

# SO SÁNH QUY ĐỊNH VỀ CHIỀU DÀI NEO VÀ NỔI CHỖNG CỐT THÉP CỦA TIÊU CHUẨN TCVN 5574 : 2012 VỚI MỘT SỐ TIÊU CHUẨN QUỐC TẾ

TS. NGUYỄN NGỌC BÁ, KS. ĐÀO QUANG TRƯỜNG  
 Công ty TNHH THAM & WONG (Việt Nam)

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu công thức cơ bản tính toán chiều dài neo cốt thép trong bê tông và so sánh các quy định về chiều dài neo và nổi cốt thép của các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép thông dụng, bao gồm tiêu chuẩn của Việt Nam TCVN 5574:2012 và các tiêu chuẩn SP 63.13330.2012, EN 1992-1:2004, BS 8110:1997, ACI 318-14. Kết quả so sánh cho thấy chiều dài neo và nổi cốt thép tính theo TCVN 5574:2012 thấp hơn khá nhiều so với các tiêu chuẩn khác. Các tác giả kiến nghị áp dụng công thức tính chiều dài neo và nổi cốt thép theo tiêu chuẩn thiết kế của Nga SP 63.13330.2012 khi thiết kế kết cấu bê tông cốt thép với tiêu chuẩn TCVN 5574:2012 của Việt Nam và áp dụng chiều dài nổi chông cốt thép chịu nén theo SP 63.13330.2012 khi thiết kế kháng chấn theo TCVN 9386:2012.

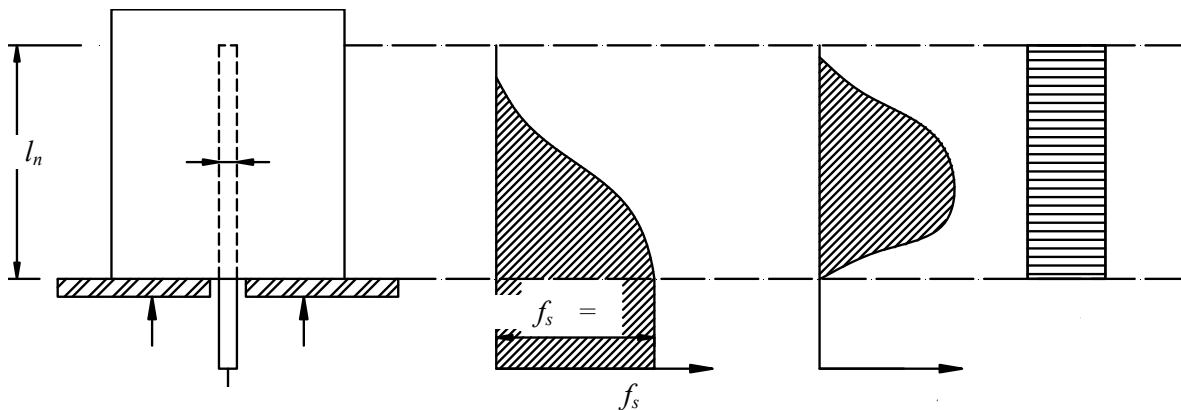
tất là TCVN 5574, được chuyển dịch từ tiêu chuẩn SNiP 2.03.01-84\* [2,3] của Liên Xô (cũ), trong khi đó tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn TCVN 9386:2012 [4] được chuyển dịch từ tiêu chuẩn Eurocode EN 1998-1 và EN 1998-5. Có khá nhiều điều bất cập trong thực tế áp dụng do sự thiếu đồng bộ này và việc xác định chiều dài neo và nổi cốt thép là một trong những điểm bất cập đó, cụ thể là mục 5.6 của TCVN 9386:2012 quy định chiều dài neo và nổi cốt thép cần tuân theo EN 1992-1-1:2004 [5], sau đây viết tắt là EN 1992, và một số quy định bổ sung, nhưng tiêu chuẩn EN 1992 chưa được chuyển dịch sang tiêu chuẩn Việt Nam nên việc áp dụng chiều dài neo và nổi cốt thép theo TCVN 5574 hay EN 1992 vẫn còn là vấn đề gây tranh cãi. Vì vậy việc xem xét lại quy định về chiều dài neo, nổi cốt thép của TCVN 5574 trong mối tương quan với các tiêu chuẩn tiên tiến trên thế giới là cần thiết.

