

MỘT VÀI SUY NGHĨ VỀ VẤN ĐỀ TÍNH TOÁN CỐT THÉP CHO VÁCH CỨNG NHÀ CAO TẦNG HIỆN NAY

SOME THOUGHTS ON THE CURRENT CALCULATION FOR REINFORCED WALLS IN HIGH BUILDINGS

Nguyễn Thành Công¹

Tóm tắt

Nội dung của bài báo là trình bày lý thuyết, thực hiện phân tích, tổng hợp, tính toán cốt thép cho vách cứng nhà cao tầng có dạng tiết diện đơn giản hay tiết diện phức tạp được quy đổi sang tiết diện tương đương theo quy phạm Việt Nam và các nước. Tính toán cốt thép dọc của vách cứng, các phương pháp được sử dụng là: tính như cấu kiện chịu nén lệch tâm xiên, phân bố ứng suất đàn hồi, giả thiết vùng biên chịu nén, xây dựng biểu đồ tương tác, bố trí cốt thép trước sau đó kiểm tra khả năng chịu lực. Cốt thép ngang của vách cứng tính theo TCVN 198 - 1997 và ACI318M-08. Kết quả phân tích, tính toán chứng tỏ rằng các phương pháp tính nêu trên là khá chính xác và có độ tin cậy cao, dễ thực hiện trong các đồ án thiết kế. Ở đây, tác giả kiến nghị giải pháp tính toán cốt thép dọc cho vách cứng sử dụng lý thuyết cấu kiện chịu nén lệch tâm xiên theo quy phạm Việt Nam, cốt thép ngang của cứng tính theo TCVN 198 - 1997.

Từ khóa: vách cứng, tiết diện tương đương, tính toán cốt thép, nén lệch tâm xiên, phân bố ứng suất đàn hồi, vùng biên chịu nén, biểu đồ tương tác.

1. Đặt vấn đề

Việc tính toán cốt thép cho vách cứng nhà cao tầng hiện nay theo quy phạm Việt Nam

và trên thế giới thì tuy tiết diện ngang đã được chuẩn hóa (chữ nhật, chữ T, chữ I,...) nhưng cũng còn khá phức tạp, mức độ tùy từng quy phạm. Trong các quy phạm Việt Nam, Nga, Anh, Mỹ, Ấn Độ, việc tính toán cốt thép cho vách cứng chịu lực còn phức tạp, nếu có tiết diện chuẩn thì quy trình tính toán khá rắc rối. Trong thực tế, nếu vách cứng chịu lực có tiết diện đa dạng về dạng chịu lực và cả tiết diện ngang thì việc tính toán bằng cách nào cho đơn giản, tiết kiệm thời gian mà vẫn an toàn và không lãng phí khá được quan tâm

Theo Lê Hòa Bình (2001) và Lâm Mạnh Cường (2009), phương pháp tính toán cốt thép vách cứng nhà cao tầng hoặc là tính toán trực tiếp trên phần mềm thông dụng (SAP 2000, ETABS), trong đó

Abstract

This paper is to represent the theory, analysis, synthesis, calculation of reinforcement for walls in high buildings by converting to the equivalent section in accordance with Vietnamese standards and other countries'. The methods used to calculate vertical reinforcement are: walls calculated as obliquely eccentric compression, elastic stress distribution, assuming the compressible boundary, building interactive charts. First is to dispose reinforced and then check the bearing capacity. The horizontal reinforcement of wall is calculated by Vietnamese standard no. 198 - 1997 and ACI318M-08. The results indicated that the above calculation methods are quite accurate, highly reliable and easy to implement in the design plan. The author proposes the calculation methods for the vertical reinforcement of wall by Vietnamese standards and the horizontal reinforcement by Vietnamese Standards no. 198-1997.

Keywords: walls, equivalent section, vertical reinforcement, obliquely eccentric compression, elastic stress distribution, assuming the compressible boundary, building interactive charts, horizontal reinforcement.

có quy đổi các thông số dữ liệu từ tiêu chuẩn Việt Nam qua tiêu chuẩn Anh (BS) và Mỹ (ACI) hoặc là tính toán nội lực từ các phần mềm kết cấu rồi tính toán cốt thép theo các phương pháp: tính như cấu kiện chịu nén lệch tâm xiên, phân bố ứng suất đàn hồi, giả thiết vùng biên chịu nén, xây dựng biểu đồ tương tác, bố trí cốt thép trước sau đó kiểm tra khả năng chịu lực. Đối với cốt thép ngang trong vách, chúng ta tính theo TCVN 198 - 1997 và ACI318M-08. Nếu tính cho vách cứng có hình dạng phức tạp không có trong thư viện phần mềm kết cấu thì quy đổi về các tiết diện tương đương.

Lê Hòa Bình (2001) đã xác định được các phần mềm hiện nay hoặc chưa tính toán được cốt thép, hoặc chỉ cho kết quả tính thép theo quy phạm các nước Mỹ (ACI), Anh (BS),... cho các bài toán dạng thanh (chưa có thanh cong) với một số tiết diện tính toán nhất định. Trong các thư viện của các phần mềm, tiết diện cấu kiện là chuẩn hóa, trường

¹ Giảng viên, Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh

hợp tiết diện hệ chịu lực là phức tạp bất kỳ cần phải quy đổi về dạng tiết diện tương đương. Quá trình quy đổi tiết diện phức tạp về tiết diện đơn giản tương đương phải hết sức hợp lý để giải quyết được vấn đề đặt ra là tính toán cốt thép như thế nào, bố trí cốt thép tập trung nhiều ở các vị trí nào trên tiết diện sao cho cốt thép bố trí trên tiết diện vách cứng tương đương sẽ áp dụng được đối với tiết diện thực.

Đôi theo tốc độ phát triển của công nghệ thông tin nói chung và công nghệ phần mềm nói riêng, vấn đề thực hiện tự động hóa các phép tính từ đó rút ngắn thời gian tính toán, tăng độ chính xác của bài toán là hoàn toàn khả thi.

2. Giải quyết vấn đề

2.1. Sự cần thiết của vách cứng trong nhà nhiều tầng

Công dụng của vách cứng trong nhà cao tầng đã được công nhận từ lâu. Bố trí vách cứng tại vị trí hợp lý trên mặt bằng thì vách cứng sẽ chống đỡ rất hiệu quả tải trọng ngang do gió hoặc động đất. Hệ thống vách cứng sẽ làm cho sự dao động của công trình tối ưu nhất. Hiện nay, đa số các công trình nhà cao tầng đều sử dụng các hệ vách cứng để chịu tải trọng ngang do gió và động đất. Hiện nay, các nhà cao tầng ngày càng cao hơn và mảnh hơn nên các vách cứng càng quan trọng hơn trong hệ lực thẳng đứng. Sự cần thiết của vách cứng trong hệ chịu lực nhà cao tầng đòi hỏi vấn đề thiết kế vách cứng phải được xem xét kỹ lưỡng để đảm bảo an toàn cho công trình và giảm thiểu được tối đa các thiệt hại do chấn động (động đất) với những tổn thất chi phí rất lớn.

2.2. Sơ đồ tính toán nội lực

Sơ đồ tính toán nhà cao tầng được thiết lập trên cơ sở lý tưởng hóa mô hình vật lý phức tạp (thực tế) của công trình. Phân loại sơ đồ tính chọn nhà cao tầng theo tích chất ẩn số, hệ chịu lực của nhà cao tầng có thể đưa về các dạng sơ đồ tính toán: sơ đồ tính toán liên tục, sơ đồ tính toán rời rạc, sơ đồ tính toán rời rạc kết hợp liên tục. Để tính toán hệ chịu lực của nhà cao tầng thì sơ đồ tính toán rời rạc kết hợp liên tục sẽ tổng quát hơn và tiện lợi hơn các mô hình tính khác.

