

PHÂN TÍCH PHƯƠNG PHÁP TÍNH DẦM CHUYỂN ĐỠ CỘT THEO MÔ HÌNH GIÀN ẢO PHẪNG VÀ MÔ HÌNH GIÀN ẢO KHÔNG GIÀN CHO BÀI TOÁN LÝ THUYẾT VÀ THỰC TẾ

ANALYZING OF TRANSFER BEAMS SUPPORTING COLUMNS USING PLANE AND SPACE STRUT AND TIE MODELS FOR THEORETICAL AND PRACTICAL PROBLEMS

Nguyễn Thành Công^{1*}, Huỳnh Văn Hiệp¹, Từ Hồng Nhung¹, Bùi Phước Hào¹

¹Trường Đại học Trà Vinh

*Tác giả liên hệ: nguyenthanhcong@tvu.edu.vn

(Nhận bài: 15/10/2020, Chấp nhận đăng: 24/11/2020)

Tóm tắt - Dầm chuyển được dùng để thiết kế các công trình có kết cấu thay đổi theo chiều đứng. Phương pháp thiết kế loại dầm này chưa có trong Tiêu chuẩn Việt Nam. Bài báo này trình bày lý thuyết và so sánh kết quả tính với thiết kế của dầm chuyển đỡ cột của công trình thực tế. Phương pháp tính toán được sử dụng là mô hình giàn ảo phẳng (2DSTM) và mô hình giàn ảo không gian (3DSTM). Xét cốt thép dọc chịu lực của dầm theo phương X và phương Y thì kết quả cho thấy, thiết kế thực tế lớn hơn phương pháp 2DSTM và phương pháp 3DSTM từ 60,75% đến 76,13%. Điều đó chứng tỏ, 2DSTM và 3DSTM dùng phân tích, tính toán dầm chuyển đỡ cột là chính xác, phù hợp, có độ tin cậy cao, đạt hiệu quả cả về yếu tố kinh tế và kỹ thuật.

Từ khóa - Dầm chuyển; mô hình giàn ảo phẳng; mô hình giàn ảo không gian.

1. Đặt vấn đề

Hệ thống dầm chuyển là một giải pháp kết cấu hữu hiệu cho nhà cao tầng bê tông cốt thép có kết cấu theo chiều đứng thay đổi. Dầm chuyển thường được thiết kế đỡ cột, vách cứng, ... Ở Việt Nam và các nước phát triển đã áp dụng phương pháp thiết kế theo mô hình giàn ảo phẳng (2DSTM) cho dầm chuyển bê tông cốt thép. Theo đó, 2DSTM đã sử dụng để thiết kế dầm chuyển bê tông cốt thép có sự không liên tục về tải trọng và hình học (vùng D).

Mặt khác, phương pháp thiết kế dầm chuyển theo 2DSTM tồn tại nhiều điểm chưa hợp lý như thực tế mô hình giàn ảo là mô hình giàn ảo siêu tĩnh, không tồn tại các tấm chịu lực tại vị trí gối đỡ trên và dưới dầm chuyển, ... Xét thấy sự cần thiết, nên nhóm tác giả làm rõ những ưu điểm của phương pháp thiết kế dầm chuyển theo mô hình giàn ảo không gian (3DSTM). Trong bài báo này, nhóm tác giả sẽ dựa vào 1 trường hợp dầm chuyển đỡ cột cụ thể của công trình thực tế là công trình Tổ hợp khách sạn 5 sao và căn hộ cao cấp Ánh Dương - Soleil Đà Nẵng (sau đây gọi tắt là công trình Ánh Dương Soleil Tp. Đà Nẵng); Tiến hành thiết kế lại dầm chuyển theo 2DSTM và 3DSTM. Các kết quả tính toán lý thuyết của dầm chuyển đỡ cột nêu trên được so sánh với thiết kế thực tế và đưa ra các khuyến nghị phù hợp giữa kinh tế và kỹ thuật.

2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu tính toán

2.1. Khái quát thiết kế dầm chuyển theo mô hình giàn ảo

Dầm chuyển là kiểu dầm có độ cứng và tiết diện hình học

Abstract - Transfer beams are used in the design of tall buildings. The design method of these beams is not guided in Vietnamese standards. This paper is to show the theory of plane and space strut and tie models (STM) and applies these models to calculate the longitudinal reinforcement of transfer beams in a specific building. The calculation results are compared to the practical results and show that results of practical design are 60,75% and 76,13% larger than the 2D and 3D strut and tie models in X and Y directions, respectively. As a results, the 2DSTM and 3DSTM models are appropriate methods for calculating the transfer beams.