## 1. Mở đầu

Hiện tại các tiêu chuẩn liên quan tới thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép của Việt Nam chưa đảm bảo tính đồng bộ do tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép TCVN 5574:2012 [1] (Phiên bản cũ là TCXDVN 356:2005), sau đây viết

## 2. Công thức cơ bản tính chiều dài neo cốt thép trong bê tông

Xét một thanh cốt thép thẳng được đúc vào khối bê tông với chiều dài neo vào trong bê tông là  $l_n$  như hình 1 [6,7].



a) Thí nghiệm kéo cốt thép    b) Ứng suất trong cốt thép    c) Ứng suất bám dính  
**Hình 1.** Ứng suất trong cốt thép và ứng suất bám dính trong thí nghiệm kéo cốt thép

Dưới tác dụng của một lực kéo  $N$ , ứng suất trong thanh cốt thép ở phần bên ngoài khối bê tông là:

$$f_s = \frac{N}{A_s} = \frac{4N}{\pi d^2} \quad (1)$$

Với  $A_s$  là diện tích tiết diện cốt thép,  $d$  là đường kính danh nghĩa của thép.

Nhờ có lực dính giữa bê tông và cốt thép nên ứng suất trong thanh thép sẽ được truyền vào bê tông thông qua bề mặt tiếp xúc giữa bê tông và cốt thép. Tuy lực dính phân bố không đều trên chiều dài đoạn thép chôn trong bê tông nhưng để đơn giản hóa tính toán có thể dùng cường độ lực dính trung bình  $\tau_{tb}$  xác định bằng biểu thức sau:

$$\tau_{tb} = \frac{N}{u_s l_n} = \frac{N}{\pi d l_n} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta có:

$$l_n = \frac{f_s d}{4 \tau_{tb}} \quad (3)$$

Như vậy khi ứng suất trong cốt thép đạt đến cường độ thiết kế  $f_s = f_y / \gamma_s$ , với  $f_y$  là giới hạn chảy của cốt thép và  $\gamma_s$  là hệ số an toàn của cốt thép, thì chiều dài neo cần thiết sẽ là:

$$l_{n0} = \frac{f_y d}{4 \gamma_s \tau_{tbmax}} \quad (4)$$

Công thức (4) là công thức cơ bản được các tiêu chuẩn tiên tiến trên thế giới sử dụng để xác định chiều dài neo và nối cốt thép, trong đó  $\tau_{tbmax}$  là cường độ lực dính trung bình ở trạng thái giới hạn, phụ thuộc vào nhiều yếu tố như đặc trưng của bê tông, bề mặt cốt thép, hình dạng cốt thép trong bê tông và ảnh hưởng của cốt thép ngang và được xác định bằng thực nghiệm.

