

MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP GIA CƯỜNG KẾT CẤU CỘT BÊ TÔNG CỐT THÉP

Tạ Văn Phấn¹, Nguyễn Vĩnh Sáng¹

Tóm tắt: Kết cấu cột bê tông cốt thép (BTCT) trong những công trình đã sử dụng lâu năm bị xuống cấp do tác động của nhiều nguyên nhân khác nhau như tải trọng, khí hậu, hoá chất ăn mòn, sự cố. Hay những công trình bị hư hỏng do những sai sót trong các khâu khảo sát, thiết kế hoặc thi công hoặc do nhu cầu thay đổi về sử dụng như cải tiến công nghệ, đổi mới thiết bị, thay đổi công năng dẫn đến thay đổi sơ đồ kết cấu, thay đổi tải trọng và những công trình có nhu cầu mở rộng như mở rộng mặt bằng, nâng thêm chiều cao, thêm tầng... cần phải được gia cường, sửa chữa bằng các phương pháp khác nhau. Trong bài báo này, giới thiệu ba phương pháp dùng để gia cường kết cấu cột: (1) phương pháp tăng tiết diện, (2) phương pháp ốp thép hình, (3) phương pháp dán tấm sợi tổng hợp (FRP)

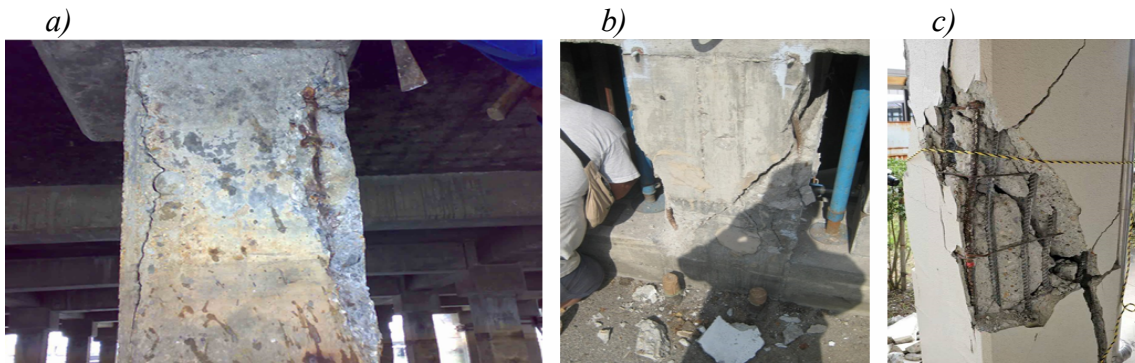
Từ khóa: Gia cường, cột bê tông cốt thép, tăng tiết diện, thép hình, vật liệu cốt sợi.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Kết cấu bê tông cốt thép chịu tác động của môi trường xung quanh dưới các hình thái khác nhau như các tác động cơ học, lý học, hóa học và những hư hỏng, sự cố do những sai sót trong các khâu khảo sát, thiết kế hoặc thi công. Những tác động này dẫn đến tình trạng không còn đáp ứng được công năng sử dụng công trình hoặc mất an toàn về phương diện chịu tải (Hình 1). Với những tác động đặc biệt

như động đất, cháy nổ... có thể gây ra những sự cố nghiêm trọng, có khi dẫn đến tình trạng sụp đổ từng phần (Hình 1) hoặc toàn bộ công trình. Để cải thiện về mặt chịu tải trọng cũng như công năng nhằm đảm bảo an toàn, tăng tuổi thọ hoặc tăng hiệu quả sử dụng của công trình cần phải gia cường, sửa chữa các bộ phận kết cấu công trình đó.

Bài báo này sẽ giới thiệu các phương pháp gia cường kết cấu cột bê tông cốt thép.



