

# THIẾT KẾ KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO YÊU CẦU VỀ HÌNH THÀNH VÀ MỞ RỘNG VẾT NỨT THEO TCVN 5574-2012 VÀ SP 63.13330-2012

TS. NGUYỄN VĂN NGHỊ, TS. NGUYỄN NGỌC BÁ  
Công ty TNHH THAM & WONG (Việt Nam)

*Tóm tắt: Bài báo giới thiệu việc tính toán độ mở rộng vết nứt thẳng góc của cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn theo TCVN 5574-2012[1] và tiêu chuẩn Nga SP 63.13330-2012[2]. Kết quả tính toán so sánh độ mở rộng vết nứt thẳng góc giữa 2 tiêu chuẩn cho cấu kiện dầm, sàn chỉ ra rằng giá trị mô men hình thành vết nứt của SP 63.13330-2012 nhỏ hơn so với TCVN 5574-2012, tức vết nứt hình thành sớm hơn khi tính toán bằng tiêu chuẩn Nga và bề rộng vết nứt của dầm, sàn tính với tiêu chuẩn SP 63.13330-2012 là lớn hơn so với TCVN 5574-2012. Bài báo cũng chỉ ra yêu cầu hiện hành về bề rộng vết nứt đối với kết cấu BTCT trong môi trường vùng ven biển của tiêu chuẩn Việt Nam khắt khe hơn so với tiêu chuẩn một số nước và nó tác động lớn tới hàm lượng thép trong kết cấu BTCT vùng ven biển.*

*Abstract: This paper deals with the design of reinforced concrete structures for the crack formation and crack width estimation in accordance with Vietnamese Standard TCVN 5574-2012 and Russian standard SP 63.13330-2012. Estimations of flexural crack widths for beam and slab based on both standards have shown that the cracking moment estimated based on SP 63.13330-2012 is smaller than that based on TCVN 5574-2012, i.e the cracks would appear earlier when estimated based on the Russian standard, and the crack widths of beam and slab estimated based on SP 63.13330-2012 are also bigger than estimated based on TCVN 5574-2012. This paper also shows that the current requirements on the allowable crack width of reinforced concrete structures in marine environment stipulated in Vietnamese standards are more stringent than required by some developed countries and it has big impact on the steel content of RC structures in marine area designed based on Vietnamese standards.*

## 1. Mở đầu

Tính toán sự hình thành và mở rộng vết nứt là một trong các yêu cầu của tính toán cấu kiện bê

tông cốt thép (BTCT) theo trạng thái giới hạn thứ 2. Theo TCVN 5574:2012 [1] đối với kết cấu BTCT thông thường được thiết kế với khả năng chống nứt cấp 3, giới hạn vết nứt dài hạn là  $[a_{cr2}]=0.3mm$ , và ngắn hạn là  $[a_{cr1}]=0.4mm$  nhằm bảo vệ an toàn cho cốt thép. Các giá trị giới hạn vết nứt này tương đối lớn và thông thường sẽ thỏa mãn nếu điều kiện về chịu lực được thỏa mãn, do vậy khi tính toán chúng ta thường bỏ qua việc kiểm tra các điều kiện về vết nứt này. Tuy nhiên với những kết cấu BTCT có yêu cầu chống nứt đặc biệt, ví dụ bể nước ( $[a_{cr2}]=0.2mm$ ,  $[a_{cr1}]=0.3mm$ ) hoặc công trình xây dựng trong môi trường biển có  $[a_{cr}]=0.05mm$  tới  $0.15mm$ [3], thì bắt buộc phải tính toán độ mở rộng vết nứt vì nó tác động lớn tới hàm lượng cốt thép trong kết cấu. Với trường hợp giới hạn vết nứt nhỏ tới  $0.1mm$  hoặc  $0.15mm$  thì lượng cốt thép để đảm bảo bề rộng vết nứt giới hạn có thể lớn gấp hơn 2 lần so với lượng thép để đảm bảo điều kiện về chịu lực của cấu kiện. Hiện nay TCVN 5574-2012 đã tương đối cũ, Bộ xây dựng đang xem xét cập nhật tiêu chuẩn này bằng tiêu chuẩn mới của Nga SP 63.13330-2012[2], bài báo này sẽ giới thiệu và so sánh kết quả tính toán về sự hình thành và mở rộng vết nứt thẳng góc của cấu kiện chịu uốn theo 2 tiêu chuẩn này, đồng thời kiến nghị điều chỉnh yêu cầu chống nứt đối với kết cấu bê tông cốt thép của tiêu chuẩn Việt Nam trong môi trường vùng ven biển để làm cơ sở cho việc soát xét các tiêu chuẩn hiện hành có liên quan.