### **3. Quy định về chiều dài neo và nối chồng cốt thép của một số tiêu chuẩn thông dụng**

#### **3.1 Quy định của tiêu chuẩn SP 63.13330.2012 [8]**

Như đã nêu ở phần trên, TCVN 5574 được chuyển dịch từ tiêu chuẩn SNIIP 2.03.01-84\*. Tiêu chuẩn SNIIP 2.03.01-84\* được ban hành từ 01/01/1986 và đã trải qua bốn lần sửa đổi, bổ sung vào các năm 1988, 1991, 1999 và 2002 [9]. Tuy nhiên đến 01/3/2004 tiêu chuẩn SNIIP 2.03.01-84\* đã được thay thế bằng SNIIP 52-01-2003 [10] và SP 52-101-2003 [11] ở Cộng hòa liên bang Nga. SNIIP 52-01-2003 chỉ bao gồm các quy định bắt buộc tuân thủ, vì vậy có thể coi là quy chuẩn ở Nga, còn SP 52-101-2003 là tiêu chuẩn nêu chi tiết cách thức tuân thủ các quy định của quy chuẩn SNIIP 52-01-2003. Tiêu chuẩn SP 52-101-2003 có một số thay đổi khá rõ rệt so với SNIIP 2.03.01-84\* và quy định về chiều dài neo, nối cốt thép cũng được thay đổi theo hướng gần giống với quy định của Eurocode. Hiện nay tiêu chuẩn SP 52-101-2003 đã được thay thế bằng tiêu chuẩn SP 63.13330.2012 tuy nhiên

quy định về chiều dài neo, nối cốt thép đối với cốt thép thông thường của hai tiêu chuẩn này là như nhau.

Tiêu chuẩn SP 63.13330.2012 đưa ra công thức tính chiều dài neo cơ bản của cốt thép trong trường hợp cốt thép đạt giới hạn chảy như sau:

$$l_{0,an} = \frac{R_s A_s}{R_{bond} u_s} = \frac{f_y d_s}{4 \gamma_s R_{bond}} \quad (5)$$

Công thức này tương tự như công thức (4) với cường độ lực dính trung bình ở trạng thái giới hạn được ký hiệu là  $R_{bond}$ , xác định theo công thức

$$R_{bond} = \eta_1 \eta_2 R_{bt} \quad (6)$$

Trong đó:

- $R_{bt}$  - cường độ chịu kéo của bê tông;
- $\eta_1$  - hệ số phụ thuộc vào bề mặt cốt thép, lấy bằng các giá trị như sau:
  - + 1,5 đối với thép tròn trơn;
  - + 2,0 đối với thép kéo nguội;
  - + 2,5 đối với thép có gờ cán nóng.
- $\eta_2$  - hệ số phụ thuộc vào đường kính cốt thép, lấy bằng 1,0 đối với đường kính không quá 32mm và lấy bằng 0,9 đối với đường kính bằng 36mm hoặc 40mm.

Chiều dài neo thiết kế được xác định từ chiều dài neo cơ bản như sau:

$$l_{an} = \alpha l_{0,an} \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} \quad (7)$$

Trong đó: hệ số  $\alpha$  được lấy bằng 1,0 đối với cốt thép có gờ và thép tròn trơn có móc chịu kéo, đối với cốt thép chịu nén  $\alpha = 0,75$ .  $A_{s,cal}$  là diện tích cốt thép yêu cầu theo tính toán,  $A_{s,ef}$  là diện tích cốt thép thiết kế.

Chiều dài nối chồng của cốt thép cũng được xác định từ công thức (7) nhưng hệ số  $\alpha$  lấy bằng 0,9 đối với cốt thép chịu nén và bằng 1,2 đối với cốt thép chịu kéo thỏa mãn điều kiện số lượng thanh thép nối tại mỗi tiết diện không vượt quá 50% đối với thép có gờ và không quá 25% đối với thép tròn trơn. Tiêu chuẩn cho phép nối 100% số lượng thép tại một tiết diện với chiều dài nối chồng được tính với hệ số  $\alpha = 2,0$ , trường hợp số mối nối nằm giữa 50% đến 100% đối với thép có gờ và từ 25% đến 100% đối với thép tròn trơn thì có thể nội suy tuyến tính hệ số  $\alpha$ .

Ngoài ra tiêu chuẩn còn có các quy định khống chế chiều dài neo và chiều dài nối chồng tối thiểu,

cũng như một số quy định về khoảng cách giữa các thanh được nối để đảm bảo sự làm việc của liên kết.