Hình 1. Kết cấu cột BTCT bị phá hoại

a) Phá hoại do ăn mòn; b) phá hoại do động đất; c) phá hoại do tác động cơ học

2. CĂN CỨ ĐỂ THIẾT KẾ GIA CƯỜNG

Theo TCVN 9381-2012 “Chỉ dẫn đánh giá mức độ nguy hiểm của kết cấu nhà”, cấu kiện cột bê tông cốt thép được đánh giá là nguy hiểm

khi có một trong những hiện tượng sau:

+ Cột chịu lực có vết nứt thẳng đứng, lớp bê tông bảo vệ bị bong tróc, cốt thép chịu lực lộ ra do bị ăn mòn, hoặc một bên có vết nứt ngang với bề rộng lớn hơn 1 mm, một bên bê tông bị nén vỡ, cốt thép chịu lực lộ ra do bị ăn mòn;

¹ Trường Đại học Thủy Lợi.

+ Cột bị nghiêng, chuyển vị ngang và độ nghiêng vượt quá 1% độ cao, chuyển vị ngang vượt quá $h/500$; (h – chiều cao tính toán của cột)

+ Bê tông cột bị mủn, bị carbonát hoá, phòng rộp, diện tích hư hỏng lớn hơn 1/3 toàn mặt cắt, cốt thép chịu lực lộ ra, bị ăn mòn nghiêm trọng;

+ Cột biến dạng theo phương ngang lớn hơn $h/250$, hoặc lớn hơn 30 mm;

Kết cấu bê tông cốt thép cần được gia cường trong các trường hợp:

+ Khi tình trạng hư hỏng của kết cấu đã đến mức không thể áp dụng các biện pháp sửa chữa để phục hồi khả năng chịu tải;

+ Khi có sự thay đổi về công năng sử dụng, khả năng chịu tải của kết cấu cũ không còn đáp ứng được sự tác động của tải trọng mới với sơ đồ tính toán tương ứng.

Thiết kế gia cường kết cấu bê tông cốt thép phải dựa trên các nguyên tắc:

+ Phù hợp với yêu cầu sử dụng công trình, kết cấu sau gia cường không gây cản trở đến hoạt động khai thác công trình;

+ Đảm bảo khả năng chịu tải trọng tác động.

+ Yêu cầu kết cấu đơn giản, đạt hiệu quả cao về kinh tế và kỹ thuật;

+ Dễ thi công, phù hợp với điều kiện vật liệu, phương tiện và trình độ thi công.

3. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CƯỜNG KẾT CẤU CỘT BÊ TÔNG CỐT THÉP

3.1 Gia cường cột BTCT bằng phương pháp tăng tiết diện

3.1.1 Phần cấu tạo

Thực tế cho thấy có thể tăng khả năng chịu tải của kết cấu lên $1,5 \div 2$ lần và tiết kiệm được vật liệu.

Tăng về 2 phía hoặc 1 phía tùy theo yêu cầu. Chiều cao tăng phụ thuộc kết quả tính toán. Đường kính cốt dọc từ $\phi 14 \div \phi 25$. (Hình 2)

Tăng tiết diện bằng cách ốp bốn phía. Phương pháp này rất thích hợp với cột.

- Cốt thép và chiều dày của bê tông ốp xác định theo tính toán (Hình 2)

- Ưu điểm: Phần bê tông mới và bê tông cũ gắn chặt vào nhau do tính co ngót của bê tông mới tạo nên sự làm việc đồng thời.



Hình 2. Gia cường bằng cách tăng kích thước tiết diện cột

3.1.2 Phần thiết kế

a. Gia cường cột chịu nén đúng tâm bằng một vỏ áo.

Đối với các cột chịu nén đúng tâm:

Diện tích A_{vo} của lớp vỏ áo khi tải trọng gia tăng được xác định:

$$N_q = \varphi(R_b(A_b + A_{vo}) + R_{sc}(A_s + A_{st})) \quad (1)$$

N_q - lực dọc quy đổi do các tải trọng tính toán, dài hạn và ngắn hạn.

