

# ẢNH HƯỞNG CỦA CHIỀU RỘNG KHE NỨT GIỚI HẠN TRONG THIẾT KẾ KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP VÙNG VEN BIỂN

## EFFECT OF LIMITED CRACK WIDTH IN DESIGN OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN COASTAL AREA

**TS. VÕ MẠNH TÙNG**

Khoa Xây dựng DD&CN, Trường Đại học Xây dựng

E-mail: [avo\\_manhtung@yahoo.com.vn](mailto:avo_manhtung@yahoo.com.vn)

*Tóm tắt: Các tỉnh ven biển của Việt Nam ngày càng được đầu tư và phát triển, các dự án cao tầng phát triển rất nhanh chóng. Vì vậy, việc tính toán thiết kế kết cấu bê tông cốt thép cho các công trình cao tầng vùng ven biển cũng trở nên quan trọng. Tiêu chuẩn hiện hành TCVN 9346:2012 về yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn cho các công trình bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển được sử dụng phổ biến trong công tác thiết kế và thẩm tra, tuy nhiên việc áp dụng tiêu chuẩn này trên thực tế còn bất cập về yêu cầu chiều rộng khe nứt giới hạn. Vì vậy, qua bài báo này, tác giả muốn so sánh các yêu cầu về chiều rộng khe nứt giới hạn của TCVN 9346:2012 với tiêu chuẩn châu Âu EC2 và ảnh hưởng tới việc thiết kế, qua đó đưa ra lời khuyên cho các kỹ sư về việc áp dụng tiêu chuẩn thiết kế công trình cao tầng bê tông cốt thép (BTCT) nằm trong vùng ven biển.*

*Từ khóa: Bê tông cốt thép, khe nứt, ven biển, tiêu chuẩn thiết kế.*

*Abstract: The coastal provinces of Vietnam are increasingly invested and developed, high-rise projects develop very quickly. Therefore, the calculation of design of reinforced concrete structures for high-rise buildings in coastal zones also becomes important. The current standard TCVN 9346:2012 Requirements of protection from corrosion for concrete and reinforced concrete*

*structures in marine environment is commonly used in the design and verification, however the application of this standard in practices shows the inadequacy of the limited crack width. Therefore, in this paper, the author compares the crack width requirements of TCVN 9346:2012 with European standard EC2 and influence on design, thereby giving advice to designers on the application of design standards for reinforced concrete buildings located in the coastal areas.*

*Keywords: Reinforced concrete, crack, coastal, design standards*

### 1. Giới thiệu

Việt Nam có nhiều lợi thế so với quốc tế, trong đó lợi thế về vị trí lãnh thổ và các điều kiện tự nhiên nổi trội, là vùng đặc quyền kinh tế biển rộng khoảng 1 triệu km<sup>2</sup>, với gần 3.260 km dài bờ biển, trong đó khoảng hơn 100.000 ha đầm phá và vịnh kín, 290.000 ha bãi triều, rừng ngập mặn và hơn 100 cửa sông. Cùng với việc phát triển về kinh tế cho các thành phố ven biển, những công trình nhà ở, khách sạn, văn phòng cao tầng được đầu tư xây dựng với tốc độ rất cao trong những năm gần đây. Các thành phố ven biển như Đà Nẵng, Quảng Ninh, Quy Nhơn,... đều đã có những dự án cao đến 30 tầng, thậm chí lên đến 40-50 tầng được hoàn thiện và đưa vào sử dụng (hình 1).



Hình 1. Các công trình cao tầng ở Đà Nẵng và Quảng Ninh

Với những ưu điểm vốn có của mình so với các loại vật liệu khác thì bê tông cốt thép vẫn đang là loại vật liệu chủ yếu được sử dụng cho các kết cấu chịu lực trong các công trình cao tầng. Việc tính toán thiết kế kết cấu bê tông cốt thép cho các công trình vùng ven biển cũng được đầu tư nghiên cứu. Tiêu chuẩn hiện hành TCVN 9346:2012 về yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn cho các công trình bê tông và bê tông cốt thép trong môi trường biển, tuy nhiên việc áp dụng tiêu chuẩn này trên thực tế còn khá nhiều bất cập.

