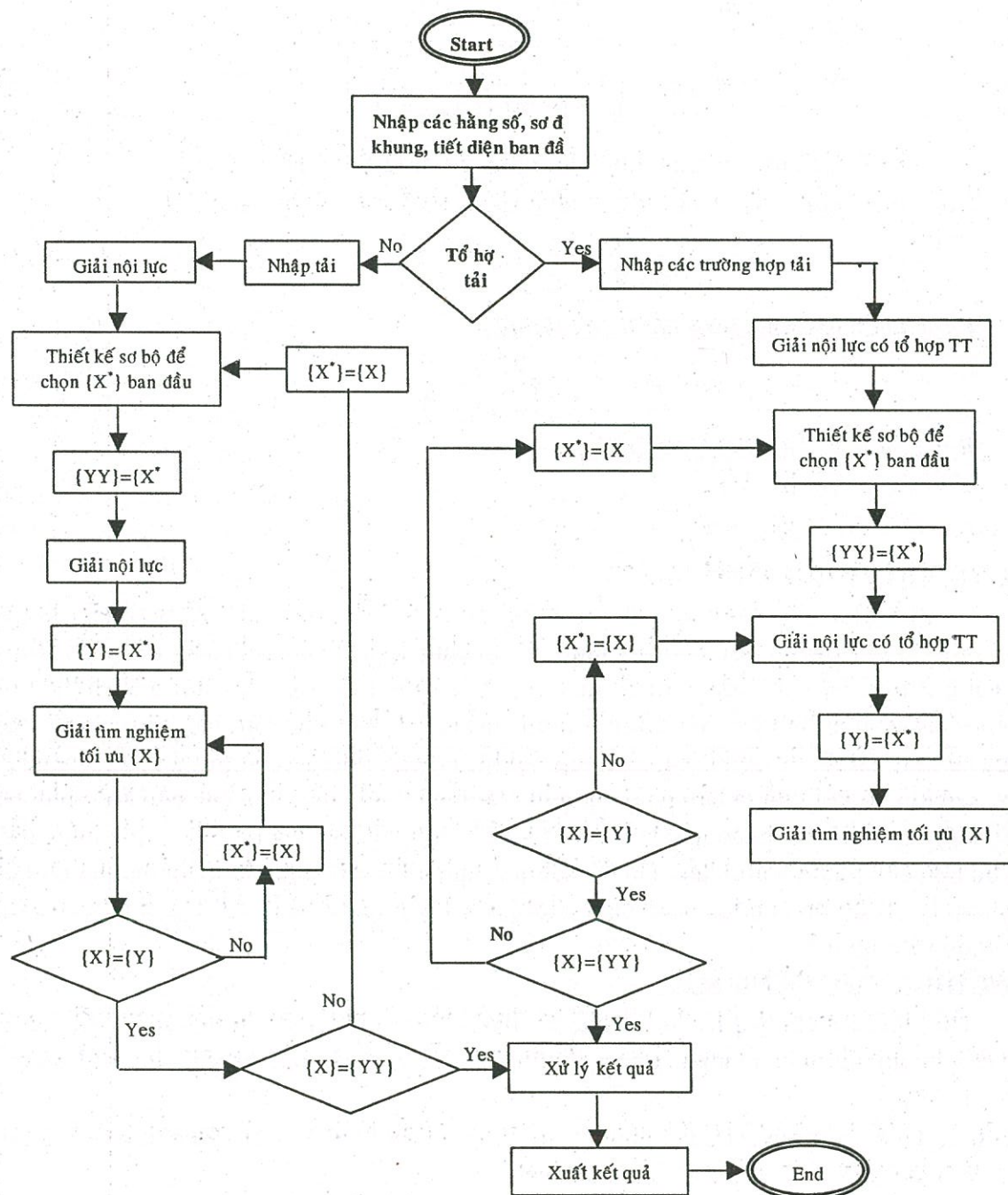
-Bê tông mác 200, $R_n=970000\text{kg/cm}^2$, $E_b=265 \times 10^7\text{kg/cm}^2$.

-Cốt thép có $R_a=21000000\text{kg/cm}^2$, $E_a=210 \times 10^8\text{kg/cm}^2$.

-Đơn giá: bê tông=80đ.vị /m³; cốt thép=3000đ.vị/m³; cốp pha=1đ.vị/m².