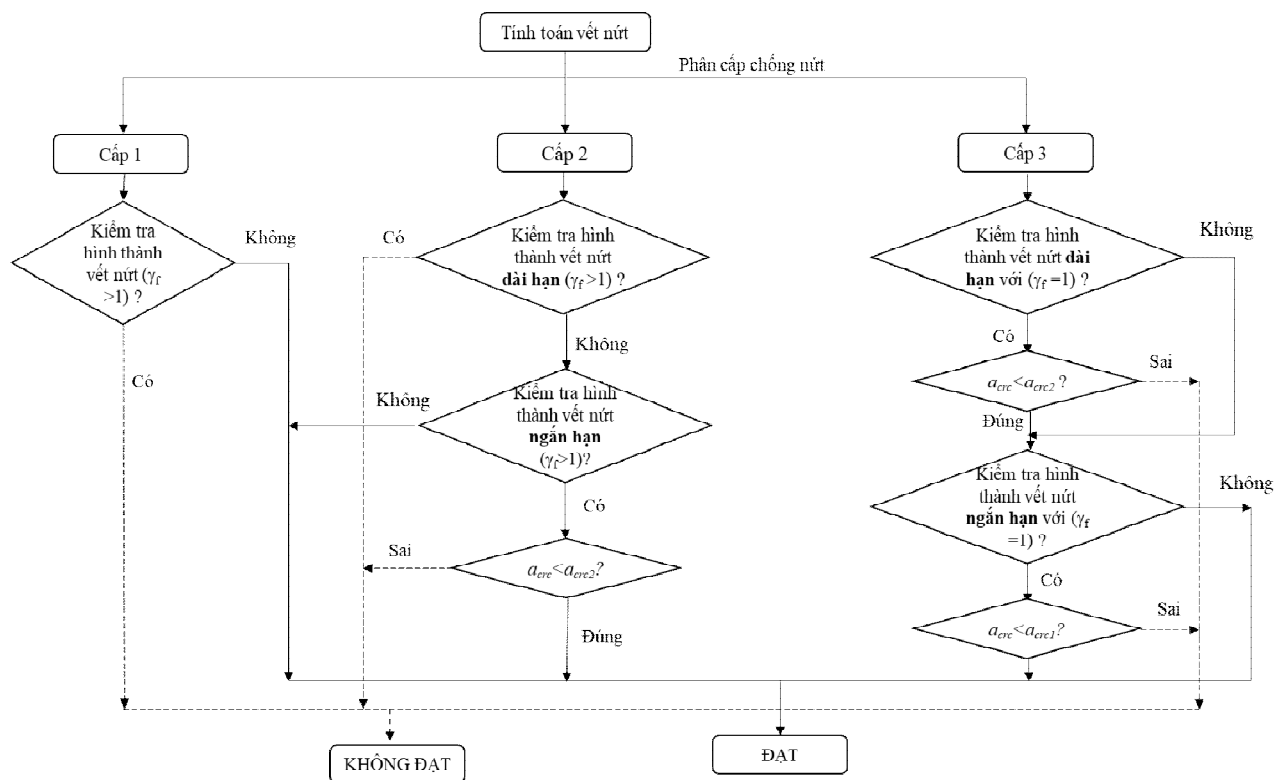
## 2. Tính toán sự hình thành và mở rộng vết nứt theo TCVN 5574-2012

### 2.1. Tính toán sự hình thành vết nứt

Tính toán kiểm tra vết nứt thẳng góc theo TCVN 5574-2012 được tóm tắt như sơ đồ dưới đây. Tùy theo cấp chống nứt của công trình, việc tính toán kiểm tra hình thành vết nứt sẽ được tính với hệ số độ tin cậy về tải trọng  $\gamma_f > 1$  hoặc  $\gamma_f = 1$ .

Theo tiêu chuẩn [1] kết cấu BTCT được kiểm tra với sự hình thành vết nứt xiên và vết nứt thẳng góc, bài báo này chỉ tập trung vào việc tính toán kiểm tra

vết nứt thẳng góc. Điều kiện không hình thành vết nứt như sau:



**Hình 1. Sơ đồ tính toán, kiểm tra vết nứt theo TCVN 5574-2012**

$$M_r \leq M_{crc} = R_{bt,ser} W_{pl} \pm M_{rp} \quad (1)$$

$$M_{rp} = \sigma_s A_s y_s - \sigma'_s A'_s y'_s \quad (3)$$

Trong đó:

- $R_{bt,ser}$  là cường độ chịu kéo của bê tông ở trạng thái giới hạn thứ 2;  
 $W_{pl}$  là mô men kháng uốn của tiết diện quy đổi với thớ chịu kéo ngoài cùng (có kể đến biến dạng không đàn hồi của vùng bê tông chịu kéo) và được xác định  $W_{pl} = \gamma W_{red}$ , với  $W_{red}$  là mô men kháng uốn với biên chịu kéo của tiết diện quy đổi,  $\gamma$  hệ số quy đổi phụ thuộc hình dạng tiết diện;
- $M_r$  là mô men do các ngoại lực nằm ở một phía tiết diện đang xét đối với trục song song với trục trung hòa đi qua một điểm lõi cách xa vùng chịu kéo của tiết diện này hơn cả. Đối với cấu kiện chịu tác dụng của mô men uốn  $M$ , ta có:

$$M_r = M \quad (2)$$

$M_{rp}$  là mô men do ứng lực  $P$  đối với trục dùng để xác định  $M_r$ . Đối với cấu kiện không ứng lực trước,  $M_{rp}$  là mô men do ngoại lực  $P$  đối với trục dùng để xác định  $M_r$ , được xác định như sau:

$y_s, y'_s$  là khoảng cách từ trọng tâm tiết diện quy đổi đến trọng tâm tiết diện cốt thép chịu kéo và chịu nén.