**3.2 Quy định của tiêu chuẩn EN 1992**

Công thức xác định chiều dài neo cơ bản của EN 1992 như sau:

$$l_{b,rqd} = \frac{\sigma_{sd}\phi}{4f_{bd}} \quad (8)$$

Công thức này cũng tương tự như công thức (3) nêu ở mục 2, trong đó  $l_{b,rqd}$  là chiều dài neo cơ bản đối với thanh thép thẳng,  $\phi$  là đường kính danh nghĩa của thép,  $\sigma_{sd}$  là ứng suất trong thanh thép và  $f_{bd}$  là cường độ lực dính trung bình của cốt thép. Đối với thép có gờ  $f_{bd}$  được xác định như sau:

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd} \quad (9)$$

Trong đó:  $f_{ctd}$  - cường độ chịu kéo thiết kế của bê tông, xác định theo điều 3.1.6 (2) P của tiêu chuẩn nhưng không lấy cao hơn giá trị tương ứng với mác C60/75 đối với bê tông cường độ cao. Hệ số  $\eta_1$  kể tới chất lượng bám dính và vị trí của cốt thép khi đổ bê tông, lấy bằng 1,0 ở điều kiện bám dính tốt thể hiện ở hình 8.2 của tiêu chuẩn (thép sàn có chiều dày nhỏ hơn 250mm, thép dưới của dầm,...) và bằng 0,7 cho các trường hợp khác.

Tiêu chuẩn EN 1992 xét đến nhiều yếu tố ảnh hưởng trong công thức xác định chiều dài neo thiết kế. Cụ thể là chiều dài neo thiết kế được tính bằng chiều dài neo cơ bản nhân với 5 hệ số  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$  lần lượt xét tới các ảnh hưởng về hình dạng cốt

thép, chiều dày lớp bê tông bảo vệ, ảnh hưởng của cốt đai, ảnh hưởng của các thanh thép ngang hàn với thép dọc, và ảnh hưởng của áp lực ngang lên mặt phẳng trượt dọc theo đoạn cốt thép neo.

Chiều dài nối chồng cốt thép cũng được tính từ chiều dài neo cơ bản nhân với 5 hệ số nhưng thay hệ số  $\alpha_4$  về ảnh hưởng thanh thép ngang hàn với thép dọc bằng hệ số  $\alpha_6$  xét tới số lượng mối nối trên một mặt cắt.

Ngoài ra tiêu chuẩn còn có các quy định khống chế chiều dài neo và chiều dài nối chồng tối thiểu, cũng như một số quy định về khoảng cách giữa các thanh được nối để đảm bảo sự làm việc của liên kết.

**3.3 Quy định của tiêu chuẩn BS 8110-1:1997 [12]**

Theo BS 8110-1:1997, sau đây viết tắt là BS 8110, chiều dài neo được xác định theo công thức 48 và 49 của tiêu chuẩn, tương tự như công thức (3) và (4) với cường độ lực dính trung bình ở trạng thái cực hạn ký hiệu là  $f_{bu} = \beta\sqrt{f_{cu}}$ . Có thể viết gọn lại biểu thức xác định chiều dài neo yêu cầu đối với thanh thép đơn theo tiêu chuẩn BS 8110 như sau:

$$l_{n0} = \frac{f_{yd}}{4\gamma_s\beta\sqrt{f_{cu}}} \quad (10)$$

Trong đó:  $\gamma_s$  - hệ số an toàn của vật liệu thép, lấy bằng 1,15,  $f_{cu}$  - cường độ đặc trưng của bê tông,  $\beta$  - hệ số bám dính phụ thuộc vào bề mặt cốt thép, được cho ở bảng 1 (trích từ bảng 3.26 của tiêu chuẩn).