Key words - Transfer beams; plane strut and tie models; space strut and tie models

tương đối lớn, chịu tải trọng trên 1 mặt và được đỡ trên mặt đối diện. Đặc biệt, dầm có các đặc điểm sau [1-3]: Nhịp thông thủy bé hơn hoặc bằng 4 lần chiều cao của dầm 1 nhịp và 5 lần chiều cao của dầm liên tục, tải trọng tập trung xuất hiện tại vị trí trong khoảng nhỏ hơn 2 lần chiều cao dầm tính từ mép gối đỡ.

Mô hình giàn ảo đề xuất của [4] được thiết lập dựa vào trạng thái giới hạn bền của kết cấu. Tuy nhiên, trạng thái giới hạn sử dụng như độ lệch và bố trí cốt thép đã đề cập trong [5], cũng cần phải kiểm chứng bằng các tính toán cụ thể.

Tính toán dầm chuyển theo mô hình giàn ảo thì tất cả các nội lực và ngoại lực cùng làm việc trong 1 cấu kiện. Hơn nữa, tính chất phức tạp về cấu trúc và ứng suất trong cấu kiện được thay thế bằng hệ thanh chống, thanh giằng và các nút. Dựa vào sự phân bố ứng suất trong dầm ta có thể thiết lập được nhiều mô hình giàn ảo khác nhau. Vì thế, mô hình giàn tối ưu nhất với ít thanh chống nhất cùng chiều dài ngắn nhất đã được nhận biết bằng công thức (1), [1].

$$\sum_i^n T_i l_i = \text{Minimum} \quad (1)$$

Trong đó: T_i – lực giằng i ; l_i – chiều dài phân tử i

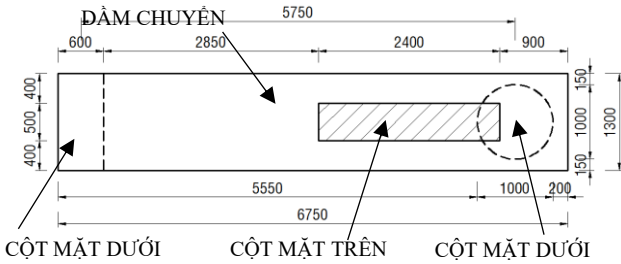
Dầm chuyển có chiều cao lớn, có ứng xử khác biệt so với dầm thường và không tuân theo giả thiết dầm của Bernoulli. Trên tiết diện dầm chuyển hình thành hai vùng có biến dạng khác nhau: Vùng B là vùng liên tục, có biến dạng tuyến tính và vùng D là vùng không liên tục, có biến dạng phi tuyến. Trong vùng B, có thể áp dụng lý thuyết dầm, nhưng trong vùng D, vùng có trạng thái ứng suất phức tạp, có phân phối

¹ Tra Vinh University (Nguyen Thanh Cong, Huynh Van Hiep, Tu Hong Nhung, Bui Phuoc Hao)

biến dạng phi tuyến lớn dễ bị nứt khi chịu sự tác động của tải trọng hoặc sự không liên tục về hình học. Do đó, không thể áp dụng lý thuyết đàn để thiết kế cho vùng D. Chính vì lý do đó, mô hình giàn ảo đã được phát triển để phân tích và thiết kế cho vùng D, vùng bị phá hoại do nứt.

2.2. Số liệu tính toán của dầm chuyển thực tế

Công trình Ánh Dương Soleil Tp. Đà Nẵng, giao lộ Phạm Văn Đồng và Võ Nguyên Giáp, phường Phước Mỹ, quận Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng gồm 49 tầng, 2 tầng hầm với các khu trung tâm thương mại, khu kỹ thuật, khách sạn và căn hộ cao cấp. Kết cấu dầm chuyển đỡ cột (Dầm D4-1A của Hồ sơ thiết kế công trình Ánh Dương Soleil Tp. Đà Nẵng) [6], có đặc trưng về kích thước cụ thể xem Hình 1. Ngoài ra, thông số đầu vào dùng tính toán dầm dùng cho 2 phương pháp 2DSTM và 3DSTM được tổng hợp trong Bảng 1.