Thay các giá trị vào công thức (1), có:

$$M \leq M_{crc} = \gamma R_{bt,ser} W_{red} - (\sigma_s A_s y_s - \sigma'_s A'_s y'_s) \quad (4)$$

Đối với tiết diện chữ nhật hoặc chữ T có cánh nằm trong vùng nén, theo [4], [5] giá trị  $\gamma=1.75$ .

**2.2. Tính toán sự mở rộng vết nứt thẳng góc**

Bề rộng vết nứt thẳng góc với trục cấu kiện  $a_{crc}$  (mm) được xác định theo công thức:

$$a_{crc} = \delta \varphi \eta \frac{\sigma_s}{E_s} 20(3.5 - 100\mu) \sqrt[3]{d} \quad (5)$$

Trong đó:

- $\delta = 1$  với cấu kiện chịu uốn;
- $\varphi = 1$  khi tính toán với tác dụng ngắn hạn của tải trọng;

- $\varphi_l = 1.6 - 15\mu$  khi tính toán bề rộng vết nứt dài hạn do tác dụng tải trọng thường xuyên và tạm thời dài hạn với bê tông nặng trong điều kiện độ ẩm tự nhiên;
- $\eta$  hệ số phụ thuộc vào loại thép, bằng 1 với thép có gờ và 1.3 với thép tròn trơn;
- $\mu$  hàm lượng cốt thép chịu kéo và lấy không quá 0.02;
- $d$  đường kính cốt thép (mm);
- $\sigma_s$  ứng suất trong cốt thép chịu kéo tại tiết diện thẳng góc có vết nứt do ngoại lực tương ứng.

Theo mục 7.2.2.1 trong TCVN 5574-2012, đối với cấu kiện có yêu cầu chống nứt cấp 3, bề rộng vết nứt dài hạn được xác định với tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời dài hạn với hệ số  $\varphi > 1$ . Bề

$$M_{r2} < M_0 = M_{crc} + \psi bh^2 R_{bt,ser} \quad \text{với } \psi = \min\left(\frac{15\mu\alpha}{\eta}, 0.6\right) \quad (7)$$

Với:

- $M_{r2}$  là mô men do tác dụng của toàn bộ tải trọng;
- Hệ số  $\alpha$  được xác định bằng tỷ số  $\alpha = E_s/E_b$

Khi thỏa mãn điều kiện trên, bề rộng vết nứt ngắn hạn do tác dụng của toàn bộ tải trọng  $M_{crc} \leq M \leq M_0$  sẽ được xác định bằng cách nội suy tuyến tính trong khoảng giá trị  $a_{crc} = 0$  với  $M = M_{crc}$  và  $a_{crc}$  xác định theo công thức (5) với  $M = M_0$ .

Khi  $M = M_{crc}$ , vết nứt mới bắt đầu hình thành do vậy  $a_{crc} = 0$ , tuy nhiên nếu không rơi vào trường hợp điều chỉnh lại công thức tính độ rộng vết nứt nêu ở trên, áp dụng công thức (5) tại thời điểm  $M = M_{crc}$  bề rộng vết nứt sẽ là  $a_{crc} > 0$ . Đây là điểm chưa phù hợp của công thức xác định bề rộng vết nứt, điều này đã được điều chỉnh lại trong tiêu chuẩn SP 63.13330-2012.

### 3. Tính toán vết nứt theo tiêu chuẩn Nga SP 63.13330-2012

#### 3.1. Kiểm tra sự hình thành vết nứt

Cũng như TCVN 5574-2012, sự hình thành vết nứt của cấu kiện chịu uốn được xác định khi  $M \geq M_{crc}$ . Tuy nhiên có sự khác biệt, theo SP 63.13330-2012, khi tính toán sự hình thành vết nứt sẽ xác

định với hệ số độ tin cậy về tải trọng  $\gamma_f > 1$  như hệ số tính toán độ bền, còn đối với tính toán mở rộng vết nứt thì lấy hệ số tin cậy về tải trọng  $\gamma_f = 1$ . Đối với TCVN 5574-2012, khi tính toán sự hình thành vết nứt, lấy với  $\gamma_f = 1$  cho cấu kiện chống nứt cấp 3,  $\gamma_f > 1$  cho cấu kiện chống nứt cấp 1 và 2; còn khi tính toán mở rộng vết nứt  $\gamma_f = 1$  với tất cả các cấp chống nứt.

$$a_{crc1} = a_{crc2} + \Delta a_{crc1} \quad (6)$$

Trong đó:

- $a_{crc2}$  bề rộng vết nứt dài hạn được xác định theo công thức (5) với tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn.
- $\Delta a_{crc1}$  số gia bề rộng vết nứt xác định theo công thức (5) với tải trọng tạm thời ngắn hạn.