**Bảng 1. Hệ số bám dính  $\beta$  theo BS 8110**

Loại cốt thép	$\beta$	
	Cốt thép chịu kéo	Cốt thép chịu nén
Thép trơn trơn	0,28	0,35
Loại 1: Thép có gờ (dạng tiết diện vuông xoắn)	0,40	0,50
Loại 2: Thép có gờ thông dụng	0,50	0,63
Lưới thép hàn	0,65	0,81

Chiều dài nối chồng cốt thép đối với thép chịu nén được lấy bằng 1,25 lần chiều dài neo của cốt thép chịu nén. Đối với cốt thép chịu kéo, chiều dài nối chồng được lấy bằng chiều dài neo và được nhân thêm hệ số trong các tình huống sau:

- Mối nối ở mặt trên tiết diện theo hướng đổ bê tông và chiều dày lớp bê tông bảo vệ nhỏ nhất nhỏ hơn 2 lần đường kính cốt thép thì chiều dài nối chồng cần nhân với hệ số 1,4;

- Mối nối cốt thép ở góc của tiết diện và chiều dày lớp bê tông bảo vệ nhỏ nhất tính đến bề mặt bê tông ở hai phía nhỏ hơn 2 lần đường kính cốt thép, hoặc khoảng cách thông thủy giữa các thanh thép nối nhỏ hơn 75mm hoặc 6 lần đường kính cốt thép được nối, lấy giá trị nào lớn hơn, thì chiều dài nối chồng cần nhân với hệ số 1,4;
- Trường hợp thuộc cả hai điều kiện a) và b) ở trên thì chiều dài nối chồng cần nhân với hệ số bằng 2,0.

## QUY CHUẨN – TIÊU CHUẨN

Ngoài ra tiêu chuẩn còn có các quy định khống chế các chiều dài neo và chiều dài nối chồng tối thiểu, cũng như một số quy định về khoảng cách giữa các thanh được nối để đảm bảo sự làm việc của mối nối.

### 3.4 Quy định của tiêu chuẩn ACI 318-14 [13]

Công thức tổng quát xác định chiều dài neo của tiêu chuẩn ACI 318-14 đối với thép có gờ như sau

- Chiều dài neo thép chịu kéo:

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t\psi_e\psi_s}{c_b+K_{tr}} \right) d_b \geq 300\text{mm}$$

- Chiều dài neo thép chịu nén

$$l_{dc} = \left( \frac{0,24f_y\psi_r}{\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b \geq \max(0,043f_y\psi_r d_b; 200\text{mm})$$

Các công thức trên bao gồm các hệ số kể đến các yếu tố ảnh hưởng đến chiều dài neo, bao gồm hệ số  $\lambda$  xét tới ảnh hưởng của bê tông nhẹ,  $c_b$  là giá trị nhỏ nhất giữa khoảng cách từ trọng tâm cốt thép đến bề mặt bê tông và một nửa khoảng cách đến trọng tâm cốt thép gần nhất,  $K_{tr}$  là hệ số xét tới hiệu ứng bó của cốt thép qua mặt trượt,  $\psi_t$  là hệ số xét tới ảnh hưởng của vị trí cốt thép theo hướng đỡ bê tông,  $\psi_e$  là hệ số xét tới lớp phủ epoxy,  $\psi_s$  là hệ số xét tới đường kính cốt thép. Các thông số  $f_y$  và  $f'_c$  lần lượt là giới hạn chảy của cốt thép và cường độ quy định của bê tông.

Chiều dài nối chồng cốt thép chịu kéo được tính bằng 1,3  $l_d$  khi hàm lượng thép thiết kế không lớn hơn 2 lần hàm lượng thép tính toán. Chiều dài nối chồng cốt thép chịu nén được xác định như sau:

- Đối với cốt thép có giới hạn chảy  $f_y \leq 420$  MPa:  $0,071f_y d_b \geq 300\text{mm}$
- Đối với cốt thép có giới hạn chảy  $f_y > 420$  MPa:  $(0,13f_y - 24)d_b \geq 300\text{mm}$

Chiều dài nối chồng của thép chịu nén cần tăng thêm 1/3 trong trường hợp sử dụng bê tông có cường độ  $f'_c < 21$  MPa.