Mô hình rời rạc kết hợp liên tục coi các kết cấu chịu lực thẳng đứng của ngôi nhà là rời rạc, còn nội lực trong các liên kết giữa các kết cấu thẳng đứng với nhau được coi như phân bố đều theo chiều cao.

Để chuyển các liên kết thành phân bố đều liên tục, số tầng nhà phải đủ lớn (≥ 10 tầng) đều có thể coi những tác động tập trung ở sàn, lanh tô và các liên kết trượt khác là phân bố liên tục theo chiều cao của các kết cấu chịu lực. Phân tích các sơ đồ tính thành hệ chịu lực phức tạp hoặc hệ chịu lực song phẳng để tính toán.

2.3. Các phần mềm tính toán nội lực và tổ hợp nội lực

Ngày nay, sự phát triển của công nghệ thông tin nói chung và công nghệ phần mềm nói riêng đang diễn ra rất mạnh mẽ và thường xuyên. Vấn đề tính toán nội lực và tổ hợp nội lực cho hệ kết cấu công trình thật sự trở nên đơn giản hơn với sự trợ giúp rất nhiều của các phần mềm thiết kế: Sap 86, Sap 90, Sap 2000, Microfeap, Etabs, Staad-III, Etabs,... Một số phần mềm giải quyết các bài toán không gian với độ phức tạp rất cao: phân tích động, bài toán phi tuyến vật liệu,... Nhìn chung, các phần mềm mô phỏng giống như kết cấu vách cứng khi làm việc ngoài thực tế. Các phần mềm hoặc không cho kết quả tính thép hoặc cho kết quả tính thép nhưng chỉ theo các quy phạm trên thế giới và cũng chỉ tính được cốt thép cho các phần tử thanh với một số dạng tiết diện đơn giản có sẵn trong các thư viện phần tử. Đối với các vách cứng có tiết diện phức tạp mà phần mềm không có các tiết diện chuẩn sẵn trong thư viện, việc tính toán, phân chia và qui đổi sang tiết diện tương đương sao cho hợp lý nhất.

2.4. Nguyên lý tính toán cốt thép trong vách cứng của nhà cao tầng

Quá trình thiết kế một công trình trải qua bốn giai đoạn: sơ đồ kết cấu \rightarrow tính nội lực \rightarrow tính tiết diện \rightarrow kiểm tra bền, cứng, ổn định thì công đoạn thiết kế tính toán cốt thép cho vách cứng (giai đoạn tính tiết diện) là một khâu cực kỳ quan trọng trong thiết kế kết cấu nhà cao tầng có cấu kiện vách cứng chịu lực. Tính toán cốt thép hợp lý để đảm bảo độ an toàn, ổn định cho công trình, ít tốn kém chi phí vật liệu bê tông và cốt thép. Hiện nay, vấn đề tính toán cốt thép theo các quy phạm Việt Nam và trên thế giới còn tương đối phức tạp do bản chất phức tạp của hệ dạng hệ chịu lực. Do vậy, nhiều trường hợp thực tế buộc phải tính gần đúng, thậm chí là tạm tính.

Đặc trưng của các hệ kết cấu chịu lực bằng bê tông cốt thép sử dụng phổ biến trong nhà cao tầng thường gồm hệ kết cấu khung, hệ kết cấu vách

cứng đặc chịu lực, hệ kết cấu vách cứng có lỗ cửa chịu lực,... hay dạng kết hợp của chúng: hệ khung - vách cứng hỗn hợp, hệ kết cấu hình ống, hệ kết cấu hình hộp. Các hệ này sẽ được liên kết với nhau bằng những thanh hai đầu khớp, gắn tại mỗi cao trình sàn các tầng, chúng phân bố liên tục và đơn điệu theo chiều cao.

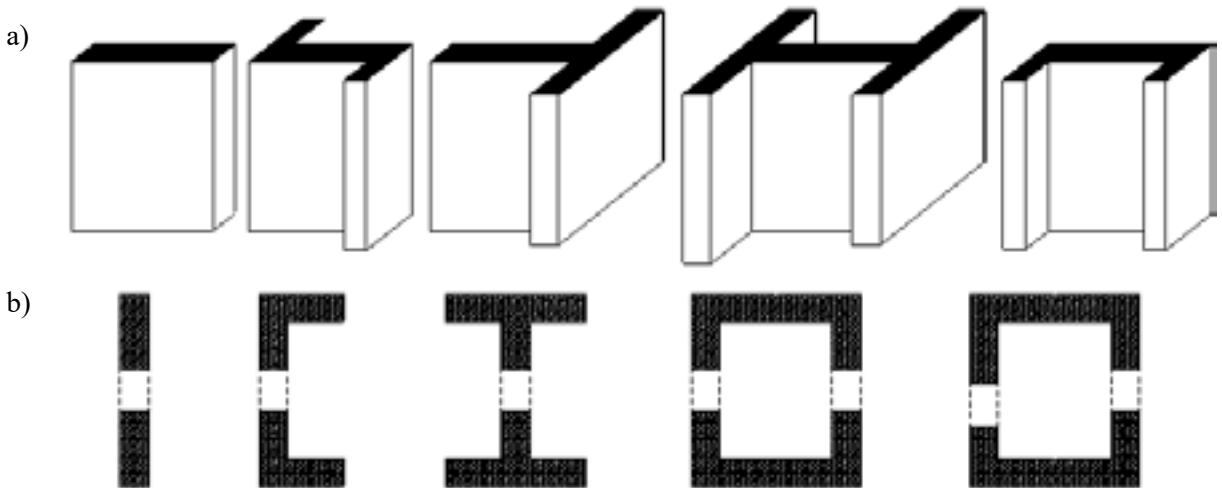
- Tính toán vách cứng ngang (sàn): tính tải và hoạt tải tính tương tự như tính với sàn ít tầng, tuy nhiên cần phải tăng chiều dày sàn để đảm bảo sàn là vách cứng ngang-đảm bảo truyền nhanh tải trọng ngang (gió) cho các hệ chịu lực cùng chịu. Đối với các công trình có tính toán tải trọng động đất, cốt thép sàn bắt buộc phải bố trí thành hai lớp riêng lẻ, ở nước ta các sàn nhà cao hơn 30 tầng thường do các đơn vị thiết kế quốc tế có nhiều kinh nghiệm thực hiện.

- Về cơ bản, vách cứng có thể xảy ra các dạng chịu lực: chịu nén lệch tâm phẳng (tiết diện đối xứng bất kỳ), chịu nén lệch tâm xiên (tiết diện đối xứng bất kỳ), uốn-xiên, uốn-xoắn, nén lệch tâm

xiên-xoắn,.. Tính toán cốt thép cho vách cứng nhà cao tầng theo các quy phạm trên thế giới thì quy trình đơn giản hơn, nhờ các bảng biểu lập sẵn hoặc các tính toán gần đúng. Tuy nhiên, nó cũng chỉ cung cấp được các bảng, biểu đồ lập sẵn cho một dạng tiết diện nhất định: chữ nhật, chữ T, I, L, với tỉ lệ các kích thước hình học và cường độ vật liệu có giới hạn. Độ phức tạp và đa dạng về tiết diện cấu kiện và dạng hệ chịu lực trong tính toán cốt thép khác nhau tùy từng quy phạm.