R_b - cường độ chịu nén tính toán của bê tông

R_{sc} - cường độ chịu nén tính toán của cốt thép

A_b - diện tích bê tông của cột ban đầu

A_s - diện tích cốt thép dọc của cột ban đầu

A_{st} - diện tích cốt thép dọc của lớp vỏ áo

Trong công thức (1), quan điểm tải trọng gia tăng được bê tông của vỏ áo chịu nên cốt thép dọc trong vỏ áo chỉ đặt theo cấu tạo và chỉ lấy bằng 1% diện tích bê tông vỏ:

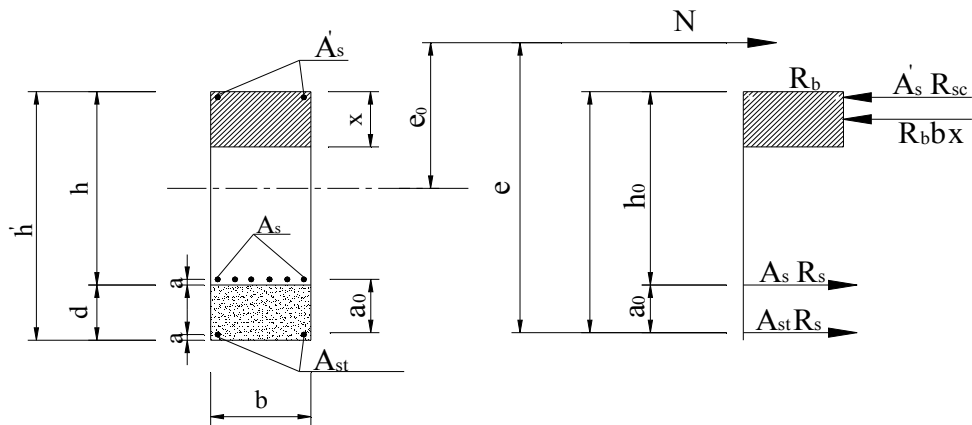
$$A_{st} = 0,01A_{vo} \quad (2)$$

Diện tích vỏ áo được xác định:

$$A_{vo} = \frac{\frac{N_q}{\varphi} - R_b A_b - R_{sc} A_s}{R_b + 0,01R_{sc}} \quad (3)$$

b. Gia cường cột chịu nén lệch tâm bằng tăng tiết diện về một phía.

Đối với các cột chịu nén lệch tâm lớn: Biểu đồ ứng suất và sơ đồ tính toán được thể hiện dưới (Hình 3).



Hình 3. Sơ đồ tính toán gia cường cột chịu nén lệch tâm lớn bằng tăng tiết diện

Thường cho trước chiều dày d của phần mở rộng vùng kéo rồi tính cốt thép cân tăng cường A_{st} .

Điều kiện cân bằng lực cho:

$$N = bR_b x + R_{sc} A'_s - R_s A_s - R_s A_{st} \quad (4)$$

Khi $a_0 < 0,5(h' - a)$ thì:

Chiều cao vùng nén x :

$$x = \frac{N - R_{sc} A'_s + R_s A_s + R_s A_{st}}{bR_b} \quad (5)$$

Mô men uốn cân bằng đối với trọng tâm cốt thép A_{st} :

$$Ne - R_{sc} A'_s (h_0 - a' + a_0) - bR_b x (h_0 + a_0 - 0,5x) + R_s A_s a_0 \quad (6)$$

trong đó:

$$e = e_0 + 0,5h' - a$$

$$h' = h + d$$

$$M_I = bR_b x (h_0 + a_0 - 0,5x) \quad (7)$$

Biểu thức (7) chính là mô men uốn đối với tiết diện $b(h_0 + a_0)$ trong đó bố trí diện tích cốt thép A_I :

Thay thế các hệ số vào biểu thức (4) ta được:

$$A_{st} = A'_s \frac{R_{sc}}{R_b} + A_I - A_s - \frac{N}{R_s} \quad (8)$$

$$M_I = Ne - R_{sc} A'_s (h_0 - a' + a_0) + R_s A_s a_0 \quad (9)$$

Khi $a_0 > 0,5(h' - a)$ thì:

Chiều cao vùng nén x xác định từ phương trình (4):