Bề rộng vết nứt sẽ được điều chỉnh lại nếu rơi vào trường hợp hàm lượng thép  $\mu < 0.008$  và khi giá trị  $M_{r2}$  thỏa mãn:

định với hệ số độ tin cậy về tải trọng  $\gamma_f > 1$  như hệ số tính toán độ bền, còn đối với tính toán mở rộng vết nứt thì lấy hệ số tin cậy về tải trọng  $\gamma_f = 1$ . Đối với TCVN 5574-2012, khi tính toán sự hình thành vết nứt, lấy với  $\gamma_f = 1$  cho cấu kiện chống nứt cấp 3,  $\gamma_f > 1$  cho cấu kiện chống nứt cấp 1 và 2; còn khi tính toán mở rộng vết nứt  $\gamma_f = 1$  với tất cả các cấp chống nứt.

Giá trị mô men uốn tại thời điểm hình thành vết nứt  $M_{crc}$  xác định như sau:

$$M_{crc} = W_{pl} R_{bt,ser} \pm Ne_x \quad (8)$$

Đối với cấu kiện chịu uốn thuần túy,  $N=0$ ,  $W_{pl}$  được xác định thông qua  $W_{red}$  giống như TCVN 5574 tuy nhiên khác nhau về hệ số  $\gamma$ , (8) trở thành:

$$M_{crc} = \gamma W_{red} R_{bt,ser} \quad (9)$$

Với tiết diện chữ nhật hoặc chữ T có cánh nằm trong vùng chịu nén,  $\gamma = 1.3$ . Do giá trị  $\sigma_s A_s y_s - \sigma_s' A_s' y_s'$  nhỏ nên từ công thức xác định mô men hình thành vết nứt và (4), ta có thể thấy rằng, tiết diện chữ nhật hoặc chữ T có cánh trong vùng nén  $M_{crc}$  theo SP 63.13330 nhỏ hơn  $M_{crc}$  theo TCVN 5574-2012, hay vết nứt khi tính toán theo tiêu chuẩn Nga SP 63.13330 sẽ hình thành sớm hơn so với TCVN 5574-2012.

**3.2. Tính toán sự mở rộng vết nứt**

Bề rộng vết nứt dài hạn được xác định theo công thức:

$$a_{crc} = a_{crc,1} \quad (10)$$

Bề rộng vết nứt ngắn hạn sẽ được xác định theo công thức:

$$a_{crc} = a_{crc,1} + a_{crc,2} - a_{crc,3} \quad (11)$$

Trong đó:

- $a_{crc,1}$  là bề rộng vết nứt do tác dụng dài hạn của tải trọng thường xuyên và tạm thời dài hạn;
- $a_{crc,2}$  là bề rộng vết nứt do tác dụng ngắn hạn của tải trọng thường xuyên và tạm thời (dài hạn và ngắn hạn);
- $a_{crc,3}$  là bề rộng vết nứt do tác dụng ngắn hạn của tải trọng thường xuyên và tạm thời dài hạn.

Bề rộng vết nứt thẳng góc sẽ được xác định như sau:

$$a_{crc,i} = \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \psi_s \frac{\sigma_s}{E_s} L_s \quad (12)$$

Với  $i=1,2,3$  lần lượt là các vết nứt cần xác định ở trên và:

- $\varphi_1$  hệ số kể đến thời hạn tác dụng của tải trọng:  $\varphi_1=1$  với tải trọng ngắn hạn, và  $\varphi_1=1.4$  với tải trọng dài hạn;
- $\varphi_2$  hệ số kể đến hình dạng bề mặt của cốt thép dọc:  $\varphi_2 = 0.5$  với cốt thép có gân và cấp,  $\varphi_2 = 0.8$  với cốt thép trơn;
- $\varphi_3 = 1$  với cấu kiện chịu uốn và  $\varphi_3 = 1.2$  với cấu kiện chịu kéo;
- $\sigma_s$  là giá trị ứng suất trong cốt thép chịu kéo,  $L_s$  là khoảng cách cơ sở giữa các vết nứt thẳng góc kề nhau, xác định như sau:

$$L_s = 0.5 \frac{A_{bt}}{A_s} d_s \quad (8)$$

$L_s$  lấy không nhỏ hơn  $10d_s$  và  $100mm$  và không lớn hơn  $40d_s$  và  $400mm$ .  $A_{bt}$  diện tích bê tông chịu kéo,  $A_s$  diện tích thép chịu kéo,  $d_s$  đường kính danh nghĩa của cốt thép.