2.5. Vấn đề quy đổi tiết diện tương đương

Khi quy đổi tiết diện thực tế sang tiết diện tính toán tương đương cần lưu ý vị trí của trọng tâm tiết diện có quan hệ quan trọng đến tải trọng đứng. Vị trí tâm cắt hay tâm độ cứng có quan hệ quan trọng đến tải trọng ngang. Nếu lực đứng dọc trục không đặt đúng tâm tiết diện thì cấu kiện sẽ bị uốn xung quanh trục nằm ngang (nén lệch tâm, nén lệch tâm xiên). Nếu lực ngang không đặt đúng tâm độ cứng cấu kiện sẽ bị xoắn và uốn.

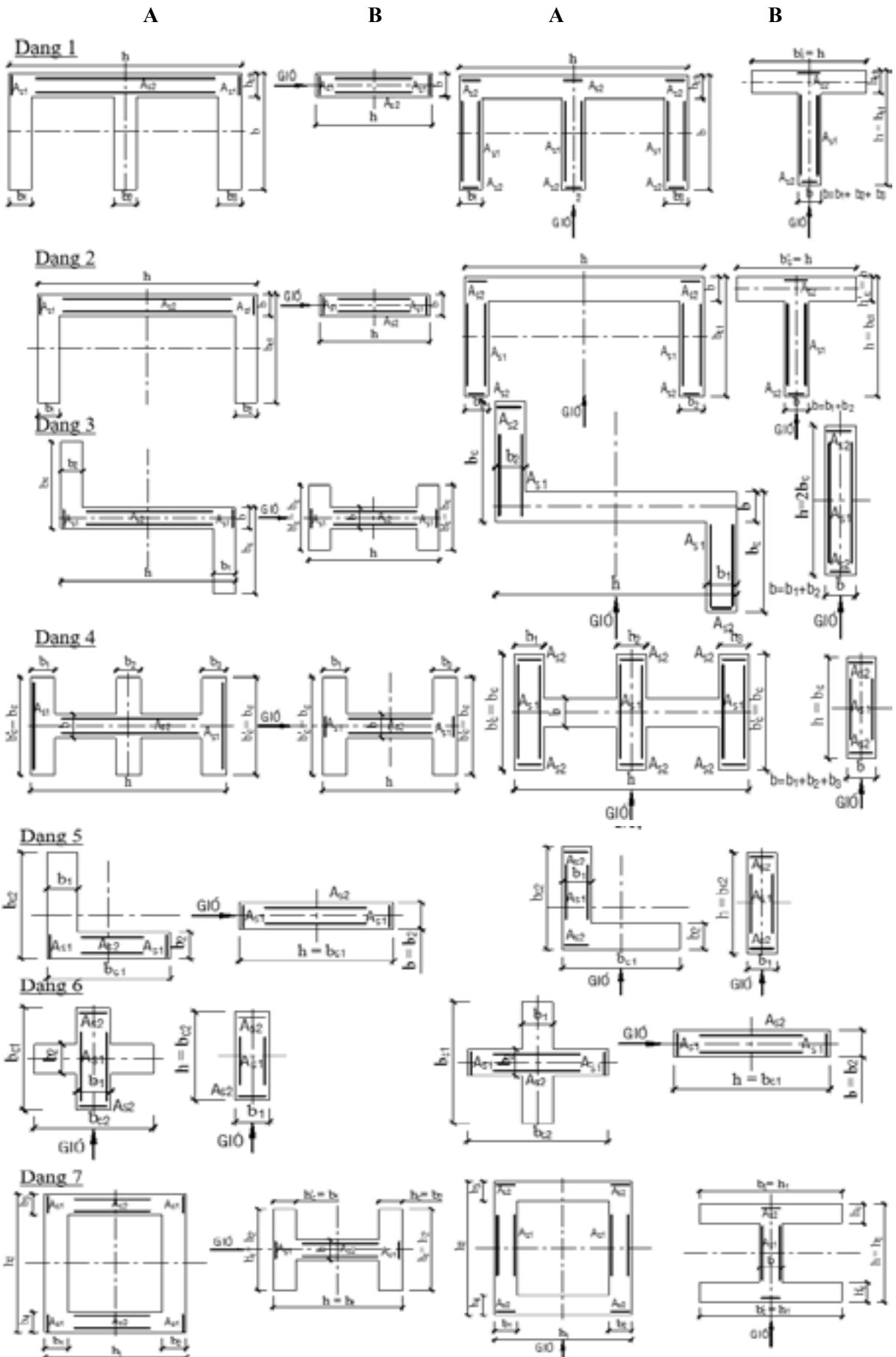


Hình 1: Các dạng vách cứng: a) Vách cứng đặc; b) Vách cứng có lỗ cửa.

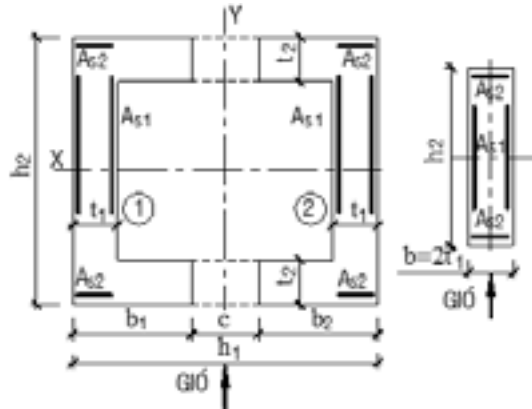
Ngoài ra, khi quy đổi tiết diện thật sang tiết diện tính toán cần phải: đảm bảo phản ánh sự phân bố ứng suất và biến dạng trên tiết diện tính toán và tiết diện thật là gần như nhau, dựa trên cơ sở tương đương về độ cứng chống uốn theo hai phương đi ngang qua trọng tâm của tiết diện, đối xứng theo từng phương, phản ánh được việc bố trí cốt thép trên tiết diện quy đổi (tiết diện sẽ sử dụng để tính cốt thép) lên tiết diện thật của vách cứng sau khi đã tính toán được cốt thép. Các trường hợp điển hình

có thể xảy ra cho các dạng tiết diện phức tạp của vách cứng là các dạng tiết diện đặc không có lỗ cửa và tiết diện bị giảm yếu do lỗ cửa.

Lê Hòa Bình (2001) đã giải thích với bài toán tính toán vách cứng có lỗ cửa sẽ trở thành tính toán các vách cứng đặc thông qua quy đổi tiết diện tương đương. Việc quy đổi tiết diện tương đương về độ cứng cho vách cứng có lỗ cửa theo các phương pháp tương tự như vách cứng đặc.



Dạng 8 : vách cứng có lỗ cửa



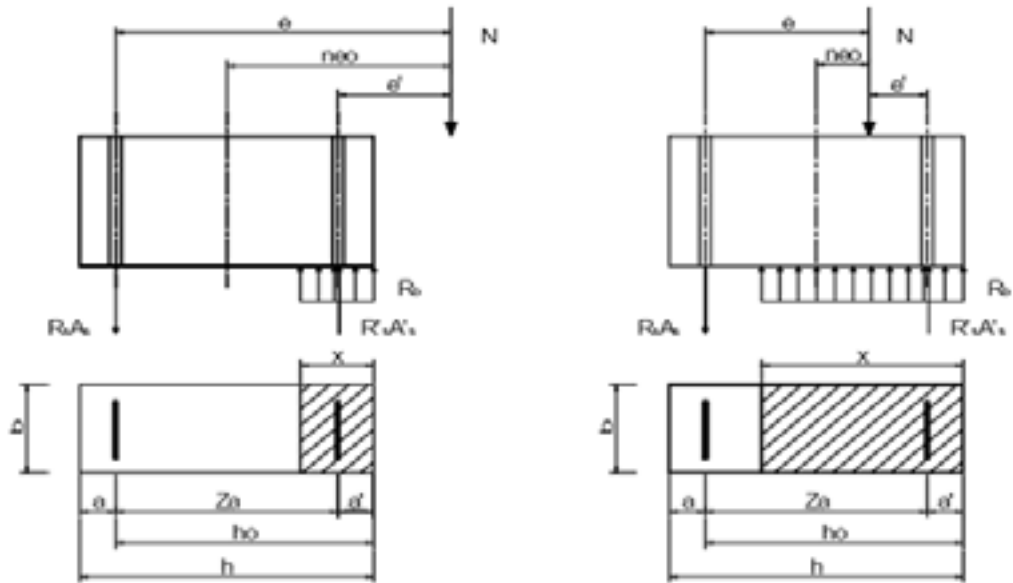
Hình 2: Một số cách quy đổi tiết diện tương đương - bố trí cốt thép
A - Tiết diện thật, B - Tiết diện tương đương