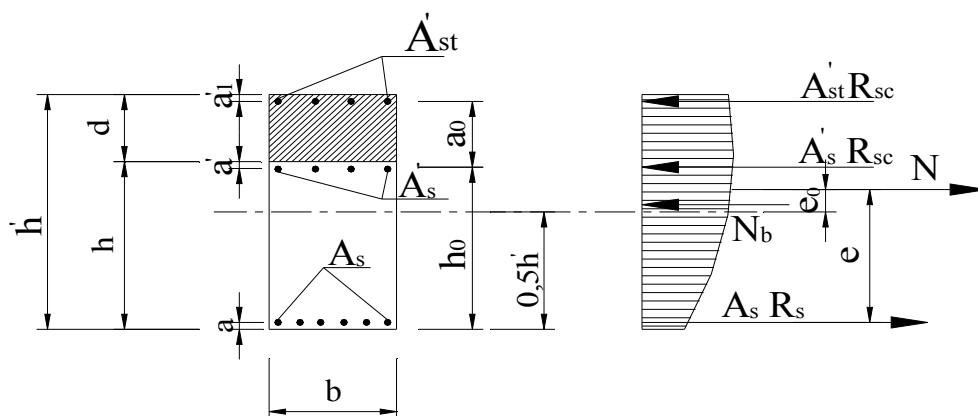
$$x = \frac{N - R_{sc} A'_s + 0,8R_s A_s + R_s A_{st}}{bR_b} \quad (5')$$

$$A_{st} = A'_s \frac{R_{sc}}{R_b} + A_I - 0,8A_s - \frac{N}{R_s} \quad (8')$$

$$M_I = Ne - R_{sc} A'_s (h_0 - a' + a_0) + 0,8R_s A_s a_0 \quad (9')$$

Đối với các cột chịu nén lệch tâm nhỏ bé:

Khi độ lệch tâm nhỏ thì gia cường cột bằng cách tăng tiết diện đối với vùng nén.



Hình 4. Sơ đồ tính toán gia cường cột chịu nén lệch tâm bé bằng tăng tiết diện

Cho trước chiều dày d của phần mở rộng, đi tìm lượng cốt thép dọc gia tăng A'_{st} cho vùng mở rộng này.

Mô men tĩnh học toàn bộ tiết diện chịu lực của bê tông sau khi gia cường là:

$$S_0 = b(h_0 + d)^2 \quad (10)$$

Phương trình cân bằng có dạng:

$$0 = Ne + 0,4R_b b(h_0 + d)^2 - R_{sc} A'_s (h_0 - a) - R_{sc} A'_{st} (h_0 + d - a_1) \quad (11)$$

Diện tích cốt thép dọc gia cường:

$$A'_{st} = \frac{Ne + 0,4R_b b(h_0 + d)^2 - R_{sc} A'_s (h_0 - a)}{R_{sc} (h_0 + d - a_1)} \quad (12)$$

trong đó: $e = e_0 + 0,5h' - a$

3.2. Gia cường cột BTCT bằng thép hình

3.2.1. Phần cấu tạo

Là phương pháp sử dụng thép hình để tạo nên một hệ thống kết cấu tổ hợp giữa kết cấu bê tông cốt thép và kết cấu thép cũng đồng thời tham gia chịu tải

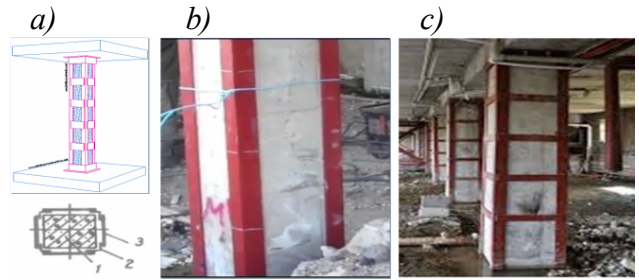
- Ưu điểm:

+ Thi công đơn giản, nhanh chóng, giữ nguyên được kích thước tiết diện cột.

+ Không ảnh hưởng đến không gian sử dụng, nhanh chóng đưa công trình vào sử dụng tăng khả năng chịu lực của cột lên được 2 - 2,5 lần (có thể lên tới 100 - 200 tấn).

- Nhược điểm:

+ Tiêu hao lượng thép tương đối lớn so với các phương pháp khác.