Trong các yêu cầu chống ăn mòn khi thiết kế cấu kiện bê tông cốt thép, điều kiện quy định về chiều rộng khe nứt giới hạn ảnh hưởng nhiều nhất đến tuổi thọ, độ an toàn và tính kinh tế của công trình [1], [2], [3]. Mặc dù vậy những quy định này trong tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9346:2012 lại chặt hơn rất nhiều so với tiêu chuẩn châu Âu [4][9]. Một số nghiên cứu trên thế giới cũng cho thấy rằng khi chiều rộng khe nứt nhỏ hơn 0.3mm thì sự ăn mòn cốt thép xảy ra không đáng kể [6]. Vì vậy, những nghiên cứu sau đây sẽ tập trung phân tích so sánh quy định chiều rộng khe nứt giới hạn và ảnh hưởng của những quy định này tới việc thiết kế công trình bê tông cốt thép.

## 2. Nguyên lý tính toán và yêu cầu chiều rộng khe nứt giới hạn trong các tiêu chuẩn thiết kế

### 2.1 Các quy định theo tiêu chuẩn Việt Nam

Yêu cầu chống ăn mòn đối với kết cấu bê tông cốt thép trong môi trường biển được quy định trong

“Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép-Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển” – TCVN 9346:2012 [7] và cũng phải tuân thủ theo tiêu chuẩn thiết kế cấu kiện bê tông cốt thép TCVN5574:2018 [8].

TCVN 9346:2012 được chuyển đổi từ TCXDVN 327:2004 thành Tiêu chuẩn Quốc gia. Tiêu chuẩn này quy định các yêu cầu về thiết kế, vật liệu và thi công nhằm đảm bảo khả năng chống ăn mòn cho các kết cấu bê tông, bê tông cốt thép (thông thường và ứng suất trước) xây dựng ở vùng biển với niên hạn sử dụng công trình tới 100 năm. Tiêu chuẩn này được sử dụng kết hợp cùng các tiêu chuẩn hiện hành khác về thiết kế, yêu cầu vật liệu và thi công bê tông và bê tông cốt thép.

#### a) Phân vùng xâm thực trong môi trường biển

Căn cứ vào tính chất và mức độ xâm thực của môi trường biển đối với kết cấu bê tông và bê tông cốt thép, môi trường biển được phân thành các vùng xâm thực theo vị trí kết cấu như sau:

- Vùng ngập nước: vị trí các kết cấu nằm ngập hoàn toàn trong nước biển, nước lợ;

- Vùng nước lên xuống: vị trí các kết cấu nằm giữa mức nước lên cao nhất và xuống thấp nhất của thủy triều, kể cả ở các khu vực bị sóng tấp;

- Vùng khí quyển: vị trí các kết cấu nằm trong không khí, chia thành các tiểu vùng: khí quyển trên mặt nước biển hoặc nước lợ, khí quyển trên bờ, khí quyển gần bờ.

# KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

Tùy thuộc vào vị trí kết cấu ở vùng xâm thực nào mà lựa chọn biện pháp bảo vệ chống ăn mòn tương thích. Vùng nước lên xuống là vùng có tính xâm thực mạnh nhất đối với bê tông và bê tông cốt thép. Vùng ngập nước biển chủ yếu gây ăn mòn bê tông. Vùng khí quyển biển chủ yếu gây ăn mòn cốt

thép trong bê tông với mức độ yếu dần theo cự ly từ mép nước vào bờ.

## b) Yêu cầu thiết kế

Yêu cầu tối thiểu về chiều rộng khe nứt giới hạn của kết cấu công trình được quy định ở bảng 1 [7].