2.6 Lý thuyết tính toán cốt thép của vách cứng

2.6.1 Cốt dọc

Phương án 1d: Tính như cấu kiện chịu nén lệch tâm xiên theo quy phạm Việt Nam (TCVN 5574 - 2012), tiết diện vách cứng hình chữ nhật ($h \leq 4b$)

Sơ đồ tính:



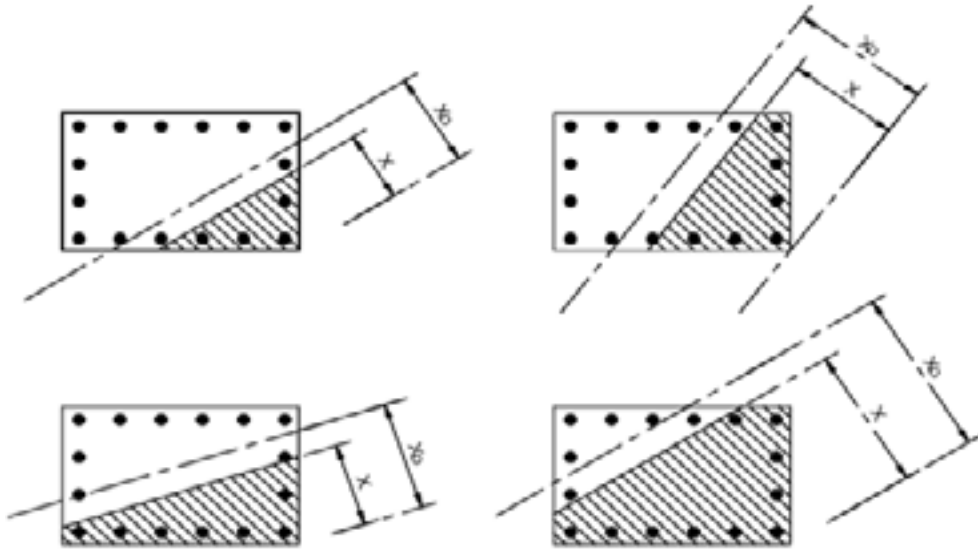
Hình 3: Sơ đồ tính cốt thép theo phương án 1d

Khi: $\xi = x / h_0 \leq \xi_R$, thì $Ne \leq R_b b_x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A_s (h_0 - a')$ và $N + R_s A_s - R_{sc} A_s' = R_b b_x$

Khi: $\xi = x / h_0 > \xi_R$, thì $Ne \leq R_b b_x (h_0 - 0.5x) + R_{sc} A_s (h_0 - a')$ và $N + \sigma_s A_s - R_{sc} A_s' = R_b b_x$

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

Nguyễn Đình Công (2006) xác định rằng vùng bê tông chịu nén có các dạng sau:



Hình 4: Các dạng của vùng nén

Phương án 2d: Phân bố ứng suất đàn hồi, tính theo tiêu chuẩn ACI 318 - 2002

Các giả thiết: vật liệu đàn hồi, ứng suất kéo do cốt thép chịu, ứng suất nén do bê tông và cốt thép cùng chịu.

Mô hình: chia vách cứng ra thành những phần tử nhỏ chịu lực kéo hoặc nén đúng tâm, coi như ứng suất phân bố đều trong mỗi phần tử. Từ đó, ta tính cốt thép cho từng phần tử.

Các bước tính toán:

Bước 1: xác định trục chính và moment quán tính chính trung tâm.

Bước 2: chia vách thành những phần tử nhỏ.

Bước 3: tính lực dọc tác dụng vào mỗi phần tử do lực dọc N và moment M_x gây ra.

$$N_i = \frac{N}{n} \pm \frac{M_x}{\sum y_i^2} \times y_i$$

Bước 4: tính diện tích cốt thép chịu nén, kéo.

Bước 5: kiểm tra hàm lượng cốt thép. Nếu diện tích cốt thép chịu lực tính được < 0 , đặt cốt thép theo cấu tạo.

Phương án 3d: giả thiết vùng biên chịu moment, tính theo tiêu chuẩn ACI 318 - 2002

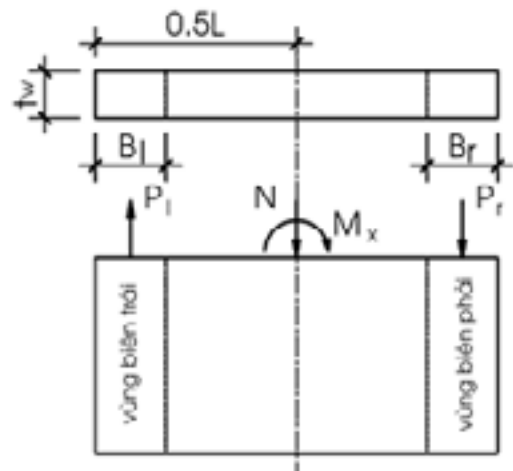
Các giả thiết: ứng suất kéo do cốt thép chịu, ứng suất nén do bê tông và cốt thép cùng chịu.

Mô hình: phương pháp này cho rằng cốt thép đặt trong vùng biên ở 2 đầu vách cứng được thiết kế để chịu toàn bộ moment. Lực dọc trục được giả

thiết là phân bố trên toàn bộ chiều dài vách cứng.

Các bước tính toán:

Bước 1: giả thiết chiều dài B của vùng biên chịu moment. Xét vách cứng chịu lực dọc trục N và moment uốn M_x . Moment M_x tương đương với một cặp ngẫu lực đặt ở hai vùng biên của vách cứng.



Hình 5: Sơ đồ tính vách cứng theo phương pháp giả thiết vùng biên chịu moment

Bước 2: xác định lực kéo hoặc nén trong vùng biên.

$$P_{l,r} = \frac{N}{A} A_b \pm \frac{M_x}{(L - 0.5B_l - 0.5B_r)}$$

Bước 3: tính diện tích cốt thép chịu kéo, nén.

Bước 4: kiểm tra hàm lượng cốt thép. Nếu không thỏa điều kiện thì phải tăng kích thước B

của vùng biên lên rồi tính lại như bước 1. Chiều dài của vùng biên B có giá trị lớn nhất là L/2, nếu vượt quá giá trị này cần tăng bề dày tường.

Bước 5: kiểm tra phần vách còn lại giữa hai vùng biên như đối với cấu kiện chịu nén đúng tâm. Trường hợp bê tông đã đủ khả năng chịu lực thì cốt thép chịu nén trong vùng này được đặt theo cấu tạo.