Hình 5. Gia cường cột BTCT bằng cách ốp thép hình.

a) Cột được gia cường. b) Thanh ốp. c) Bản giằng

3.2.2. Phần thiết kế

a. Tính khả năng chịu lực của cột sau gia cường

Đối với các cột chịu nén đúng tâm

Ta có công thức:

$$N_q \leq \varphi (R_b A_b + R_s A_s + m_0 2R_s A_s) \quad (13)$$

$$\text{trong đó: } N_q = \frac{N_l}{m_l} + N_n \quad (14)$$

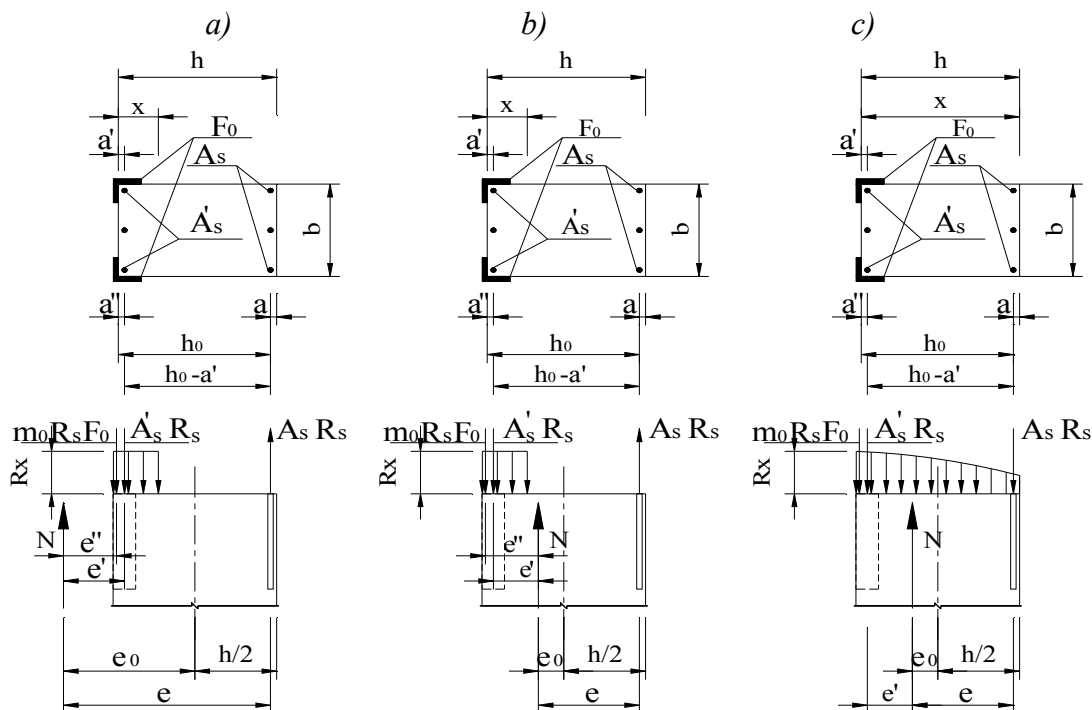
N_q - lực dọc quy đổi;

N_l - lực dọc tính toán cho phần tải trọng dài hạn

m_l - hệ số ảnh hưởng của tải trọng dài hạn đến khả năng chịu lực của kết cấu mảnh

m_0 - hệ số điều kiện làm việc của thanh chống, lấy $m_0 = 0,9$ theo thực nghiệm.

Đối với các cột chịu nén lệch tâm lớn:



Hình 6. Sơ đồ tính toán gia cường cột chịu nén lệch tâm lớn bằng thép hình
a) Khi cột nén lệch tâm lớn, lực nén N nằm ngoài cột. b) Khi cột nén lệch tâm lớn, lực nén N nằm trong cột. c) Khi cột nén lệch tâm nhỏ.

Việc gia cường cột bằng các thanh chống ở một phía chịu nén của cột phụ thuộc vào vị trí của lực nén tính toán ở phía ngoài tiết diện cột hay ở trong tiết diện đó.