### 3.5 Quy định của tiêu chuẩn TCVN 5574

Chiều dài neo tối thiểu của cốt thép,  $l_{an}$ , được tính theo công thức 189 của tiêu chuẩn

$$l_{an} = \left( \omega_{an} \frac{R_s}{R_b} + \Delta\lambda_{an} \right) d \geq \lambda_{an} d$$

Trong đó:  $R_s$  và  $R_b$  lần lượt là cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép và cường độ chịu nén tính toán của bê tông,  $d$  là đường kính danh nghĩa của cốt thép. Các thông số  $\omega_{an}$ ,  $\Delta\lambda_{an}$ ,  $\lambda_{an}$  được cho ở bảng 36 của tiêu chuẩn, phụ thuộc vào trạng thái ứng suất của cốt thép, bê tông và bề mặt cốt thép.

Chiều dài đoạn nối chồng của cốt thép chịu kéo và chịu nén cũng được xác định theo công thức 189 của tiêu chuẩn nhưng các hệ số trong công thức được xác định với trường hợp nối chồng. Ngoài ra tiêu chuẩn còn có các quy định không cho phép nối chồng với thanh có đường kính lớn hơn 36mm, nối chồng đối với cấu kiện có toàn bộ tiết diện chịu kéo, nối chồng đối với cốt thép nhóm CIV, A-IV trở lên. Đối với cốt thép chịu kéo của lưới, khung thép buộc không cho phép nối quá 50% diện tích cốt thép đối với thép có gờ hoặc 25% đối với thép trơn trơn.

### 3.6 So sánh chiều dài neo, nối cốt thép của các tiêu chuẩn đã nêu

Để so sánh chiều dài neo, nối cốt thép giữa các tiêu chuẩn ở trên, xét các trường hợp điển hình với các thông số chung về vật liệu như sau: Bê tông có cường độ đặc trưng mẫu lập phương tiêu chuẩn là 30 MPa (B30), cốt thép loại cán nóng có gờ, đường kính 25mm, giới hạn chảy 400 MPa (CB-400V). Quy đổi ra  $f'_c = 0,8 \cdot 30 = 24$  MPa để tính theo tiêu chuẩn ACI 318-14.

#### Trường hợp 1:

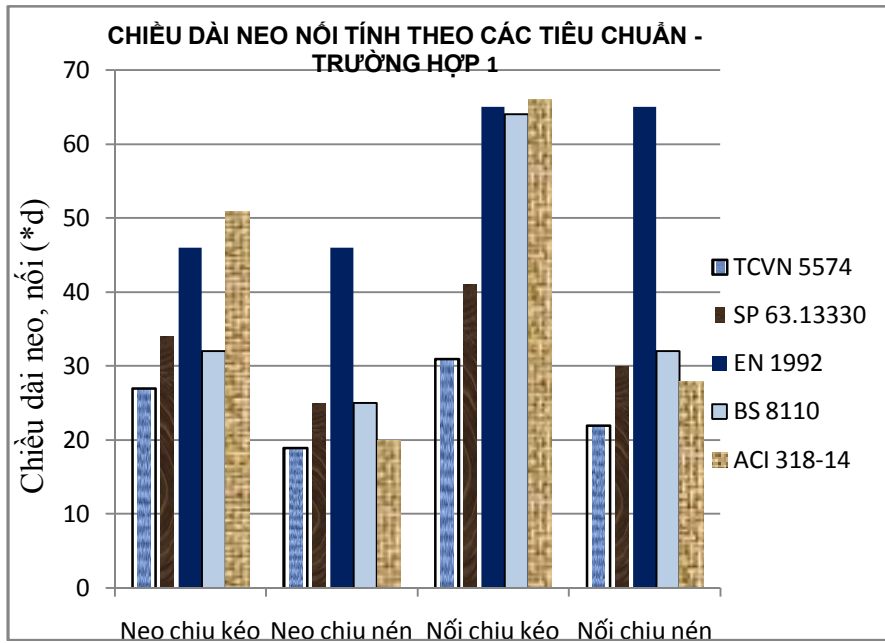
Neo cốt thép ở vùng bê tông chịu kéo, có điều kiện bám dính kém, chiều dày lớp bê tông bảo vệ thép neo là 75mm, cốt thép được cố định bằng thép đai trong bê tông.