**Bảng 1. Các yêu cầu tối thiểu về chiều rộng khe nứt**

Yêu cầu thiết kế	Kết cấu làm việc trong vùng				
	Ngập nước	Nước lên xuống	Khí quyển		
			Trên mặt nước	Trên bờ, cách mép nước từ 0 km đến 1 km	Gần bờ, cách mép nước từ 1 km đến 30 km
Chiều rộng khe nứt giới hạn, mm <sup>(1)</sup>					
- Kết cấu ngoài trời - Kết cấu trong nhà	≤ 0.1 -	≤ 0.05 -	≤ 0.1 ≤ 0.1	≤ 0.1 ≤ 0.15	≤ 0.1 ≤ 0.15
Chú thích: 1) Chiều rộng khe nứt giới hạn cho trong bảng ứng với tác dụng của toàn bộ tải trọng, kể cả dài hạn và ngắn hạn. Đối với kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước không cho phép xuất hiện vết nứt.					

Chiều rộng khe nứt giới hạn quy định trong bảng 1 có giá trị nhỏ hơn nhiều so với những quy định trong tiêu chuẩn thiết kế cấu kiện bê tông cốt thép thông thường trong TCVN 5574:2018 [8].

## c) Nguyên lý tính toán chiều rộng khe nứt

Tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5574:2018 [3] đưa ra công thức dựa trên các kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm. Giá trị của bề rộng khe nứt  $a_{crc}$  được xác định theo công thức:

$$a_{crc} = \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \psi_s \frac{\sigma_s}{E_s} L_s \quad (1)$$

với:  $L_s$  - khoảng cách cơ sở giữa các vết nứt thẳng góc kề nhau lấy không nhỏ hơn  $10d_s$  và 100 mm và không lớn hơn  $40d$  và 400 mm;

$\psi_s$  - hệ số, kể đến sự phân bố không đều biến dạng tương đối của cốt thép chịu kéo giữa các khe nứt;

$\varphi_1$  - hệ số, kể đến thời hạn tác dụng của tải trọng, lấy bằng: 1 - khi có tác dụng ngắn hạn của tải trọng; 1.4 - khi có tác dụng dài hạn của tải trọng;

$\varphi_2$  - hệ số, kể đến loại hình dạng bề mặt của cốt thép dọc, lấy bằng: 0.5 - đối với cốt thép có gờ và cáp; 0.8 - đối với cốt thép trơn;

$\varphi_3$  - hệ số, kể đến đặc điểm chịu lực, lấy bằng: 1 - đối với cấu kiện chịu uốn và chịu nén lệch tâm; 1.2 - đối với cấu kiện chịu kéo;

$\sigma_s$  - ứng suất trong cốt thép dọc chịu kéo tại tiết diện thẳng góc có khe nứt do ngoại lực tương ứng.

## 2.2 Các quy định theo tiêu chuẩn châu Âu

### a) Phân loại môi trường làm việc và chiều rộng khe nứt giới hạn

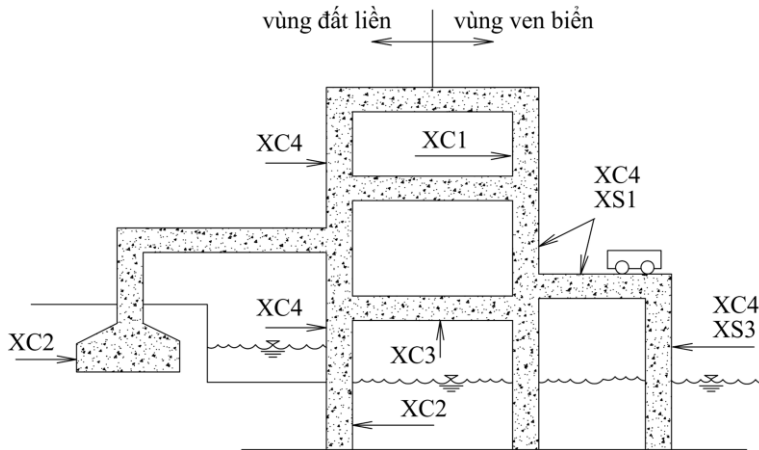
Tiêu chuẩn châu Âu EN 206-1, xuất bản vào năm 2000, được phân loại các cấp độ phơi lộ dựa trên mức độ và cơ chế ăn mòn khác nhau. Bảng 2 cung cấp phân loại các cấp độ phơi lộ theo tiêu chuẩn châu Âu [10], có sáu loại chính: không có nguy cơ bị ăn mòn, ăn mòn do cacbonat hóa, ăn mòn gây ra bởi clorua không phải từ nước biển, ăn mòn do clorua từ nước biển gây ra, ăn mòn do đóng băng/tan băng có hoặc không khử băng muối, ăn mòn hóa học. Trong đó có 3 loại gặp phổ biến trong kết cấu nhà vùng ven biển ở Việt Nam.