Hệ số  $\psi_s$  với cấu kiện chịu uốn được xác định như sau:

$$\psi_s = 1 - 0.8 \frac{M_{crc}}{M} \quad (9)$$

Như vậy theo SP 63.13330 giá trị giới hạn hình thành vết nứt  $M_{crc}$  đã được kể đến trong công thức tính độ mở rộng vết nứt. Bề rộng vết nứt được tính toán với  $\gamma_f = 1$  hay giá trị tải trọng tiêu chuẩn  $M_{tc}$ , còn kiểm tra hình thành vết nứt tính toán với  $\gamma_f > 1$  hay tải trọng tính toán  $M_{tt}$ . Như vậy khi bắt đầu hình thành vết nứt  $M_{tt}=M_{crc}$ , ta có  $M_{tc} \approx M_{tt}/1.25$ , thay vào biểu thức, ta được  $\psi_s \approx 0$  hay  $a_{crc} \approx 0$ . Đây là một trong những khác biệt lớn so với công thức tính toán vết nứt theo TCVN 5574-2012.

Theo công thức, bề rộng vết nứt tính theo SP 63.13330 sẽ tỉ lệ thuận với hàm bậc nhất của đường kính cốt thép  $d$ , trong khi TCVN 5574, tỉ lệ thuận với  $d^{1/3}$ . Theo cách tính toán vết nứt trong Eurocode 2[6] bề rộng vết nứt cũng tỷ lệ thuận với đường kính thép  $d$ .

**4. Ví dụ tính toán kiểm tra vết nứt**

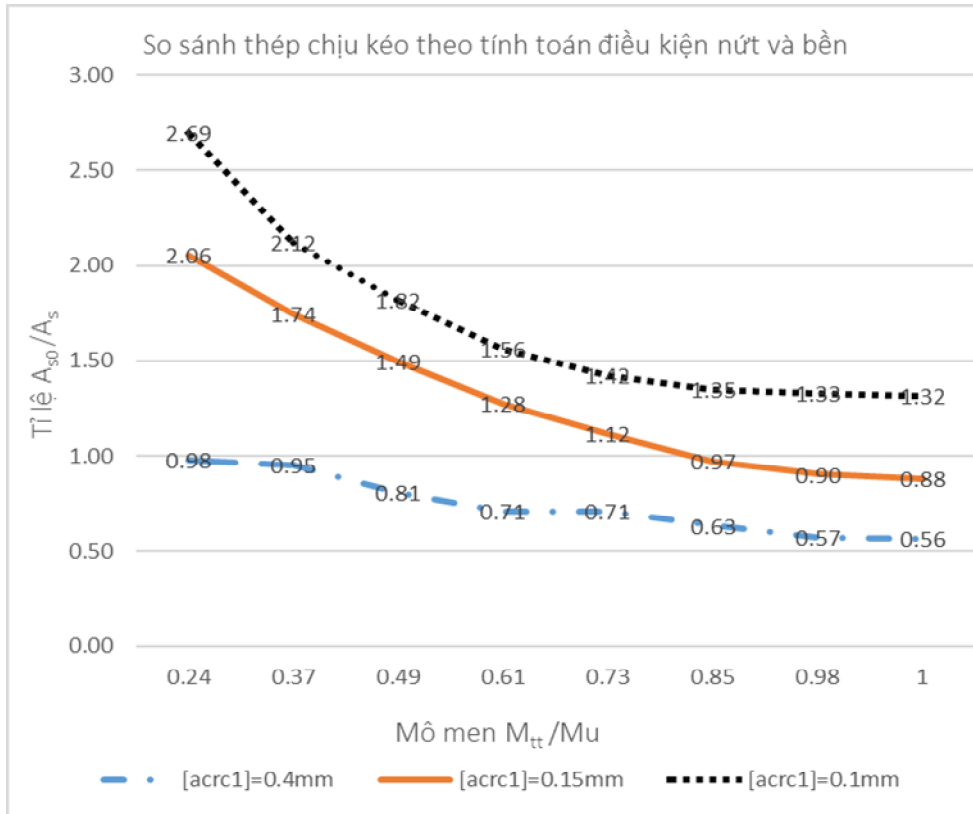
**4.1. So sánh lượng thép theo điều kiện bền và theo giới hạn bề rộng vết nứt TCVN 5574**

Ví dụ 1: Xem xét cấu kiện dầm có kích thước  $b \times h = 300 \times 500$ , sử dụng B30 có  $R_{b,ser} = 22 MPa$ ,  $R_{bt,ser} = 1.8 MPa$ , thép chịu lực CIII, khoảng cách lớp bê tông bảo vệ đến trọng tâm cốt thép  $a=5cm$ , khả năng chịu uốn tối đa của tiết diện đặt cốt đơn là  $M_u = 407kNm$ . Kiểm tra tính toán vết nứt của dầm trong 3 trường hợp sau:

- Trường hợp 1: môi trường ngoài trời, điều kiện bình thường có yêu cầu chống nứt cấp 3;
- Trường hợp 2: môi trường của kết cấu trong nhà, cách bờ biển từ 0-1km;
- Trường hợp 3: môi trường của kết cấu ngoài trời, cách bờ biển 0-1km.

Với trường hợp 1, cấu kiện có yêu cầu chống nứt cấp 3, theo bảng 2 TCVN 5574, ta có yêu cầu giới hạn bề rộng vết nứt dài hạn với trường hợp này  $[a_{crc2}]=0.3mm$  và  $[a_{crc1}]=0.4mm$  cho bề rộng vết nứt ngắn hạn.