Cột chịu nén lệch tâm lớn là khi vùng nén $x \leq 0,55h_0$

Điều kiện cân bằng lực cho:

$$N = bR_b x + R_s (A'_s + m_0 F_0 - A_s) \quad (15)$$

Trong đó:

F_0 - Lực tác dụng lên mỗi cặp thép góc chống tăng cường, được xác định bởi các hệ thức (19), (20) và (21) tùy vào trường hợp cột nén đúng tâm hay lệch tâm;

Chiều cao vùng nén x xác định bằng phương trình cân bằng momen đối với trục lực dọc N :

- Theo sơ đồ tính toán (a), nghĩa là khi $e_0 > h_0 - a'$

$$e = e_0 + 0,5h - a$$

$$e' = e_0 - 0,5h + a'$$

$$e'' = e_0 - 0,5h + a''$$

$$x = (h_0 - e) + \sqrt{(h_0 - e)^2 + \frac{2R_s(A_s e - A'_s e' - m_0 F_0 e'')}{R_b b}} \quad (16)$$

- Theo sơ đồ tính toán (b), nghĩa là khi $e_0 < h_0 - a'$:

$$x = (h_0 - e) + \sqrt{(h_0 - e)^2 + \frac{2R_s(A_s e - A'_s e' - m_0 F_0 e'')}{R_b b}} \quad (17)$$

Sau khi tính được x , thì áp dụng công thức (15) để tính khả năng chịu lực của cột được gia cường.

Đối với các cột chịu nén lệch tâm nhỏ:

Cột chịu nén lệch tâm nhỏ khi $x > 0,55 h_0$, được gia cường bằng cặp thanh chống ở một phía của cột.

Cân bằng ngoại mô men và nội mô men, lấy đối với cốt thép chịu lực nhỏ nhất A_s :

$$N = \frac{0,4 R_b b h_0^2 + R_s A'_s (h_0 - a') + m_0 R_s F_0 (h_0 - a'')}{e} \quad (18)$$

Ghi chú: Đối với cốt thép trong cột, người ta thường lấy $R_{sc} = R_s$.

b. Tính tiết diện thanh chống gia cường cột

Đối với các cột chịu nén đúng tâm:

Nội lực N_0 của thanh chống bằng hiệu giữa

tổng tải trọng N mà cột phải chịu sau gia cường và khả năng chịu lực giới hạn N_{gh} của cột trước gia cường

$$N_0 = N - N_{gh}$$

N_{gh} - Tải trọng tối đa mà cột chịu được khi chưa gia cường;

$$N_{gh} = \varphi (R_b A_b + R_s A_s) \quad (19a)$$

$$F_0 = \frac{N_0}{2\varphi m_0 R_s} \quad (19)$$

Đối với các cột chịu nén lệch tâm lớn và được gia cường một phía:

Lập phương trình cân bằng mô men đối với trục thanh chống, rồi từ phương trình này tính ra x :

Khi $e_0 > h_0 - a'$ thì:

$$0 = Ne'' + A'_s R_s (e' - e'') - A_s R_s (e - e'') + R_b b x (e - h_0 - e'' + 0,5x)$$

Khi $e_0 < h_0 - a'$ thì:

$$0 = Ne'' + A'_s R_s (e'' - e) - A_s R_s (e'' + e) + R_b b x (e'' - h_0 + e + 0,5x)$$

Sau khi tính được x thì tính tiết diện thanh chống gia cường F_0 bằng cách chiếu tất cả các lực lên trục dọc:

$$N - m_0 R_s F_0 - A'_s R_s - R_b b x + A_s R_s = 0$$

$$F_0 = \frac{N_0}{m_0 R_s} - \frac{R_s - R'_s}{m_0} - \frac{R_b b x}{m_0 R_s} \quad (20)$$

Đối với các cột chịu nén lệch tâm nhỏ và được gia cường một phía:

Tiết diện thanh chống gia cường cột được xác định bằng công thức:

$$F_0 = \frac{Ne - 0,4 R_b b h_0^2 - R_s A'_s (h_0 - a')}{m_0 R_s (h_0 - a'')} \quad (21)$$

3.3 Gia cường cột BTCT bằng vật liệu cốt sợi tổng hợp

3.3.1 Phần cấu tạo

Vật liệu FRP - Fiber Reinforced Polymer là một dạng vật liệu Composite được chế tạo từ các vật liệu sợi, trong đó có ba loại vật liệu sợi thường được sử dụng là sợi carbon CFRP, sợi thủy tinh GFRP và sợi aramid AFRP.