Phương án 4d: xây dựng biểu đồ tương tác, tính theo TCVN 5574 - 2012

Nguyên tắc chung: dựa vào biên dạng cực hạn của bê tông vùng nén và vị trí của trục trung hòa được thể hiện qua chiều cao vùng nén x, ta có thể xác định được trạng thái ứng suất trong bê tông và cốt thép trong vách, các ứng suất này tổng hợp lại thành một lực dọc và một moment tại trọng tâm

$$n = \frac{N}{\gamma_b \cdot R_b \cdot b \cdot h} ; \alpha_x = \frac{R_s f_x}{\gamma_b \cdot R_b \cdot b \cdot h_0} ; \alpha_y = \frac{R_s f_y}{\gamma_b \cdot R_b \cdot b \cdot h_0} ; \delta = \frac{a_1}{h} ; \lambda = \frac{1}{2} - \delta ; \alpha_1 = \frac{n\lambda + \alpha_y}{\lambda + 2\alpha_y}$$

- Nếu $\alpha_1 \leq 2\delta$ thì: $Ne_0\eta \leq R_b b h^2 [2\lambda(\alpha_x + \alpha_y) + n\lambda]$

- Nếu $\alpha_1 > 2\delta$ và $\alpha \leq \alpha_{gh}$ thì: $Ne_0\eta \leq R_b b h^2 \left[\frac{\alpha_1}{2}(1 - \alpha_1) + \frac{\alpha_y}{\lambda}(\alpha_1 - \delta)(1 - \alpha_1 - \delta) + 2\alpha_x \lambda \right]$

- Nếu $\alpha_1 > \alpha_{gh}$ tính $n_1 = \alpha_{gh} + \frac{\alpha_y}{\lambda}(\alpha_{gh} - \delta)$ và $m_1 = 0.125 + 0.5\lambda\alpha_y + \lambda\alpha_x$

+ Khi $\frac{e_0\eta}{h} > \frac{m_1}{n_1}$; tính $c_1 = \frac{1}{2}(\xi_R - \delta)$ thì $Ne_0\eta \leq R_n b h^2 [m_1 + c_1(n_1 - n)]$

+ Khi $\frac{e_0\eta}{h} \leq \frac{m_1}{n_1}$; tính $n_2 = 0.8 + 2(\alpha_y + \alpha_1)$ và $c_2 = \frac{m_1}{n_2 - n_1}$ thì $Ne_0\eta \leq R_b b h^2 (n_2 - n)c_2$

2.6.2 Cốt ngang

Phương án 1n: tính theo TCVN 198 - 1997

Đặt cấu tạo theo TCVN 198 - 1997, hàm lượng cốt thép lớn nhất trên một mét dài theo phương ngang ứng với cấp độ đất trung bình và mạnh là $\leq 0.4\%$ và không ít hơn 1/3 lượng cốt dọc.

Phương án 2n: tính theo tiêu chuẩn ACI318 M - 08

Bước 1: xác định nội lực tác dụng N_u, M_u, V_u

Bước 2: xác định độ bền danh nghĩa của bê tông và cốt thép tương ứng khi chịu cắt là V_c, V_s và chiều cao làm việc d.

Bước 3: tính khả năng chịu cắt của tường:

$V_u \leq \phi(V_c + V_s)$ với $\phi = 0.85$

hình học của vách, đó chính là một điểm của biểu đồ tương tác.

Các điểm chính trên biểu đồ tương tác: biểu đồ tương tác là một đường cong, mỗi điểm trên đường này ứng với một vị trí của trục trung hòa trên tiết diện vách (một giá trị của x). Do đó, việc thiết lập biểu đồ tương tác bằng sự trợ giúp của máy tính. Công việc này đòi hỏi khối lượng tính toán nhiều và để giảm bớt khối lượng tính toán có thể sử dụng biểu đồ tương tác gần đúng (tham khảo thêm ở các tài liệu hiện hành).

Phương án 5d: bố trí cốt thép trước rồi kiểm tra khả năng chịu lực.

Bố trí cốt thép: theo TCVN 198 - 1997.

Kiểm tra khả năng chịu lực: tính các thông số

Bước 4: độ bền danh nghĩa của bê tông lấy giá trị nhỏ hơn trong 2 giá trị sau:

$$V_c = 0.87\sqrt{f_c} t_w d + \frac{N_u d}{4L}$$

$$V_c = \left[0.16\sqrt{f_c} + \frac{L \left(0.33\sqrt{f_c} + 0.2 \frac{N_u}{L t_w} \right)}{\left| \frac{M_u}{V_u} \right| - \frac{L}{2}} \right] t_w d$$

+ Công thức dưới không áp dụng khi

$$\left| \frac{M_u}{V_u} \right| - \frac{L}{2} < 0$$

+ Nếu $V_u < \phi V_c / 2$ thì đặt cốt ngang theo cấu tạo.

2.7 Ví dụ tính cốt thép cho vách cứng nhà cao tầng

2.7.1. Các trường hợp thực tế

Tính toán vách cứng W1 tầng 13 của công trình: “Khu ở nghỉ ngơi giải trí” - Phường Tân Phong, Quận 7, Thành phố Hồ Chí Minh.

Các đặc trưng về vật liệu:

Bê tông đá 10x20 cấp độ bền B25 $\gamma_b = 1.0; R_b = 14.5 \text{ MPa}; R_{bt} = 1.05 \text{ MPa}$
 Cốt thép nhóm CII $\gamma_s = 1.0; R_s = 280 \text{ MPa}; R_{sc} = 280 \text{ MPa}$

Tiết diện vách cứng L = 1200mm, B = 300mm, chiều cao vách cứng H = 3m.

Nội lực: N = 564.64 kN; $M_x = 63.457 \text{ kNm}; M_y = 83.517 \text{ kNm}; Q = 82.25 \text{ kN}.$

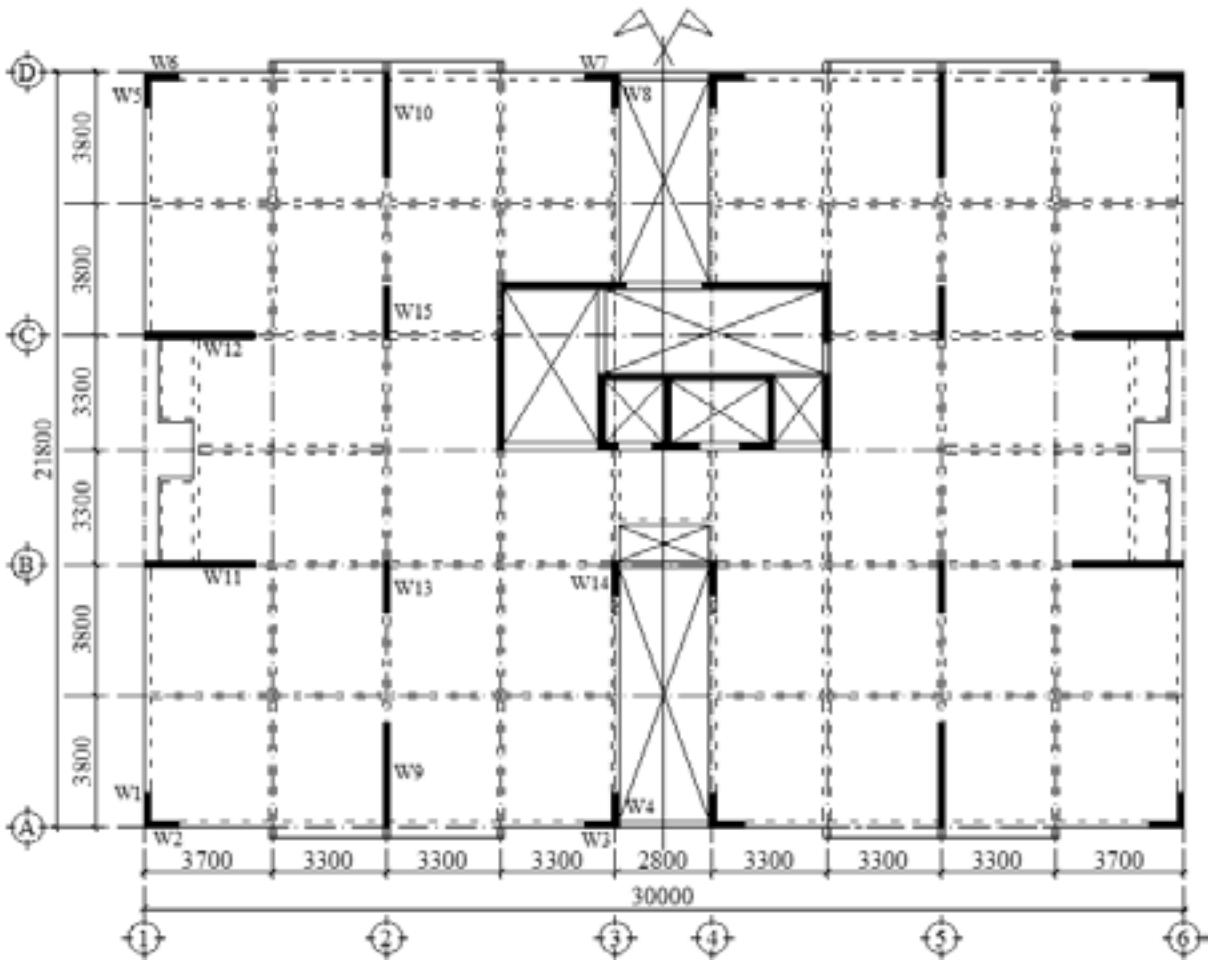
+ Nếu $V_u \geq \phi V_c / 2$ và $V_s < \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} t_w d$ với