Hình 1 : Sơ đồ dầm 3 nhịp



Hình 2 : Sơ đồ khối chương trình thiết kế tối ưu khung BTCT

Qua kết quả tính toán trên bảng 1, ta nhận thấy giá trị hàm mục tiêu của phương án thiết kế tối ưu có giá trị nhỏ nhất (128,6254). Phương án xử lý để có kích thước phù hợp với điều kiện thiết kế và thi công thực tế có giá trị hàm mục chỉ lớn hơn so với phương án tối ưu rất ít (0,173%). Các phương án thiết kế khác đều có giá trị hàm mục tiêu cao hơn so nhiều với phương án tối ưu và phương án tối ưu đã qua chương trình xử lý.

Bảng 1 : Kết quả tính toán dầm và các phương án so sánh của ví dụ 1

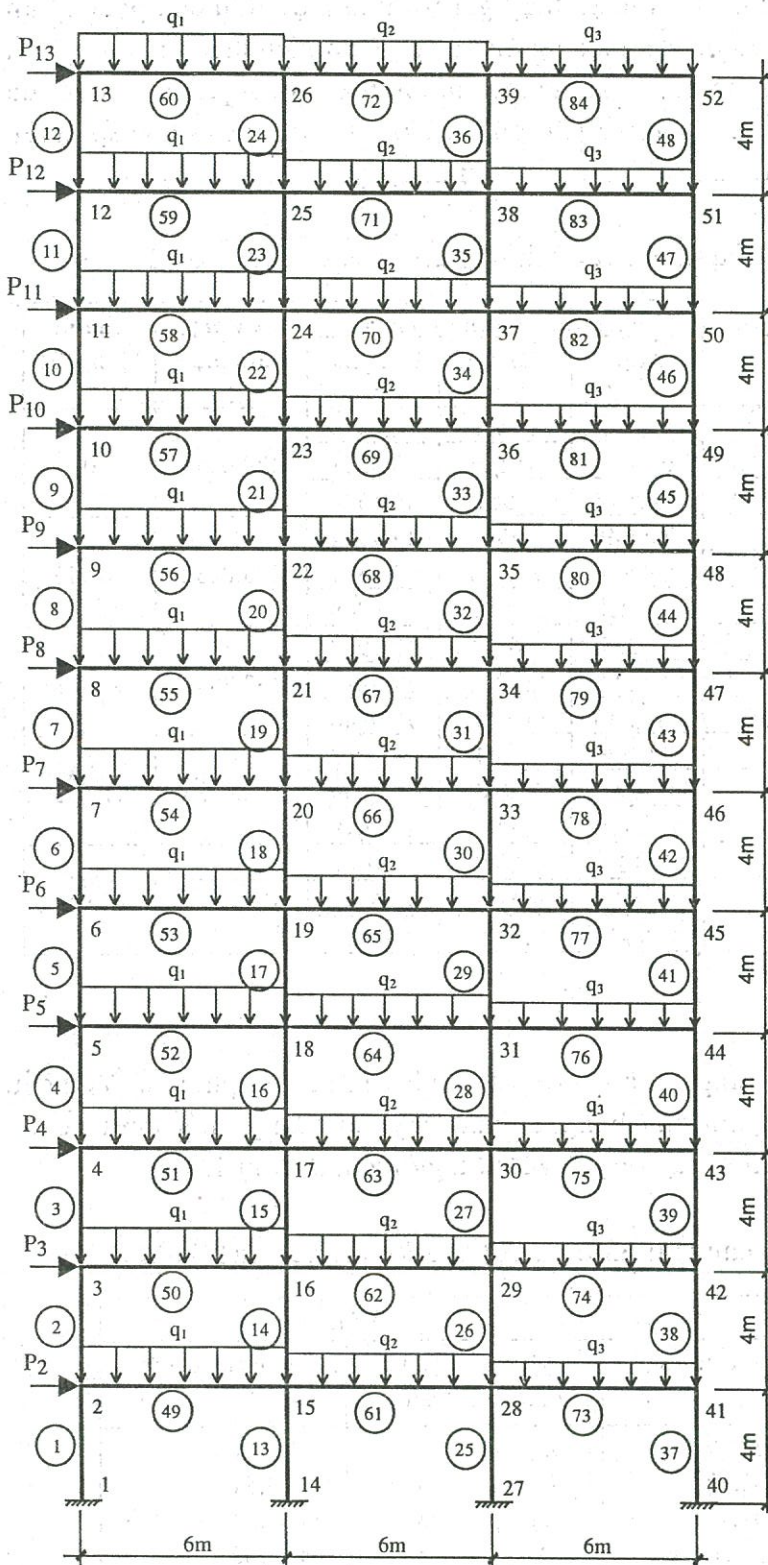
Các phương án	Nhịp	Tiết diện dầm (m)		Diện tích cốt thép (cm ²)			Giá trị hàm mục tiêu	chênh lệch (%)	
		b	h	Nhịp	Gối trái	Gối phải			
Thiết kế tối ưu	1	0.2	0.2939	7.7306	6.9426	12.3979	128.6254	0	
	2	0.2	0.3326	6.7432	8.9544	13.9501			
	3	0.2	0.3560	10.8014	11.5617	10.6528			
Thiết kế tối ưu sau khi xử lý	1	0.2	0.3	7.5199	6.7966	11.7974	128.8482	+0.173	
	2	0.2	0.35	6.3405	8.9544	13.9501			
	3	0.2	0.35	11.1230	11.8924	10.9728			
Các phương án thiết kế khác	PA1	1	0.2	0.3	7.4264	6.6171	12.1957	133.3948	+3.708
		2	0.25	0.3	7.4627	11.2673	17.3817		
		3	0.2	0.35	11.1336	11.8481	10.9940		
	PA2	1	0.2	0.3	7.6706	11.7848	10.9357	132.0883	+2.692
		2	0.2	0.4	5.5029	7.0080	11.6199		
		3	0.2	0.35	11.1190	11.9092	10.9648		
	PA3	1	0.2	0.35	5.8827	5.2027	9.6196	136.2333	+5.915
		2	0.2	0.35	6.1471	9.6196	13.6667		
		3	0.25	0.3	13.7191	14.3181	13.6015		