Hình 1. Các đặc trưng kích thước dầm chuyển đỡ cột

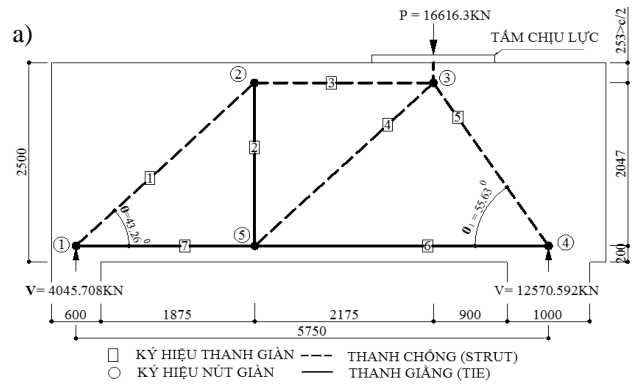
Bảng 1. Thông số của công trình Ánh Dương Soleil Tp. Đà Nẵng [6]

Thông số	Tên	Đơn vị	Giá trị
Tải trọng tính toán (lực dọc tại chân cột mặt trên dầm xuất kết quả từ phần mềm tính toán kết cấu Etabs)	N	kN	16616,3
Tiết diện dầm	b×h	mm×mm	1300×2500
Tâm chịu lực tại điểm có tải trọng tập trung mặt trên dầm	b ₁ ×h ₁	mm×mm	1300×2500
Cường độ chịu nén tính toán của bê tông B40 quy đổi sang Tiêu chuẩn Việt Nam	f _c	MPa	29
Cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép CB 500-V quy đổi sang Tiêu chuẩn Việt Nam	f _y	MPa	428
Khoảng cách từ mép bê tông chịu kéo đến tim thanh giăng	e ₁	mm	200
Khoảng cách từ mép bê tông chịu nén đến tim thanh chống	e ₂	mm	253
Chiều cao làm việc của dầm	d	mm	2393
Chiều cao vùng bê tông chịu nén theo giả thiết	c	mm	318
Chiều cao vùng bê tông chịu nén theo thực tế	z	mm	2047

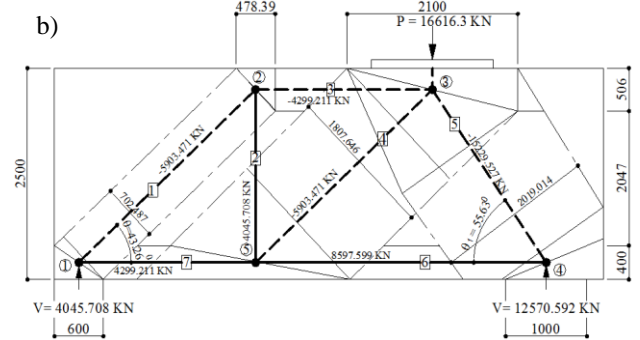
Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả xét dầm chuyển chỉ chịu tác dụng của lực tập trung là lực dọc tại chân cột mặt trên dầm. Đối với dầm chuyển chịu thêm tác dụng của trọng lượng bản thân và mô men uốn sẽ được trình bày chi tiết trong một bài báo khác.

2.3. Lý thuyết tính toán dầm chuyển theo mô hình giàn ảo phẳng [3, 4]

Chọn 2DSTM cho dầm chuyển đỡ cột của công trình Ánh Dương Soleil Tp. Đà Nẵng [6] có thông số kích thước như Hình 2.



Hình 2a. Mô hình giàn ảo phẳng dầm chuyển đỡ cột



Hình 2b. Nội lực và tiết diện các thanh giăng

2.3.1. Quy đổi lực

Lực quy đổi từ lực tập trung là lực dọc tại chân cột mặt trên dầm có giá trị P = N = 16616,3 kN.