Với cấu kiện trong môi trường biển cách bờ biển từ 0-1km, theo bảng 1 TCVN 9346 [3], yêu cầu về giới hạn vết nứt do toàn bộ tải trọng ngắn hạn và dài hạn là  $[a_{crc1}]=0.15mm$  đối với trường hợp 2 cho kết cấu nằm trong nhà và  $[a_{crc1}]=0.1mm$  đối với trường hợp 3 cho kết cấu ngoài trời.



**Hình 3.** So sánh thép theo giới hạn bề rộng vết nứt và thép theo yêu cầu về độ bền

Tính toán với giả thiết giá trị mô men tính toán do tải trọng thường xuyên và tạm thời dài hạn  $M_{tt}=1.2 M_{tc}$  (tải trọng tiêu chuẩn), tải trọng thường xuyên chiếm 80% tổng tải trọng, sử dụng thép CIII, đường kính  $\phi=20\text{mm}$ . Hình 2 so sánh lượng thép theo yêu cầu để thỏa mãn bề rộng vết nứt  $A_{s0}$  và lượng thép yêu cầu theo độ bền  $A_s$ . Trục hoành thể hiện tỉ lệ mô men tính toán  $M_{tt}$  và khả năng chịu uốn tối đa của tiết diện đặt cốt đơn  $M_u$ . Như vậy với điều kiện  $[a_{crc}]=0.4\text{mm}$ , lượng thép yêu cầu về nứt  $A_{s0}$  nhỏ hơn so với  $A_s$  (thép yêu cầu về độ bền),  $A_{s0}/A_s < 1$ , khi giá trị mô men càng lớn lượng thép theo yêu cầu về bền càng lớn hơn nhiều so với thép yêu cầu về nứt  $A_{s0}/A_s < 1$ , nguyên nhân trong công thức (5) hàm lượng cốt thép  $\mu$  không lấy quá 0.02. Từ kết quả trên cho thấy trong điều kiện môi trường bình thường việc kiểm tra nứt có thể được bỏ qua.

Đối với trường hợp  $[a_{crc}]=0.15\text{mm}$  hoặc  $0.1\text{mm}$ , có thể thấy rằng lượng thép yêu cầu về nứt  $A_{s0}$  rất lớn, có thể gấp hơn 2 lần lượng thép yêu cầu về

bền. Tương tự trường hợp 1, khi mô men càng lớn thì tỉ lệ  $A_{s0}/A_s$  sẽ giảm dần. Như vậy đối với các môi trường có yêu cầu bề rộng vết nứt nhỏ cần phải đặc biệt quan tâm đến lượng thép yêu cầu để đảm bảo bề rộng vết nứt vì chúng sẽ quyết định hàm lượng thép trong kết cấu chứ không phải điều kiện bền quyết định hàm lượng thép. Đối với tiết diện được tính toán theo điều kiện bền với hàm lượng thép nhỏ thì lượng thép bổ sung khi kiểm tra nứt lại càng lớn.

**4.2. So sánh vết nứt theo TCVN 5574 và SP 63 13330**

Ví dụ 2: Tính toán kiểm tra nứt cấu kiện dầm yêu cầu chống nứt cấp 3, kích thước  $b \times h = 220 \times 500$ . Bê tông B30 có  $R_{b,ser} = 22 \text{ MPa}$ ,  $R_{bt,ser} = 1.8 \text{ MPa}$ , đặt thép AIII lớp trên  $3\phi 20$ , lớp dưới  $3\phi 20$ , chiều dày lớp bê tông bảo vệ đến trọng tâm cốt thép  $a_0 = 4\text{cm}$ , mô men do tải thường xuyên  $M_{tx} = 80 \text{ kNm}$ , do tải tạm thời dài hạn  $M = 5 \text{ kNm}$ , do tải tạm thời ngắn hạn  $M = 15 \text{ kNm}$ .

	<b>TCVN 5574-2012</b>	<b>SP 6313330</b>
Các giá trị tính toán	$A_s = 9.42\text{cm}^2$ , $A_s' = 9.42 \text{ cm}^2$ , $\mu=0.0093$ - Mô men do tổng tải trọng: $M_{nh} = 100 \text{ kNm}$ - Mô men do tải thường xuyên và tạm thời dài hạn: $M_{dh} = 85 \text{ kNm}$	
Mô men kháng uốn quy đổi $W_{red}$	$W_{red} = 1,121. 10^7 \text{ mm}^3$	$W_{red} = 1,121. 10^7 \text{ mm}^3$