$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$ thì diện tích cốt thép ngang yêu cầu

là $A_s = \frac{V_s s}{f_{ys} d}$ với s là bước của cốt thép ngang

theo phương đứng.

+ Nếu $V_s > \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} t_w d$ thì để ngăn cản phá hoại giòn xảy ra, cần phải tăng tiết diện vách cứng.



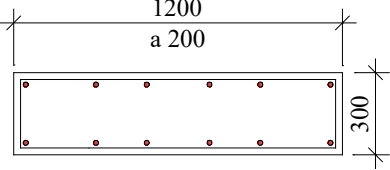
Hình 6: Mặt bằng bố trí vách cứng của ví dụ tính toán

***Tính cốt dọc:**

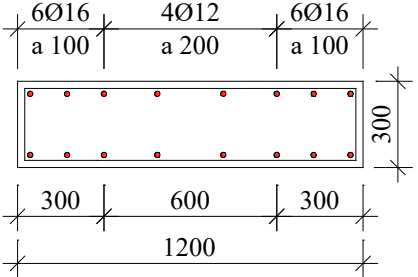
Phương án 1d:

Tầng	N (kN)	M_x (kNm)	A_{st} (mm ²)	Chọn	Bố trí
13	564.64	63.457	1009	Ø12a200	

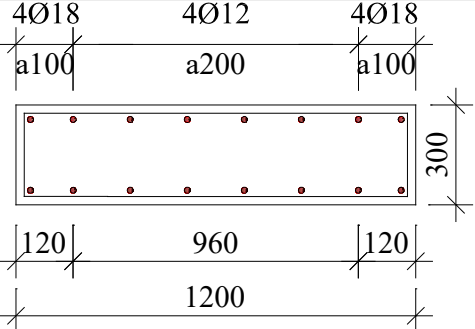
Phương án 2d:

Tầng	N(kN)	M _x (kNm)	Ast (mm ²)		Chọn		Bố trí
			Biên	Giữa	Biên	Giữa	
13	564.64	63.457	174	Cầu tạo	Ø12a200	Ø12a200	

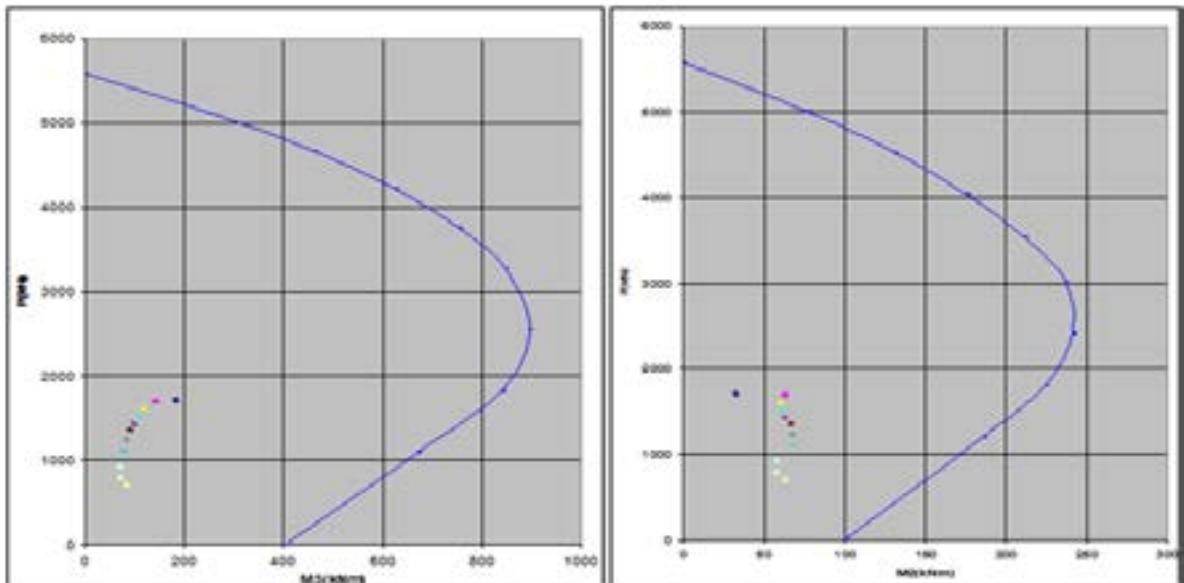
Phương án 3d: chiều dài vùng biên chịu moment B = 300mm.

Tầng	N(kN)	M _x (kNm)	Ast (mm ²)		Chọn		Bố trí
			Biên	Giữa	Biên	Giữa	
13	564.64	63.457	1007	Cầu tạo	Ø16a100	Ø12a200	

Phương án 4d:

Tầng	N(kN)	M _x (kNm)	A _{st} (mm ²)	Chọn và kiểm tra	Bố trí
13	564.64	63.457	f _x = 1017.9 f _y = 452.4	f _x = 4Ø18 f _y = 4Ø12 N.e ₀ .η = 63.7kN.m < R _b .b.h ² [2.λ(α _x + α _y) + n.λ] = 416.23kN.m → Đủ khả năng chịu lực	

Phương án 5d:



Theo phương cạnh b Theo phương cạnh h
Hình 7: Biểu đồ tương tác theo phương cạnh b, h của bài toán thực nghiệm

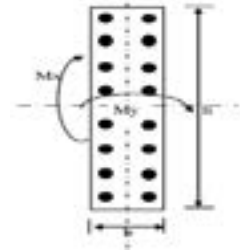
Với: $N = 564.64 \text{ kN}$; $M_x = 63.457 \text{ kNm}$;
 $M_y = 83.517 \text{ kNm}$ → Đủ khả năng chịu lực.