Đặc tính của các loại sợi này là có cường độ chịu kéo rất cao, mô đun đàn hồi rất lớn, trọng lượng nhỏ, khả năng chống mài mòn cao, cách điện, chịu nhiệt tốt và bền theo thời gian...



Hình 7. Gia cường cột BTCT bằng vật liệu cốt sợi tổng hợp

3.3.2 Phần thiết kế

a. Khả năng chịu lực cột bê tông cốt thép gia cường bằng FRP

Để tính toán khả năng chịu lực của cột bê tông cốt thép gia cường bằng FRP chịu nén đúng tâm theo ACI 318-95 (1999) dựa theo công thức tính toán khả năng chịu nén của bê tông bị bó bằng FRP của (Saadatmanesh, 1994) hoặc công thức của (Saaman, 1998). Công thức tính toán cho hai loại tiết diện tròn và chữ nhật theo hai tác giả trên lần lượt như sau:

Tính toán khả năng chịu nén của bê tông bị bó bằng FRP theo (Saaman, 1998)

Công thức tính toán khả năng chịu nén của bê tông bị bó bằng FRP của (Saaman, 1998) dạng tổng quát như sau:

$$f'_c = f'_c + 3,38f_r^{0,7} \text{ (ksi)} \quad (22)$$

f'_c – cường độ chịu nén tính toán của bê tông của khối lăng trụ theo tiêu chuẩn ACI 318.

Đối với tiết diện tròn: $f_r = \frac{2f_{fu}t_{wf}}{D}$

f_r – ứng suất nở ngang của cột.

f_{fu} – ứng suất tiếp tuyến của tấm.

D – Đường kính tiết diện cột.

Đối với tiết diện chữ nhật:

$f = \max\{f_{rx}, f_{ry}\}$; với các giá trị f_{rx}, f_{ry} theo công thức:

$$f_{rx} = \frac{A_e}{A_c} \rho_{fx} f_{fu}; \rho_{fx} = 2 \frac{t_{wf}}{t_x}$$

$$f_{ry} = \frac{A_e}{A_c} \rho_{fy} f_{fu}; \rho_{fy} = 2 \frac{t_{wf}}{t_y}$$

t_{wf} tương ứng là chiều dày của tấm FRP và t_x, t_y là kích thước của cột theo phương x, y.

f_{rx}, f_{ry} tương ứng là ứng suất nở ngang theo phương x, y của cột.

ρ_{fx}, ρ_{fy} tương ứng là hàm lượng cốt thép ngang theo phương x và y bố trí trong cột.

với A_e là diện tích tiết diện chịu tác dụng bó của FRP của tiết diện chữ nhật, theo Sheikh và Uzumeri (1980) ta có thể tính A_e theo công thức sau:

$$A_e = t_x t_y - \left(\frac{w_x^2 + w_y^2}{3} \right) - A_{sc} - (4 - \pi) r^2 \quad (23)$$

trong đó: A_c - diện tích tiết diện cột chữ nhật. r và A_{sc} - là bán kính cốt thép dọc cột và tổng diện tích cốt thép bố trí trong cột.

w_x, w_y là khoảng hở của các thanh cốt thép dọc chịu lực theo phương x, y tương ứng.

và ta cũng có: $f \frac{\epsilon_{fu} E_f}{\gamma_f}$; $\gamma_f = 1,1$ đối với vật

liệu CFRP và $\gamma_f = 1,8$ đối với vật liệu GFRP. Giá trị ϵ_{fu} có thể lấy bằng 0,3% ~ 0,55% tức là 0,003 ~ 0,005 theo Restrepol và De Vito (1996).

b. Khả năng chịu lực cột bê tông cốt thép gia cường bằng FRP chịu nén đúng tâm

Theo ACI 318-95 (1999) ta có công thức tính toán khả năng chịu lực của bê tông không bị bó chịu nén đúng tâm theo công thức sau đây:

$$P_n = 0,85f'_c (A_c - A_s) + A_s f_y \quad (24)$$

trong đó: A_s và f_y tương ứng là diện tích cốt thép trong cột và giới hạn chảy của cốt thép.