## QUY CHUẨN – TIÊU CHUẨN

	TCVN 5574-2012	SP 6313330
Modun kháng uốn $W_{pl}$ có kể biến dạng không đàn hồi	$W_{pl} = 1.75 W_{red}$ $W_{pl} = 1,96 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$	$W_{pl} = 1.3 W_{red}$ $W_{pl} = 1,458 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$
$M_{crc}$ mô men hình thành vết nứt	$M_{crc} = 1.75 R_{bt,ser} W_{red} - \sigma_{sc} (A_s y_s - A'_s y'_s)$ $M_{crc} = 28.36 \text{ kNm}$	$M_{crc} = R_{bt,ser} W_{pl}$ $M_{crc} = 26.25 \text{ kNm}$
Hình thành vết nứt?	Có hình thành vết nứt	Có hình thành vết nứt
Tính bề rộng vết nứt ngắn hạn	$\mu > 0.008$ , xác định theo công thức (5) Bề rộng vết nứt dài hạn: $a_{crc2} = 0.22 \text{ mm}$ $\Delta a_{crc1} = 0.027 \text{ mm}$ Bề rộng vết nứt ngắn hạn: $a_{crc1} = 0.246 \text{ mm}$	Xác định theo công thức : Bề rộng vết nứt dài hạn $a_{crc,1} = 0.23 \text{ mm}$ $a_{crc,2} = 0.2028 \text{ mm}$ $a_{crc,3} = 0.164 \text{ mm}$ Bề rộng vết nứt ngắn hạn $a_{crc} = a_{crc,1} + a_{crc,2} - a_{crc,3} = 0.268 \text{ mm}$

Qua ví dụ trên, chúng ta thấy rằng, bề rộng vết nứt của dầm tính theo SP 63.13330 lớn hơn so với TCVN 5574-2012. Điều này cũng có thể lý giải được do bề rộng vết nứt theo SP 63 phụ thuộc vào hàm bậc nhất của đường kính, còn TCVN 5574 phụ thuộc vào  $d^{1/3}$ , vì vậy với thép dầm đường kính càng lớn, sự chênh lệch này càng tăng lên. Chúng ta có thể chứng minh bằng cách xét tỉ số  $k_0$  là tương quan tỉ lệ độ lớn vết nứt dài hạn của cấu kiện chịu uốn giữa SP 63.13330 và TCVN 5574-2012.

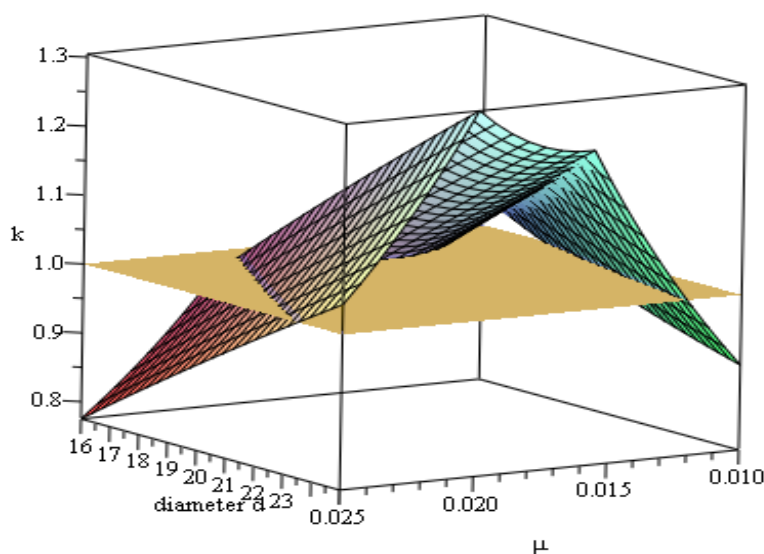
Trước hết, chiều dài  $L_s$  được xác định như công thức, với  $A_{bt}$  là diện tích tiết diện bê tông chịu kéo và  $A_{bt}$  không vượt quá  $0.5bh$  (trường hợp đặt thép đối xứng ta luôn có  $A_{bt} = 0.5bh$ ), như vậy ta có thể viết như sau:

$$L_s = 0.5 \frac{A_{bt}}{A_s} d_s \approx \min\left(0.5 \frac{0.5bh}{A_s}, 400, 40d_s\right) \approx \min\left(0.25 \frac{1}{\mu} d_s, 400, 40d_s\right) \quad (10)$$

Với dầm, giá trị mô men hình thành thường bé nên để đơn giản hóa ta có thể xem xét tỷ số  $k$  cho các trường hợp  $M > 3M_{crc}$  như sau:

$$k_0 = \frac{a_{crc,1}(SP)}{a_{crc,2}(TCVN)} = \frac{\varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \psi_s \frac{\sigma_s}{E_s} L_s}{\delta \varphi_1 \eta \frac{\sigma_s}{E_s} 20(3.5 - 100\mu) \sqrt[3]{d}} \stackrel{M > 3M_{crc}}{\geq} \frac{0.513 \times \min\left(0.25 \frac{1}{\mu}, 400, 40d\right)}{20(1.6 - 15\mu)(3.5 - 100\mu) \sqrt[3]{d}} = k$$

Hình 3 thể hiện giá trị  $k$  theo hàm lượng thép  $\mu$  và đường kính thép  $d$ . Với thép  $d \geq 16$  và hàm lượng thép  $1\% \leq \mu \leq 2.5\%$  thì  $k_0 \geq k > 1$ , tức là bề rộng vết nứt của dầm tính theo SP 63.13330 lớn hơn so với bề rộng vết nứt tính theo TCVN 5574-2012.