**Bảng 2. Phân loại môi trường làm việc: EN 206-1:2000 [10]**

Cấp độ	Tính chất	Môi trường thực tế
<b>1. Không có nguy cơ bị ăn mòn</b>		
X0	Đối với bê tông không có cốt thép hoặc được bọc kim loại: tất cả các tiếp xúc ngoại trừ nơi có đông lạnh/tan băng, ăn mòn hóa học	
	Đối với bê tông cốt thép trong môi trường khô ráo	Bê tông bên trong các tòa nhà có độ ẩm không khí rất thấp

# KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

Cấp độ	Tính chất	Môi trường thực tế
<b>2. Ăn mòn do cacbonat hóa</b> (Nơi bê tông có chứa cốt thép tiếp xúc với không khí và hơi ẩm)		
XC1	Khô hoặc ướt lâu dài	Bê tông bên trong các tòa nhà có độ ẩm thấp. Bê tông chìm trong nước vĩnh viễn
XC2	Uớt, ít khi khô	Bê tông chịu nước lâu ngày. Móng nhà
XC3	Độ ẩm vừa phải	Bê tông bên trong các tòa nhà có độ ẩm không khí trung bình hoặc cao. Bê tông bên ngoài nhưng không tiếp xúc với mưa.
XC4	Khô ướt thay đổi	Bề mặt bê tông tiếp xúc với nước (chịu mưa)
<b>3. Ăn mòn do clorua từ nước biển gây ra</b> (Khi bê tông có chứa cốt thép có thể tiếp xúc với clorua từ nước biển hoặc không khí mang muối bắt nguồn từ nước biển)		
XS1	Tiếp xúc với muối trong không khí nhưng không tiếp xúc trực tiếp với nước biển	Các công trình gần bờ biển
XS2	Ngập nước vĩnh viễn	Các bộ phận của công trình biển
XS3	Vùng thủy triều, tia nước bắn lên	Các bộ phận của công trình biển



Hình 2. Các cấp độ phơi lộ theo Eurocode

Môi trường làm việc của các bộ phận trong nhà bê tông cốt thép có thể được quy định như trên hình 2. Yêu cầu về chiều rộng khe nứt tương ứng với các cấp độ phơi lộ theo EC2 được quy định trong bảng 3 [9].

Bảng 3. Chiều rộng khe nứt giới hạn theo EC2

Cấp độ	Cấu kiện BTCT và BTCT ứng lực trước không bám dính	Cấu kiện BTCT ứng lực trước bám dính
	Tổ hợp tải trọng gần như lâu dài	Tổ hợp tải trọng thường xuyên
X0, XC1	0.4mm	0.2mm
XC2, XC3, XC4	0.3mm	0.2mm
XS1, XS2, XS3	0.3mm	Không xuất hiện ứng suất kéo trong bê tông

## b) Nguyên lý tính toán chiều rộng khe nứt

Theo Eurocode 2 [9], chiều rộng vết nứt,  $w_k$  có thể được tính toán từ phương trình sau:

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \quad (2)$$

trong đó:

$s_{r,max}$  - khoảng cách vết nứt tối đa;

$\epsilon_{sm}$  - biến dạng trung bình của cốt thép;

$\epsilon_{cm}$  - biến dạng trung bình trong bê tông giữa các vết nứt.