2.3.2. Các điều kiện kiểm tra mô hình giàn ảo

a. Điều kiện chịu lực tại nút

$$\phi F_n \geq F_u \tag{2}$$

b. Điều kiện chịu lực của thanh chống

$$F_{ns} = f_{ce} A_{cs} \tag{3}$$

c. Điều kiện chịu lực của vùng nút

$$F_m = f_{ce} A_{cs} \tag{4}$$

d. Điều kiện ứng suất tại vị trí đặt lực hoặc gối tựa

$$\sigma \leq 0,85\phi\beta_2 f'_c \tag{5}$$

Điều kiện ứng suất tại vùng nút

$$W_{req} \leq W_{prov} \tag{6}$$

Với:

Bề rộng của nút:

$$W_{req} = \frac{F_u}{\phi f_{ce} b} \tag{7}$$

Bề rộng của thanh chống xiên trong vùng D

$$W_{prov} = w_t \cos \delta + l_b \sin \delta \tag{8}$$

e. Điều kiện chịu cắt

$$V_u = \phi V_n \tag{9}$$

Với:

$$V_n = \phi \left[\frac{2}{3} \left(10 + \frac{l_n}{d} \right) \sqrt{f'_c b_w d} \right] \tag{10}$$

f. Tính cốt thép thanh giằng (cốt dọc)

$$A_{st} = \frac{F_{nt}}{\phi f_y} \tag{11}$$

Trong đó:

F_n / F_u - khả năng chịu lực/nội lực của thanh chống hoặc thanh giằng hoặc vùng nút.

F_{ns} / F_{nn} - khả năng chịu lực của thanh chống/vùng nút.

f_c - cường độ chịu nén hiệu quả của bê tông trong vùng thanh chống hoặc vùng nút được xác định theo [4].

A_{cs} - diện tích mặt cắt ngang hiệu quả của bê tông trong vùng thanh chống hoặc vùng nút.

β_2 - hệ số kể đến ảnh hưởng của sự nứt và sự hạn chế không gian của cốt thép được xác định theo [4].

ϕ - hệ số giảm độ bền được xác định theo [4].

w_t - bề rộng thanh chống hoặc thanh giằng.

l_b - bề rộng chịu ép của bê tông.

F_{nt} - cường độ chịu kéo của thanh giằng.

l_n - nhịp thông thủy của dầm.

$b_w = b$ - bề rộng dầm.

2.3.3. Kết quả tính dầm chuyển theo 2DSTM

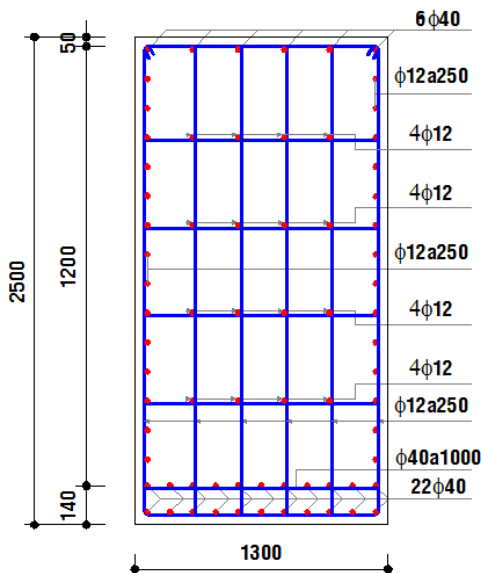
a. Tính, chọn và bố trí cốt thép

Bảng 2 trình bày kết quả tính và chọn cốt thép dọc cho dầm chuyển. Theo đó, các số liệu của thanh giằng 6 được dùng để tính, chọn và bố trí cốt thép vì trong 2DSTM thì thanh giằng này có kết quả nội lực lớn nhất.

Bảng 2. Kết quả tính cốt thép dầm chuyển theo 2DSTM

Thanh giằng	Nội lực (kN)	A_{st} (mm ²)	Chọn thép	A_{sc} (mm ²)
6	8597,599	26783,798	22Ø40	27654
7	4299,211	13393,181	11Ø40	13827

Hình 3 thể hiện phương án bố trí cốt thép cho dầm. Cốt dọc được bố trí 2 lớp (1 lớp 11 thanh) và lớp thứ 2 được cắt tại vị trí nút 5 trong 2DSTM vì thanh giằng 7 chỉ cần 1 lớp thép (11 thanh).