Hình 5. So sánh tỉ lệ bề rộng vết nứt cấu kiện dầm giữa TCVN 5574 và SP 63.13330 theo sự thay đổi đường kính  $d$  và hàm lượng cốt thép  $\mu$ .

## QUY CHUẨN – TIÊU CHUẨN

### 5. Tham khảo quy định về giới hạn bề rộng vết nứt cho phép của kết cấu BTCT trong các tiêu chuẩn của nước ngoài đối với kết cấu vùng ven biển

Bảng 1 thể hiện giới hạn bề rộng vết nứt cho phép của kết cấu BTCT vùng ven biển

**Bảng 1. Giới hạn bề rộng vết nứt cho phép đối với kết cấu BTCT vùng ven biển, mm**

Môi trường <sup>a)</sup>	Việt Nam	Singapore	Pháp	Vương quốc Anh
Vùng ngập nước	0.1	0.3	0.2	0.3
Nước lên xuống	0.05	0.3	0.2	0.3
Trên mặt nước	0.1	0.3	0.2	0.3
Gần bờ <sup>b)</sup>	0.1 / 0.15	0.3	0.2	0.3

Ghi chú:

- Vùng ngập nước tương ứng với cấp XS2, vùng nước lên xuống tương ứng với cấp XS3, môi trường trên mặt nước và gần bờ tương ứng với cấp XS1 của Eurocode 2.
- Theo tiêu chuẩn Việt Nam, bề rộng vết nứt cho phép đối với kết cấu gần bờ bằng 0.1mm đối với kết cấu ngoài trời, bằng 0.15mm đối với kết cấu trong nhà.

Đối với tiêu chuẩn Việt Nam, bề rộng vết nứt nêu trên được kiểm tra ứng với tác dụng của toàn bộ tải trọng, kể cả dài hạn và ngắn hạn, còn đối với tiêu chuẩn Eurocode 2 thì chỉ kiểm tra bề rộng vết nứt với tác dụng của tổ hợp tải trọng dài hạn (quasi-permanent load combination). Từ bảng trên có thể thấy rằng yêu cầu về giới hạn bề rộng vết nứt cho phép đối với kết cấu BTCT vùng ven biển quy định trong tiêu chuẩn Việt Nam rất khắt khe, hệ quả là kết cấu thiết kế theo tiêu chuẩn này sẽ có hàm lượng thép rất lớn.

### 6. Kết luận và kiến nghị

Nội dung bài báo đã giới thiệu việc tính toán vết nứt theo TCVN 5574-2012 và SP 63.13330-2012. Nhìn chung với cấu kiện dầm chịu uốn bề rộng vết nứt theo TCVN nhỏ hơn so với bề rộng vết nứt theo SP 63.13330-2012. Theo TCVN 5574-2012 đối với các kết cấu trong môi trường không có yêu cầu đặc biệt về chống nứt, khi thiết kế theo yêu cầu về độ bền thì sẽ thỏa mãn yêu cầu về bề rộng vết nứt cho phép. Tuy nhiên đối với kết cấu vùng ven biển quy định về bề rộng vết nứt cho phép nêu trong TCVN 9346:2012 rất nhỏ so với quy định của các nước tiên tiến trên thế giới, điều này dẫn tới hàm lượng thép bố trí để thỏa mãn yêu cầu chống nứt rất lớn so với hàm lượng thép cần thiết để đáp ứng yêu cầu về độ bền, làm tăng chi phí xây dựng cho kết cấu BTCT vùng ven biển khá nhiều nếu thực hiện

quy định trong tiêu chuẩn của Việt Nam TCVN 9346:2012 và quy định của Singapore, Pháp, Vương quốc Anh nêu trong các phụ lục quốc gia của các nước này đối với tiêu chuẩn Eurocode 2.

nghiêm túc theo quy định của tiêu chuẩn TCVN 9346:2012. Vì vậy các tác giả đề xuất cần thiết phải xem xét lại quy định về bề rộng vết nứt trong tiêu chuẩn TCVN 9346:2012 sao cho hài hòa với các yêu cầu của các nước tiên tiến trên thế giới.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- TCVN 5574-2012: *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép*, Tiêu Chuẩn Quốc Gia.
- SP 63.13330.2012 *Concrete and Reinforced Concrete Structures General*, Russian Federation Ministry Of Regional Development, 2012.
- TCVN 9346-2012: *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển*, Tiêu Chuẩn Quốc Gia.
- N. Đ. Công, "Tính toán thực hành cấu kiện bê tông cốt thép theo TCXDVN 356-2005," NXB Xây Dựng, 2008.
- Tập san KHCN, "Hướng dẫn thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép theo TCXDVN 356:2005," Hà Nội, Nhà xuất bản xây dựng, 2009.
- Eurocode 2: Design of Concrete Structures - Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings*, EUROPEAN STANDARD.

**Ngày nhận bài:** 18/10/2017.

**Ngày nhận bài sửa lần cuối:** 24/11/2017.