Chênh lệch ( $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ ) có thể được tính theo biểu thức sau:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (3)$$

với:  $\sigma_s$  - ứng suất trong cốt thép tại tiết diện bị nứt;

$\alpha_e$  - tỷ lệ  $E_s / E_{cm}$ ;

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 A'_p}{A_{c,eff}} \quad (4)$$

$A'_p$  - diện tích của các cốt thép căng trước hoặc căng sau;

$A_{c,eff}$  - diện tích hiệu dụng của bê tông chịu kéo.

$$\xi_1 = \sqrt{\xi \cdot \frac{\phi_s}{\phi_p}}$$

$\xi$  - tỷ lệ độ bền lực dính của thép ứng suất trước và cốt thép thường;

$\phi_s$  - đường kính thanh lớn nhất của cốt thép thường;

$\phi_p$  - đường kính tương đương của thép ứng suất trước;

$k_t$  - hệ số phụ thuộc vào thời gian tác dụng của tải trọng;

$k_t = 0.6$  đối với tải ngắn hạn;

$k_t = 0.4$  đối với tải dài hạn.

**2.3 Nhận xét**

Có thể thấy rằng các quy định phân loại về môi trường làm việc của cấu kiện bê tông cốt thép được nêu rất rõ ràng trong tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn châu Âu. Tuy nhiên, có sự khác biệt lớn giữa hai tiêu chuẩn về lượng trong các quy định này. Sự khác biệt trong thiết kế cấu kiện bê tông cốt thép được sử dụng phổ biến với các công trình nằm trong vùng khí quyển (cách bờ biển < 1km) như trong bảng 4:

**Bảng 4. So sánh chiều rộng khe nứt giới hạn của một số cấu kiện thường gặp**

Loại cấu kiện	Chiều rộng khe nứt giới hạn theo TCVN 9346:2012	EC2 và EN206-1	
		Cấp độ phơi lộ	Chiều rộng khe nứt giới hạn
Đài cọc BTCT thường	0.1mm	XS2, XS3	0.3mm
Dầm và bản BTCT thường nằm trong nhà	0.15mm	XC1	0.4mm
Dầm và bản BTCT thường nằm ngoài nhà	0.1mm	XS1	0.3mm
Dầm và bản BTCT ULT bám dính nằm trong nhà	0 mm	XC1	0.2mm
Dầm và bản BTCT ULT bám dính nằm ngoài nhà	0 mm	XS1	Không có ứng suất kéo

Một quy định khác biệt nữa giữa hai tiêu chuẩn là tổ hợp nội lực sử dụng để xác định chiều rộng khe nứt. Trong chú thích của bảng 1, TCVN 9346:2012 quy định tổ hợp này bao gồm cả tải trọng dài hạn và ngắn hạn. Còn trong bảng 3, tiêu chuẩn châu Âu EC2 quy định chiều rộng khe nứt do tổ hợp tải trọng thường xuyên gây ra.

**3. Khảo sát tính toán**

Khảo sát tính toán được tiến hành tính toán cho một số nhóm cấu kiện chịu uốn tiêu biểu trong các công trình cao tầng thuộc vùng khí quyển gần bờ: cấu kiện đài cọc, cấu kiện dầm chuyển nằm trong nhà, cấu kiện dầm thường nằm ngoài nhà.

Tiến hành tính toán diện tích cốt thép cho một số cấu kiện tiêu biểu thỏa mãn điều kiện chiều rộng

khe nứt giới hạn quy định theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9346:2012 và tiêu chuẩn châu Âu EC2.