Ví dụ 2:

Thiết kế dầm thiết kế khung 3 nhịp 12 tầng (xem sơ đồ hình 3) có 84 phần tử. Yêu cầu thiết kế cho 8 loại cột và 12 loại dầm như bảng 1. Như vậy, số lượng biến thiết kế là: $8 \times 3 + 12 \times 5 = 84$. Các thông số về vật liệu và đơn giá vật liệu giống như ví dụ 1.

Bảng 2 : Bảng tổng hợp các loại dầm và cột của khung 12 tầng 3 nhịp

Cột			Dầm		
ký hiệu	số lượng thanh	gồm các thanh	ký hiệu	số lượng thanh	gồm các thanh
C ₁	6	1,2,3,37,38,39	D ₁	3	49,50,51
C ₂	6	4,5,6,40,41,42	D ₂	3	52,53,54
C ₃	6	7,8,9,43,44,45	D ₃	3	55,56,57
C ₄	6	10,11,12,46,47,48	D ₄	3	58,59,60
C ₅	6	13,14,15,25,26,27	D ₅	3	61,62,63
C ₆	6	16,17,18,28,29,30	D ₆	3	64,65,66
C ₇	6	19,20,21,31,32,33	D ₇	3	67,68,69
C ₈	6	22,23,24,34,35,36	D ₈	3	70,71,72
			D ₉	3	73,74,75
			D ₁₀	3	76,77,78
			D ₁₁	3	79,80,81
			D ₁₂	3	82,83,84



Hình 5.1 Sơ đồ khung 12 tầng 3 nhịp

-Tải trọng lên dầm:

$$q_1=3000\text{Kg/m};$$

$$q_2=2800\text{Kg/m};$$

$$q_3=2500\text{Kg/m}.$$

-Tải trọng ngang tại các nút:

$$P_2=980\text{Kg}; P_3=1060\text{Kg};$$

$$P_4=1140\text{Kg}; P_5=1220\text{Kg};$$

$$P_6=1300\text{Kg}; P_7=1380\text{Kg};$$

$$P_8=1460\text{Kg}; P_9=1540\text{Kg};$$

$$P_{10}=1620\text{Kg}; P_{11}=1700\text{Kg};$$

$$P_{12}=1780\text{Kg}; P_{13}=1200\text{Kg}.$$

Kết quả tính toán đã chọn được phương án tối ưu, chi tiết thể hiện trên bảng 2. Giá trị hàm mục tiêu của phương án tối ưu là 5687,9.