Hình 3. Mặt cắt bố trí cốt thép dầm theo 2DSTM

b. Phân tích các kết quả kiểm tra 2DSTM của dầm

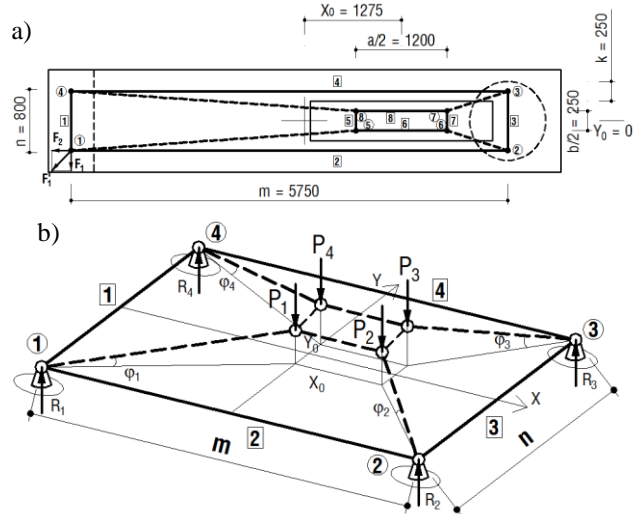
2DSTM đã tổng nhất nội lực và ngoại lực cùng làm việc trên 1 cấu kiện. Ngoài ra, mô hình giàn cũng được phân tích, kiểm tra tính phù hợp với các điều kiện về ứng suất và điều kiện bền. Kết quả chi tiết được thể hiện ở Bảng 3, cụ thể nhóm tác giả tiến hành kiểm tra cho những thanh chống, thanh giằng, các nút gặp bất lợi nhất.

Bảng 3. Kiểm tra 2DSTM theo ứng suất, theo điều kiện bền

Thông số kiểm tra	Điều kiện	Kết quả
Độ bền thanh chống 5	F_u (kN) $\leq \phi F_{ns}$ (kN) $15229,93 \leq 36394$	Đạt
Độ bền vùng nút 2	W_{red} (mm) $\leq W_{prov}$ (mm) $307,041 < 702,487$	Đạt
Ứng suất tại gối tựa 2	σ (MPa) $\leq \phi 0,85 \beta_2 f_c$ (MPa) $11,115 < 14,79$	Đạt
Điều kiện chịu cắt	V_u (kN) $\leq \phi V_n$ (kN) $97835 < 12570,592$	Đạt

2.4. Lý thuyết tính toán dầm chuyển theo mô hình giàn ảo không gian [1, 4]

Xét 3DSTM cho dầm chuyển đỡ cột của công trình Ánh Dương Soleil Tp. Đà Nẵng [6] có thông số kích thước như Hình 4.



Hình 4. a) Đặc trưng kích thước mô hình giàn ảo không gian
b) Mô hình giàn ảo không gian dầm chuyển đỡ cột

2.4.1. Quy đổi lực

Lực quy đổi từ lực tập trung là lực dọc tại chân cột mặt trên dầm có giá trị $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = N/4 = 4154,075$ kN.

2.4.2. Phân lực tại các gối tựa

$$V_1 = \frac{1}{m^2} (\alpha_2^1 \alpha_2^2 P_1 + \alpha_1^1 \alpha_2^2 P_2 + \alpha_4^1 \alpha_2^2 P_3 + \alpha_3^1 \alpha_2^2 P_4) \tag{12}$$

$$V_2 = \frac{1}{n^2} (\alpha_3^1 \alpha_2^2 P_1 + \alpha_1^1 \alpha_2^2 P_2 + \alpha_1^1 \alpha_2^2 P_3 + \alpha_3^1 \alpha_2^2 P_4) \tag{13}$$

$$V_3 = \frac{1}{n^2} (\alpha_3^1 \alpha_2^2 P_1 + \alpha_1^1 \alpha_2^2 P_2 + \alpha_1^1 \alpha_2^2 P_3 + \alpha_3^1 \alpha_2^2 P_4) \tag{14}$$

$$V_4 = \frac{1}{m^2} (\alpha_2^1 \alpha_1^2 P_1 + \alpha_4^1 \alpha_1^2 P_2 + \alpha_4^1 \alpha_1^2 P_3 + \alpha_2^1 \alpha_1^2 P_4) \tag{15}$$