**a) Cấu kiện đài cọc:**

Thông thường loại cấu kiện này thuộc vùng ngập nước theo TCVN 9346:2012 yêu cầu chiều rộng khe nứt lớn nhất là 0.1mm. Đây là loại cấu kiện có chiều cao lớn (vì phải thỏa mãn điều kiện chọc thủng hoặc chịu cắt), tuy nhiên tỷ số chịu uốn  $\frac{M}{R_b b h_0^2}$  thường nhỏ hơn 0.1. Theo tiêu chuẩn châu Âu EC2 thì loại cấu kiện này thuộc cấp độ XS2, chiều rộng khe nứt giới hạn yêu cầu là 0.3mm

Kết quả tính toán so sánh trong bảng 5. Trong đó diện tích cốt thép dọc được tính toán với chiều rộng cấu kiện giả định là 1m, đường kính cốt thép dọc  $\phi 25$  theo trạng thái giới hạn về cường độ (TTGH1) và trạng thái giới hạn thứ hai về chiều rộng khe nứt (TTGH2).

**Bảng 5. So sánh cấu kiện đài cọc**

Chiều rộng (m)	Chiều dày (m)	Bê tông	Cốt thép	As (cm <sup>2</sup> /m) XS2-EC2		As (cm <sup>2</sup> /m) TCVN 9346	
				TTGH1	TTGH2	TTGH1	TTGH2
1	1	B40	CB500V	60	64	49	196
1	2	B40	CB500V	119	117	98	378
1	3	B40	CB500V	185	182	152	577

Điều kiện chiều rộng khe nứt giới hạn ảnh hưởng lớn đến diện tích cốt thép chịu lực của các cấu kiện đài cọc. Cấu kiện đài cọc nằm trong đất với chiều cao lớn, tỷ số chịu uốn xấp xỉ 0.1, để thỏa mãn điều kiện về khe nứt giới hạn theo TCVN 9346:2012 thì diện tích cốt thép dọc lớn hơn 3 lần so với EC2. Khi tính toán theo EC2, chiều rộng khe nứt giới hạn 0.3mm thì lượng cốt thép tương đương với trạng thái giới hạn về cường độ.

*b) Cấu kiện dầm chuyển nằm trong nhà*

Thông thường loại cấu kiện này nằm trong nhà theo TCVN 9346:2012 yêu cầu chiều rộng khe nứt lớn nhất là 0.15mm. Đây cũng là loại cấu kiện có kích thước lớn và tỷ số chịu uốn cũng lớn. Theo tiêu chuẩn châu Âu EC2, loại cấu kiện này thuộc cấp độ XC1 thì chiều rộng khe nứt giới hạn yêu cầu là 0.4mm.

Kết quả tính toán so sánh trong bảng 6 (mômen và cốt thép dọc được tính toán với chiều rộng cấu kiện giả định là 1m):

**Bảng 6. So sánh cấu kiện dầm chuyển**

Chiều rộng (m)	Chiều dày (m)	Bê tông	Cốt thép	As (cm <sup>2</sup> /m)XC1-EC2		As (cm <sup>2</sup> /m) TCVN 9346	
				TTGH1	TTGH2	TTGH1	TTGH2
1	1.5	B40	CB500V	212	200	174	377
1	2.5	B40	CB500V	350	273	287	591
1	3.5	B40	CB500V	500	458	410	846

Điều kiện chiều rộng khe nứt giới hạn cũng ảnh hưởng lớn đến diện tích cốt thép chịu lực của cấu kiện dầm chuyển. Cấu kiện dầm chuyển với chiều cao lớn, tỷ số chịu uốn xấp xỉ 0.2, để thỏa mãn điều kiện về khe nứt giới hạn theo TCVN 9346:2012 thì diện tích cốt thép dọc lớn hơn khoảng 1.7 lần so với EC2. Khi tính toán theo EC2, chiều rộng khe nứt giới hạn 0.4mm thì lượng cốt thép còn nhỏ hơn nhiều với trạng thái giới hạn về cường độ.