Concrete Institute - ACI (2013) đã thực hiện một ví dụ về tính cốt dọc của vách cứng theo phương án 4d - phương án xây dựng biểu đồ tương tác như sau:

Viện Công nghệ Bê tông Hoa Kỳ (American

Các đặc trưng về vật liệu:

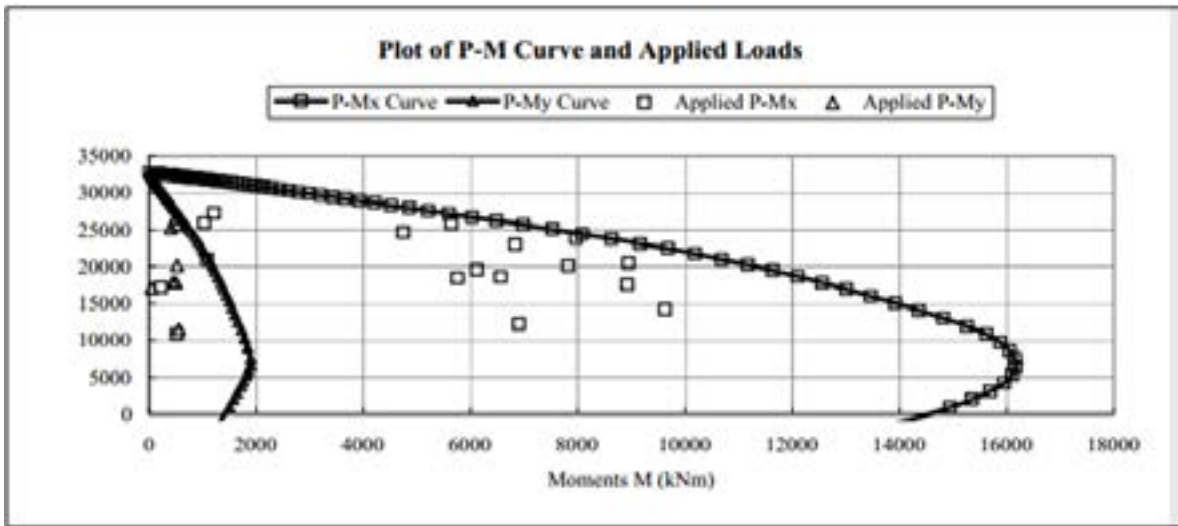
$f_{cu} = 45 \text{ Mpa}$; $f_y = 500 \text{ Mpa}$; $E_c = 22161 \text{ Mpa}$; $E_s = 200000 \text{ Mpa}$;
 $b = 300 \text{ mm}$; $h = 3000 \text{ mm}$; Lớp bê tông bảo vệ = 45 mm;
 $b' = 239 \text{ mm}$; $h' = 2250 \text{ mm}$; Hàm lượng thép $\mu(\%) = 3.75$;
 Bố trí cốt thép 1 mặt vách 21 Ø32; Khoảng cách giữa 2 thanh thép 143.9 mm;



Các trường hợp nội lực:

Stt	N (kN)	M _x (kN.m)	M _y (kN.m)	Stt	N (kN)	M _x (kN.m)	M _y (kN.m)	Stt	N (kN)	M _x (kN.m)	M _y (kN.m)
1	25582	-467.2	-18.118	10	17141	251.31	-36.624	19	20951	-950.43	-38.568
2	17213	170.88	-12.084	11	27299	-1067	-51.1	20	12216	-5471.3	234.67
3	25921	-959.06	-24.492	12	18565	-5587.8	222.14	21	19527	4888.7	-297.33
4	18434	-4834.1	209.71	13	25876	4772.2	-309.86	22	11542	-2741.8	360.67
5	24700	4045.9	-246.29	14	17891	-2858.3	348.14	23	20201	2159.2	-423.33
6	17856	-2494.5	317.71	15	26549	2042.6	-435.86	24	17564	6558.7	-510.13
7	25278	1706.3	-354.29	16	23913	6442.2	-522.66	25	14179	-7141.3	447.47
8	23018	5477.4	-428.69	17	20527	-7257.9	434.94				
9	20116	-6265.5	392.11	18	10792	367.83	-24.092				

Kết quả biểu đồ tương tác thể hiện ở hình 8:



Hình 8: Biểu đồ tương tác do American Concrete Institute (2013) thực hiện ở ví dụ bên trên

(Nguồn: American Concrete Institute. 2013. Manual for design and detailing of reinforced concrete to the code of practice for structural use of concrete 2013. American Concrete Institute: New York. 340 trang)

→ Biểu đồ tương tác cho thấy vách cứng đủ khả năng chịu lực.

***Tính cốt ngang:**

Phương án 1n: Đặt cầu tạo theo TCVN 198 - 1997.

Tầng	b (mm)	h (mm)	Chọn thép ngang/1m đứng (mm ²)	Đặt thép	A _s (mm ²)	μ (%)
13	300	1200	980	Ø12a150	1017.9	0.295

Phương án 2n: Đặt cốt đai theo cấu tạo là kết quả có được sau tính toán

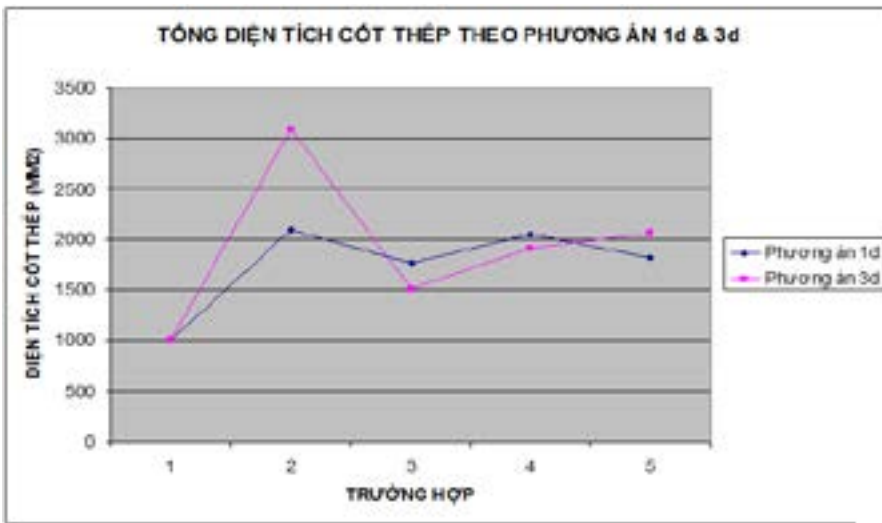
Tầng	b (mm)	h (mm)	Hàm lượng cốt thép ngang chịu cắt tối thiểu	Đặt thép	A _s (mm ²)	μ (%)
13	300	1200	0.25	Ø12a200	904.8	0.262

2.7.2. So sánh kết quả tính toán cốt thép cho vách cứng W1 theo phương án 1d và 3d

Mục này trình bày bảng so sánh kết quả tính

toán cốt thép dọc cho vách cứng W1 ứng với 5 trường hợp theo phương án 1d và 3d của công trình thực tế: “Khu nhà ở nghỉ ngơi giải trí” - Phường Tân Phong, Quận 7, Thành phố Hồ Chí Minh.