Nối chồng cốt thép lớp trên của dầm (thanh ở góc) với chiều dày lớp bê tông bảo vệ là 35mm, số lượng mối nối là 50%.

**Bảng 2.** Chiều dài neo, nối cốt thép tính theo trường hợp 1

Tiêu chuẩn	Chiều dài neo cốt thép (*d)		Chiều dài nối chồng cốt thép (*d)	
	chịu kéo	chịu nén	chịu kéo	chịu nén
TCVN 5574	27	19	31	22
SP 63.13330	34	25	41	30
EN 1992	46	46	65	65
BS 8110	32	25	64	32
ACI 318-14	51	20	66	28

Ghi chú: chiều dài neo, nối được tính bằng số lần d với d là đường kính cốt thép



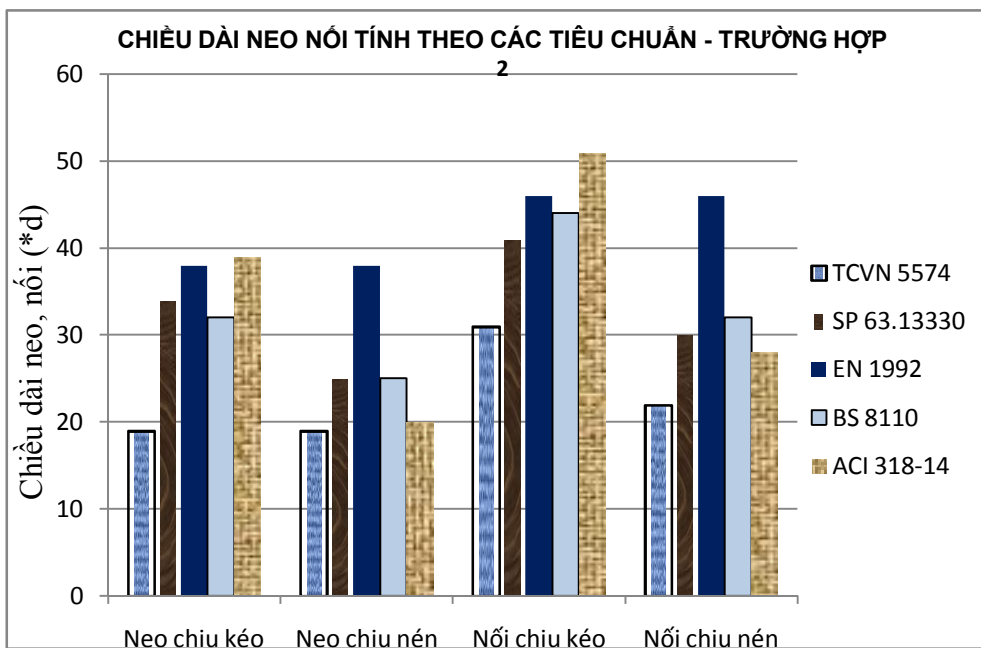
**Trường hợp 2:**

Neo cốt thép ở vùng bê tông chịu nén, có điều kiện bám dính tốt, chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép là 75mm, cốt thép được cố định bằng thép đai trong bê tông.

Nối chồng cốt thép ở lớp dưới của dầm (thanh nằm giữa) với chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép là 35mm, số lượng mỗi nối là 50%.