Công thức tính toán khả năng chịu lực của cột bê tông cốt thép gia cường bằng FRP chịu nén đúng tâm như sau:

$$P_n = 0,85f_c (A_c - A_e - A_s) + A_s f_y + 0,85f_{cc} A_e + A_s f_y \quad (25)$$

trong đó: f_{cc} là cường độ lớn nhất của bê tông khi nở ngang.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã nêu ra một vài phương pháp gia cường cột bê tông cốt thép. Mỗi phương pháp đều có những ưu điểm và nhược điểm riêng của nó.

Tuy nhiên giải pháp gia cường bằng vật liệu FRP có những ưu điểm rõ ràng so với những giải pháp truyền thống, công nghệ này cần được tiếp

tục nghiên cứu, hoàn thiện về hệ thống tiêu chuẩn thí nghiệm, sổ tay thiết kế, quy trình thi công của vật liệu FRP và định rõ phạm vi áp dụng.

Việc áp dụng các phương pháp gia cường cần so sánh hiệu quả về kỹ thuật, kinh tế và điều kiện thi công của các phương pháp gia cường để đạt hiệu quả cao nhất.

Trong các tiêu chuẩn Việt Nam về tính toán gia cường cột bê tông cốt thép chưa được trình bày cụ thể, do đó khi tính toán gia cường các kết cấu cột cụ thể cần kết hợp với các mô hình thí nghiệm để đảm bảo an toàn cho kết cấu được gia cường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Lê Văn Kiêm, 2009, *Hư hỏng sửa chữa – gia cường kết cấu bê tông cốt thép*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- Ngô Quang Tường, *Sửa chữa và gia cố công trình bê tông cốt thép bằng phương pháp dán nhờ sử dụng vật liệu FRP*, Tạp chí Phát triển KH&CN, Tập 10, số 10 – 2007.
- ACI Committee 318-95, *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95) and Commentary (318R-95)*, American Concrete Institute (ACI), Fifth Printing, Farmington Hills, Michigan, USA, 369 pp, (1999).
- Saadatmanesh, H., Ehsani, M. R., and Jin, L, 1996, *Seismic strengthening of circular bridge pier models with fiber composites*, ACI Structural Journal 93, 639-738.
- Samaan, M., Mirmiran, A. and Shahawy, 1998, *Model of concrete confined by fiber composite*, Journal of Structural Engineering, 124, 1025-1031.
- Sheikh, S. A., and Uzumeri, 1980, *Strength and ductility of tied concrete columns*, J. Struct. Div., 106-5-, 1079-1102.
- Restrepo, J., and De Vito, 1996, *Enhancement of the axial load carrying capacity of reinforced concrete columns by means of fiberglass-epoxy jacket*. 2nd Int. Conf. on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures (ACMBS-2), M. M. El-Badry, ed., Montreal, Quebec., Canada, 547-553.

Abstract:

SOME METHODS FOR REINFORCEMENT OF REINFORCED CONCRETE COLUMN

Structural reinforced concrete columns (RC) of the works had been used long-term by the effects of many different causes such as: load, climatic, corrosive chemicals or incidents. Buildings had been damaged by survey, design or construction. Or demand of changes such as improved use of technology, equipment changes, structural changes, load changes and works to expand as demand expanded surface, raising additional height, additional stories... must be reinforced, repaired by different methods. In this paper, three methods are introduced including: (1) column cross section increasion method, (2) steel cladding method, (3) FRP fiber method.

Keywords: Reinforced, reinforced concrete column, increase cross section, steel, material fiber.

BBT nhận bài: 20/2/2017

Phản biện xong: 02/5/2017