Với:

$$\alpha_1^1 = \left(\frac{m}{2} + \frac{a}{2} + X_0 \right); \quad \alpha_2^1 = \left(\frac{m}{2} + \frac{a}{2} - X_0 \right)$$

$$\alpha_3^1 = \left(\frac{m}{2} - \frac{a}{2} + X_0 \right); \quad \alpha_4^1 = \left(\frac{m}{2} - \frac{a}{2} - X_0 \right)$$

$$\alpha_1^2 = \left(\frac{n}{2} + \frac{b}{2} + Y_0 \right); \quad \alpha_2^2 = \left(\frac{n}{2} + \frac{b}{2} - Y_0 \right)$$

$$\alpha_3^2 = \left(\frac{n}{2} - \frac{b}{2} + Y_0 \right); \quad \alpha_4^2 = \left(\frac{n}{2} - \frac{b}{2} - Y_0 \right)$$

2.4.3. Góc nghiêng của thanh chống

$$\tan \varphi_1 = \frac{d}{\sqrt{(\alpha_3^1)^2 + (\alpha_3^2)^2}} \quad (16)$$

$$\tan \varphi_2 = \frac{d}{\sqrt{(\alpha_4^1)^2 + (\alpha_4^2)^2}} \quad (17)$$

$$\tan \varphi_3 = \frac{d}{\sqrt{(\alpha_1^2)^2 + (\alpha_2^2)^2}} \quad (18)$$

$$\tan \varphi_4 = \frac{d}{\sqrt{(\alpha_3^1)^2 + (\alpha_4^1)^2}} \quad (19)$$

2.4.4. Các điều kiện kiểm tra

a. Điều kiện phá hoại tại chân cột

$$\sum_{i=1}^{i=2} \frac{P_i}{a^2 \sin^2 \varphi_i} + \sum_{i=3}^{i=4} \frac{P_i}{b^2 \sin^2 \varphi_i} \leq 1,35 f_c' \quad (20)$$

b. Điều kiện ứng suất thanh chịu nén

$$\frac{V_i}{32k^2 \sin^2 \varphi_i} \leq 1,35 f_c' \quad (21)$$

2.4.5. Lực kéo trong các thanh giằng

$$F_1 = \frac{1}{2d} (V_1 \alpha_3^2 + V_2 \alpha_4^2) \quad (22)$$

$$F_2 = \frac{1}{2d} (V_2 \alpha_4^1 + V_1 \alpha_3^1) \quad (23)$$

$$F_3 = \frac{1}{2d} (V_3 \alpha_4^2 + V_4 \alpha_3^2) \quad (24)$$

$$F_4 = \frac{1}{2d} (V_4 \alpha_3^1 + V_3 \alpha_4^1) \quad (25)$$

2.4.6. Tính cốt thép thanh giằng (cốt dọc)

a. Thép ở cạnh

$$A_{stc} = \frac{\alpha F_i}{\phi f_y} \quad (26)$$

b. Thép ở giữa

$$A_{stg} \geq 1,2(1 - \alpha) \frac{F_i}{f_y} \quad (27)$$

Với: $\alpha = 0,75 - 0,85$

Trong đó:

k - đường kính gối tựa giả định của giàn ảo không gian ở mặt dưới dầm, $k = 250$ mm.

X_0 - độ lệch tìm cột theo phương X.

Y_0 - độ lệch tìm cột theo phương Y.

a/b - chiều cao/chiều rộng cột mặt trên dầm.

m - khoảng cách giữa 2 gối tựa giàn theo phương X.

n - khoảng cách giữa 2 gối tựa giàn theo phương Y.