Stt	Bxh (mmxmm)	N (kN)	M (kN.m)	Tổng diện tích cốt thép A _{st} (mm ²)		Chênh lệch Δ _i (%) tổng diện tích cốt thép phương án 1d và 3d, với: $\Delta_i(\%) = \frac{(i) - (j)}{i} \times 100\%$
				Phương án 1d	Phương án 3d	
1	300x1200	564.64	63.457	1009	1007	0.2
2	300x1200	925.81	57.9	2095	3092	-47.6
3	300x1200	1117.92	67.636	1771	1511	15.2
4	300x1200	1435	62.616	2055	1909	7.1
5	300x1200	1527.18	61.165	1818	2060	-13.3



Hình 9: Biểu đồ so sánh kết quả tính toán cốt thép dọc cho vách cứng W1 ứng với 5 trường hợp theo phương án 1d và 3d

Nhận xét:

+ Chênh lệch giữa các cách tính từ 0.2% đến 47.6%, chủ yếu là ở phương án 1d - tính như cấu kiện chịu nén lệch tâm xiên theo quy phạm Việt Nam (TCVN 5574 - 2012).

+ Tuy nhiên, ở trường hợp 1, 3, 4, cốt thép tính theo phương án 1d sẽ lớn hơn, ngược lại ở trường hợp 2, 5, cốt thép tính theo phương án 3d sẽ lớn hơn. Điều này tùy thuộc vào biểu đồ ứng suất trên tiết diện chủ yếu là ứng suất kéo hay ứng suất nén.

+ Như vậy, cần phải có một hệ số tỉ lệ để điều chỉnh lại lượng cốt thép khi dùng các phương án tính cho phù hợp.

2.8. Nhận xét các kết quả tính toán

2.8.1. Đối với cốt dọc của vách cứng

Tính toán cốt thép cho vách cứng như cấu kiện

chịu nén lệch tâm xiên theo quy phạm Việt Nam (TCVN 5574 - 2012) chỉ áp dụng đối với vách cứng có tiết diện chữ nhật (h ≤ 4b), khó áp dụng trong tính toán thực tế cho các vách cứng có h > 4b do hiện trong quy phạm chỉ có một số quy định về yêu cầu bố trí và cấu tạo, cũng chưa xét tới các vách cứng có tiết diện phức tạp.

Tính toán bằng phương án giả thiết vùng biên chịu nén đơn giản, thích hợp với trường hợp vách cứng có tiết diện tăng cường ở hai đầu. Phương án này thiên về an toàn do chỉ kể đến khả năng chịu moment của cốt thép. Tuy vậy, giả thiết cho rằng cốt thép trong vùng biên ở hai đầu vách cứng chịu moment là chưa chính xác, thực tế thì phần tử giữa vách có tham gia chịu moment.

Các phương án tính cho kết quả chênh lệch nhau

không nhiều (trừ phương án phân bố ứng suất đàn hồi). Phương án bố trí cốt thép trước theo TCVN 198 – 1997, sau đó kiểm tra khả năng chịu lực để thực hiện nhưng quá thiên về an toàn. Đồng thời, các bài toán đưa ra ở dạng bài toán kiểm tra sẽ phụ thuộc rất nhiều vào kinh nghiệm của người thiết kế để giảm bớt thời gian tính toán và làm cho bài toán có tính khả thi hơn. Mặt khác, phương án xây dựng biểu đồ tương tác phản ánh kết quả tính khá chính xác nhưng quá trình tính toán rất phức tạp.

2.8.2. Đối với cốt ngang của vách cứng

Trong các trường hợp tính toán thực tế trên, cả hai phương án đều cho kết quả chênh lệch nhau không nhiều. Nếu chúng ta tính theo TCVN 197 - 1998 thì an toàn hơn vì hàm lượng cốt thép đặt cầu tạo giới hạn lớn hơn theo ACI 318M-08.

2.9. Vấn đề bố trí cốt thép cho vách cứng

Cốt thép bố trí trong các vách cứng có tiết diện phức tạp sẽ dựa trên nguyên tắc:

- Phù hợp với trạng thái ứng suất biến dạng trên tiết diện. Khu vực có ứng suất, biến dạng lớn sẽ cần phải tập trung nhiều cốt thép và ngược lại, để vật liệu có thể phát huy tối đa khả năng chịu lực tại trạng thái tới hạn.

- Cánh tay đòn nội ngẫu lực là lớn nhất: như vậy phải bố trí cốt thép sao cho khoảng cách từ mép chịu nén nhiều nhất đến trọng tâm cốt thép vùng chịu kéo hoặc vùng chịu nén ít là nhất.

- Bố trí cốt thép cần đảm bảo sự làm việc liên tục của tiết diện ngang vách cứng.

- Một số cách bố trí cốt thép cho vách cứng điển hình (xem Hình 2)

3. Kết luận

Vách cứng là cấu kiện có tiết diện và dạng chịu lực phức tạp. Quy trình tính toán cốt thép vách

cứng theo quy phạm Việt Nam và các quy phạm trên thế giới là khá phức tạp, tốn nhiều thời gian, phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của người thiết kế. Tính cốt thép dọc và ngang cho vách cứng theo quy phạm Việt Nam không áp dụng được cho vách cứng có $h > 4b$, với các quy phạm trên thế giới thì áp dụng với tiết diện bất kỳ.

- Tính cốt thép dọc theo phương án 1d, 2d, 3d, 4d, 5d có mức độ phức tạp khác nhau, cho kết quả tính gần giống nhau, hầu hết đều áp dụng được trong thiết kế kết cấu vách cứng. Mức độ phù hợp, chính xác của các điều kiện và các giả thiết áp dụng các phương án là khác nhau. Khi tính theo phương án 1d, 4d cần phải tuân thủ các điều kiện như đã trình bày ở trên. Phương án 2d giả thiết vật liệu đàn hồi là không đúng với vật liệu bê tông cốt thép. Phương án 3d giả thiết rằng hai phần tử biên của vách chịu moment là không chính xác, thực tế các phần tử giữa vách cũng tham gia chịu moment. Phương án 5d thiên về an toàn và phụ thuộc vào kinh nghiệm của người thiết kế.

- Tính cốt ngang theo phương án 1n, 2n đều dễ áp dụng trong thiết kế, quy trình tính không quá phức tạp. Hai phương án cho kết quả tính khá tương đồng nhau và đều thiên về an toàn.

Kiến nghị giải pháp tính toán cốt thép dọc cho vách cứng sử dụng phương án xem vách cứng như cấu kiện chịu nén lệch tâm xiên theo quy phạm Việt Nam kết hợp sử dụng phương án xây dựng biểu đồ tương tác để kiểm tra kết quả tính. Đối với các vách cứng có tiết diện phức tạp cần quy đổi tiết diện tương đương trước khi tính toán. Cốt thép ngang của cứng tính thì tính toán theo TCVN 198 - 1997.

Tài liệu tham khảo

American Concrete Institute. 2002. *ACI 318 - 2002: Building code requirements for structural concrete*, American Concrete Institute: New York

American Concrete Institute. 2008. *ACI 318M - 2008: Building code requirements for structural concrete*, American Concrete Institute: New York

American Concrete Institute. 2013. *Manual for Design and Detailing of Reinforced Concrete to the Code of Practice for Structural Use of Concrete 2013*, American Concrete Institute: New York

Bộ Xây dựng. 2012. *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574 - 2012 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế*. Hà Nội: Nhà xuất bản Xây dựng.

Bộ Xây dựng. 1997. *Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam TCXDVN 198 - 1997 Nhà cao tầng - Thiết kế kết cấu bê tông cốt thép toàn khối*. Hà Nội: Nhà xuất bản Xây dựng.

Lâm, Mạnh Cường. 2009. “Khu Nhà ở nghỉ ngơi giải trí”. Luận văn tốt nghiệp Đại học - Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh.

Lê, Hòa Bình. 2001. “Tính toán cốt thép cho vách cứng nhà cao tầng”. Luận văn thạc sĩ - Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh.

Nguyễn, Đình Công. 2006. *Tính toán tiết diện cột bê tông cốt thép*. Hà Nội: Nhà xuất bản Xây dựng.