Sau khi tìm được phương án tối ưu, chương trình sẽ tự động tính toán chọn ra trong số các phương án có tiết diện phù hợp với điều kiện thiết kế, thi công thực tế (nhưng gần với phương án tối ưu) một phương án có giá trị hàm mục tiêu nhỏ nhất làm phương án tối ưu thực tế.

Bảng 3 : Kết quả thiết kế tối ưu khung 12 tầng 3 nhịp

Loại cấu kiện	Tiết diện ban đầu		Tiết diện tối ưu		Diện tích cốt thép tối ưu (cm ²)		
	B (m)	h (m)	b (m)	h (m)	Nhịp	Gối trái	Gối phải
C ₁	0.3	0.5	0.4087	0.4087	6.6812		
C ₂	0.3	0.45	0.2937	0.4187	4.9179		
C ₃	0.25	0.4	0.2	0.4286	5.0562		
C ₄	0.25	0.35	0.2	0.3210	11.6286		
C ₅	0.4	0.5	0.5589	0.5589	12.4962		
C ₆	0.35	0.45	0.4297	0.4297	7.3843		
C ₇	0.3	0.4	0.3464	0.3473	4.8126		
C ₈	0.25	0.35	0.2	0.2	4.52		
D ₁	0.3	0.6	0.21	0.6287	4.2763	2.28	17.2747
D ₂	0.3	0.55	0.2153	0.6432	4.6003	2.26	16.3638
D ₃	0.25	0.5	0.2	0.4982	5.8502	2.28	16.9035
D ₄	0.25	0.4	0.2034	0.4676	7.0332	2.26	13.0573
D ₅	0.3	0.6	0.2154	0.6435	3.5357	2.28	17.5313
D ₆	0.3	0.55	0.2141	0.6396	3.937	2.26	14.7266
D ₇	0.25	0.5	0.2081	0.6019	3.4539	4.2201	12.0590
D ₈	0.25	0.4	0.2048	0.4845	3.6084	9.7402	9.3190
D ₉	0.3	0.6	0.2135	0.6382	4.6259	2.28	12.9681
D ₁₀	0.3	0.55	0.2129	0.6364	4.1856	2.26	12.3984
D ₁₁	0.25	0.5	0.2068	0.6182	3.8152	3.8152	11.1657
D ₁₂	0.25	0.4	0.2057	0.4894	5.7862	9.1745	10.5843

Tuy nhiên, đối với bài toán có số lượng biến thiết kế khá lớn như ví dụ này, thì việc chọn phương án có tiết diện theo điều kiện thiết kế, thi công thực tế một cách tự động theo chương trình thì sẽ mất rất nhiều thời gian do khối lượng tính toán rất lớn (số lượng phương án tính toán là 2^{2n} , với n là tổng số loại cột và dầm được thiết kế).

Để khắc phục vấn đề này khi giải quyết những khung có số biến thiết kế lớn, tác giả đã dựa trên kết quả thiết kế tối ưu để chọn một số phương án có tiết diện gần nhất và giải các phương án này để tính giá trị hàm mục tiêu.

Qua vài lần tính, ta có thể chọn được **phương án tối ưu thực tế** có giá trị hàm mục tiêu chênh lệch không đáng kể so với kết quả thiết kế tối ưu đã tìm được. Cụ thể qua ví dụ này tác giả đã tính toán với 3 phương án (xem bảng 3). Phương án 1 có giá trị hàm mục tiêu là 5758,3, phương án 2 có giá trị hàm mục tiêu là 5730,9 và phương án 3 có giá trị hàm mục tiêu là 5704,1. Như vậy so với kết quả thiết kế tối ưu có giá trị hàm mục tiêu là 5687,9 thì phương án 3 chỉ chênh lệch +0,285% do đó có thể chọn làm phương án tối ưu thực tế.