2.4.7. Kết quả tính dầm chuyển theo STM 3D

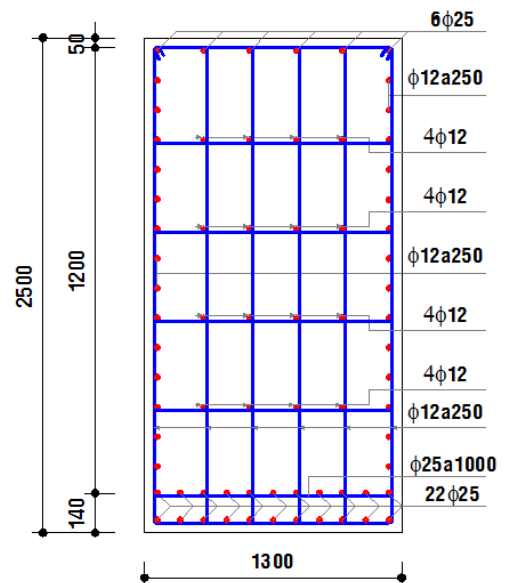
a. Tính, chọn và bố trí cốt thép

Bảng 4 trình bày kết quả tính và chọn cốt thép dọc cho dầm chuyển theo 3DSTM. Trường hợp này, nhóm tác giả tính, chọn và bố trí cốt thép cho thanh giằng 2 và 3 vì trong 3DSTM thì các thanh giằng này có kết quả nội lực lớn nhất theo 2 phương X và phương Y.

Bảng 4. Kết quả tính cốt thép dầm chuyển theo 3DSTM

Thanh giằng	Nội lực (kN)	A_{st} (mm ²)	Chọn thép	A_{sc} (mm ²)
Thép ở cạnh				
2	4028,052	10666,181	22Ø25	10802
3	1208,559	3200,234	11Ø20	3454
Thép ở giữa				
2	4028,052	2258,721	12Ø16	2412
3	1208,559	576,042	6Ø12	678

Hình 5 mô tả bố trí cốt thép cho dầm chuyển theo 3DSTM. Cốt dọc được bố trí theo cả 2 phương gồm: Thép ở cạnh và thép ở giữa.



Hình 5. Mặt cắt bố trí cốt thép dầm theo 3DSTM

b. Phân tích các kết quả kiểm tra 3DSTM của dầm

Trong bài viết này 3DSTM đã được phân tích, kiểm tra tính phù hợp với các điều kiện về ứng suất và điều kiện bền. Kết quả chi tiết được thể hiện ở Bảng 5, cụ thể nhóm tác giả tiến hành kiểm tra cho những thanh chống, thanh giằng, các nút gập bất lợi nhất.

Bảng 5. Kiểm tra 3DSTM theo ứng suất, theo điều kiện bền

Thông số kiểm tra	Điều kiện	Kết quả
Điều kiện phá hoại tại chân cột	Công thức (20) 14,208 MPa < 39,15 MPa	Đạt
Điều kiện ứng suất thanh chịu nén	Công thức (21) 23,608 MPa ≤ 39,15 MPa	Đạt

2.5. Phân tích thiết kế dầm chuyển thực tế [6]

Dựa vào hồ sơ thiết kế công trình Ánh Dương Soleil Tp. Đà Nẵng, nhóm tác giả thể hiện lại mặt cắt bố trí cốt thép dầm như Hình 6.

dầm chuyển đỡ cột của các công trình xây dựng sẽ gia tăng hiệu quả cả về yếu tố kinh tế và kỹ thuật.

Sử dụng 2DSTM và 3DSTM để thiết kế dầm chuyển đỡ cột đều dễ thực hiện. Để đảm bảo gia tăng tính hiệu quả đối cho công tác thiết kế cần xem các phương pháp này là tối ưu nhất trong các phương pháp đang được áp dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Hoa, Hồ Hữu Chinh, “Thiết kế đài cọc bê tông cốt thép theo mô hình giàn ảo không gian: lý thuyết và thực nghiệm”, *Hội nghị khoa học và công nghệ Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh lần thứ 11*, 2009, trang 264-269.
- [2] Chu Thị Bình, “Phân tích phi tuyến kết cấu dầm cao bê tông cốt thép có khoét lỗ rỗng”, *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng*, số 3, 2017, trang 12-18.
- [3] Nguyễn Thành Công, “Thiết kế hệ kết cấu dầm chuyển trong nhà nhiều tầng – một số ứng dụng thực tế”, *Luận văn thạc sĩ – Đại học Đà Nẵng. Trường Đại học Bách khoa*, 2018.
- [4] American Concrete Institute, *ACI Committee Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14)*. Farmington Hills, Michigan, USA, 2014.
- [5] Karl – Heinz Reineck, “*Examples for Design of Structural Concrete with Strut - and - Tie model*”, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, USA, 2002, page 63-65.
- [6] Công ty TNHH Tư vấn Đại học xây dựng, “Hồ sơ thiết kế công trình Ánh Dương Soleil Đà Nẵng”, 2016.