**Bảng 3. Chiều dài neo, nối cốt thép tính theo trường hợp 2**

Tiêu chuẩn	Chiều dài neo cốt thép (*d)		Chiều dài nối chồng cốt thép (*d)	
	chịu kéo	chịu nén	chịu kéo	chịu nén
TCVN 5574	19	19	31	22
SP 63.13330	34	25	41	30
EN 1992	38	38	46	46
BS 8110	32	25	44	32
ACI 318-14	39	20	51	28



**Nhận xét:** Chiều dài neo và nối cốt thép tính theo tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam TCVN

5574 là ngắn nhất so với các tiêu chuẩn còn lại. Đối với Trường hợp 1, chiều dài nối chồng của thép

chịu kéo tính theo TCVN 5574 chưa bằng một nửa so với tính theo các tiêu chuẩn Mỹ và châu Âu, vì vậy độ an toàn sẽ thấp hơn khi bố trí neo, nối cốt thép theo tiêu chuẩn của Việt Nam. Tuy nhiên yêu cầu về chiều dài neo và nối cốt thép chịu nén của EN 1992-1:2004 lại quá lớn so với các tiêu chuẩn còn lại, do đó cần cân nhắc khi áp dụng tiêu chuẩn này cùng với TCVN 9386:2012 để tránh lãng phí.

#### 4. Kết luận

Bài viết đã giới thiệu và so sánh quy định về chiều dài neo và nối chồng cốt thép của tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2012 với một số tiêu chuẩn tiên tiến trên thế giới. Nhìn chung chiều dài neo và nối chồng cốt thép tính theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5574:2012 ngắn hơn khá nhiều so với kết quả tính theo các tiêu chuẩn tiên tiến của nước ngoài. Đối với kết cấu cần phải thiết kế kháng chấn, cần tuân thủ chiều dài neo và nối cốt thép theo TCVN 9386:2012 và EN 1992, tuy nhiên có thể cân nhắc giảm chiều dài nối chồng cốt thép chịu nén theo SP 63.13330.2012. Đối với kết cấu không cần thiết kế kháng chấn kiến nghị áp dụng chiều dài neo và nối chồng cốt thép theo SP 63.13330.2012.

---

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

---

1. TCVN 5574:2012, Kết cấu Bê tông và Bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế.
2. Tủ sách Khoa học Công nghệ Xây dựng, Hướng dẫn thiết kế Kết cấu Bê tông và Bê tông cốt thép theo TCXDVN 356:2005, *Nhà xuất bản Xây dựng*, 2009.
3. СНиП 2.03.01-84\*, БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ, МОСКВА 2002.
4. TCVN 9386:2012, Thiết kế công trình chịu động đất, Phần 1 và phần 2.
5. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.
6. Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Cống, Trịnh Kim Đạm, Nguyễn Xuân Liên, Nguyễn Phấn Tấn, Kết cấu Bê tông cốt thép, *Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật*, 1990.
7. James G. MacGregor, Reinforced Concrete. Mechanics and Design, 3<sup>rd</sup> Edition, *Prentice Hall*, 1997.
8. СП 63.13330.2012 БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ - ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, МОСКВА 2012.
9. <http://stroyntd.narod.ru/files/doc895.html>
10. СНиП 52-01-2003 БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ - ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, МОСКВА 2004.
11. SP 52-101-2003 Concrete and Reinforced Concrete Structures Made Without Reinforcement Prestressing, Moscow 2004.
12. BS 8110-1: 1997, Structural Use of Concrete. Part 1: Code of Practice for Design and Construction, *British Standard*, 2005.
13. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-14) and Commentary (ACI 318RM-14), *ACI Committee 318*, 2015.

**Ngày nhận bài: 11/8/2016.**

**Ngày nhận bài sửa lần cuối: 26/9/2016.**