Bảng 4 : Bảng tổng hợp các phương án

Loại cấu kiện	Phương án 1		Phương án 2		Phương án 3	
	b (m)	h (m)	b (m)	h (m)	b (m)	h (m)
C ₁	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
C ₂	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4
C ₃	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4
C ₄	0.2	0.35	0.2	0.35	0.2	0.35
C ₅	0.55	0.55	0.55	0.55	0.5	0.5
C ₆	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
C ₇	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
C ₈	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
D ₁	0.25	0.6	0.25	0.6	0.2	0.6
D ₂	0.2	0.6	0.2	0.6	0.2	0.6
D ₃	0.2	0.5	0.2	0.5	0.2	0.5
D ₄	0.2	0.45	0.2	0.45	0.2	0.45
D ₅	0.25	0.6	0.25	0.6	0.2	0.6
D ₆	0.2	0.6	0.2	0.6	0.2	0.6
D ₇	0.2	0.5	0.2	0.5	0.2	0.5
D ₈	0.2	0.5	0.2	0.45	0.2	0.45
D ₉	0.25	0.6	0.25	0.6	0.2	0.6
D ₁₀	0.2	0.6	0.2	0.6	0.2	0.6
D ₁₁	0.2	0.6	0.2	0.5	0.2	0.5
D ₁₂	0.2	0.5	0.2	0.45	0.2	0.45

6. KẾT LUẬN:

Những kết quả nghiên cứu bằng số cho thấy sự hữu hiệu của chương trình tự động hoá thiết kế tối ưu khung bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn Việt Nam trong đó thuật toán tối ưu được sử dụng là chuỗi các chương trình tuyến tính. Chương trình có thể giúp cho người thiết kế kết cấu bê tông cốt thép xác định ngay tiết diện tối ưu của các cấu kiện và diện tích cốt thép yêu cầu trên các mặt cắt.

Việc áp dụng thuật toán chuỗi các chương trình tuyến tính trong thiết kế tối ưu kết cấu đã cho kết quả khả quan. Qua đây, chúng ta cũng có thể nghiên cứu và áp dụng các thuật toán khác như: hàm phạt, hàm rào cản, hàm Lagrange... để có thể chọn được giải pháp phù hợp với từng loại kết cấu.

Ngoài ra, kết quả bài toán cũng đã mở ra nhiều hướng nghiên cứu mới và có thể áp dụng cho những dạng công trình khác như : kết cấu khung không gian, kết cấu cầu, kết cấu mặt đường...

OPTIMUM DESIGN OF REINFORCED CONCRETE FRAMES FOLLOWING VIETNAMESE BENCHMARK (TCVN)

Vu Duc Thang, Bui Cong Thanh

ABSTRACT: *The paper aims constructing an optimum design program for reinforced concrete frames basing on Vietnamese design code TCVN-1991. The internal forces analysis is realized by using the finite element method. For solving the optimum problem, the program has used the algorithm of Sequential Linear Programming and the programming language is MATLAB through the software MATLAB version 5.3.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Xây Dựng, “Tuyển tập Tiêu chuẩn Xây Dựng của Việt Nam. tập III”, NXB Xây dựng, 1997
- [2] Bùi Minh Trí, “Quy hoạch toán học”, Nhà xuất bản KHKT, 1999
- [3] E. J. Haug & J. S. Arora, ‘Applied optimal design: Mechanical and Structural Systems’, John Wiley & Sons Eds., 1979
- [4] J. Munro, C.S. Krishnamoorthy, C.W.Yu, “Optimal design of reinforced concrete frames”, The Structural Engineer, N^o7, Vol.50, July 1978
- [5] Garret N. Vanderplaats, “Numerical optimization techniques for engineering design”, McGraw Hill Book Company, 1984
- [6] G. A. Mohr, “Finite Element Optimization of structures – I”, Computers & Structures, Vol.53, 1217-1220, 1994
- [7] G. A. Mohr, “Finite Element Optimization of structures – II”, Computers & Structures, Vol.53, 1221-1224, 1994
- [8] Nguyễn Hoài Sơn, “Ứng dụng MATLAB trong tính toán kỹ thuật”, NXB ĐHQG TP HCM, 2000
- [9] Uri Kirsch, ‘Optimum structural design: Concept, Methods and Applications’, McGraw Hill Book Company, 1981
- [10] Vũ Đức Thắng, “Thiết kế tối ưu kết cấu bê tông cốt thép qua phân tích kết cấu bằng phương pháp phần tử hữu hạn”, Luận văn Thạc sỹ được lưu trữ tại Thư viện Trường ĐHBK TP.HCM, 2002