*c) Cấu kiện dầm thường nằm ngoài nhà*

Thông thường loại dầm ngoài nhà theo TCVN 9346:2012 yêu cầu chiều rộng khe nứt lớn nhất là 0.1mm. Theo tiêu chuẩn châu Âu EC2, loại cấu kiện này thuộc cấp độ XS2 thì chiều rộng khe nứt giới hạn yêu cầu là 0.3mm.

Kết quả tính toán so sánh trong bảng 7:

**Bảng 7. So sánh cấu kiện dầm thường**

Chiều rộng (m)	Chiều dày (m)	Bê tông	Cốt thép	As (cm <sup>2</sup> /m) XS2-EC2		As (cm <sup>2</sup> /m) TCVN9346	
				TTGH1	TTGH2	TTGH1	TTGH2
0.3	0.3	B30	CB500V	7.5	5.3	6.1	21
0.3	0.3	B30	CB500V	15	15.7	12.2	35
0.3	0.3	B30	CB500V	23	24.5	18.4	45

Điều kiện chiều rộng khe nứt giới hạn cũng ảnh hưởng lớn đến diện tích cốt thép chịu lực của cấu kiện dầm thường. Cấu kiện dầm thường với tỷ số chịu uốn thay đổi, để thỏa mãn điều kiện về khe nứt giới hạn theo TCVN 9346:2012

thì diện tích cốt thép dọc lớn hơn khoảng 2 đến 3 lần so với EC2. Tỷ số chịu uốn của dầm càng nhỏ thì chênh lệch diện tích cốt thép yêu cầu giữa hai tiêu chuẩn TCVN 9346:2012 và EC2 càng lớn.

### 4. Kết luận

- Điều kiện chiều rộng khe nứt giới hạn của TCVN 9346:2012 và tiêu chuẩn châu Âu EC2 (là một tiêu chuẩn đang được sử dụng ngày càng rộng rãi trên thế giới) chênh lệch đáng kể. Như vậy cần xem xét lại tính hợp lý của tiêu chuẩn về điều kiện chiều rộng khe nứt giới hạn trong tiêu chuẩn TCVN 9346:2012;

- Khi sử dụng TCVN 9346:2012, hàm lượng cốt thép của đài cọc có thể tăng khoảng 3 lần, hàm lượng cốt thép dầm có thể tăng từ 2 đến 3 lần. Điều này sẽ làm tăng đáng kể giá thành của công trình;

- Các kỹ sư cần cân nhắc lựa chọn tiêu chuẩn thiết kế cho các công trình ven biển để đảm bảo tính an toàn và kinh tế cho công trình.

---

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

---

1. Vijay R. Kulkarni (2009), Exposure classes for designing durable concrete, *The Indian Concrete Journal*.
2. Tung, P., Dao, P., Tung, D., & Quang, N. (2018), “Nghiên cứu sự hình thành và mở rộng khe nứt thẳng góc trong dầm bê tông cốt thép khi chịu tác dụng của tải trọng ngắn hạn” , *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXD*, 12(2), 3-10.
3. Quang, N. V., & Tân, N. N. (2019), “Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm một số phương pháp dự báo mô men hình thành khe nứt của dầm bê tông cốt thép”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXD*, 13(2V), 21-31.
4. Nguyễn Văn Nghi, Nguyễn Ngọc Bá (2017), “Thiết kế kết cấu bê tông cốt thép theo yêu cầu về hình thành và mở rộng vết nứt theo TCVN5574:2012 và SP63.13330-2012”, *Tạp chí KHCN Xây dựng – số 3, Viện KHCN Xây dựng (IBST)*.
5. SP 28.13330.2017, Protection against corrosion of construction, Tiêu chuẩn quốc gia Nga.
6. ACI 222R-01, Protection of Metals in Concrete Against Corrosion, Báo cáo của Viện Bê tông Hoa Kỳ.
7. TCVN 9346:2012 (2012), Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển, *Viện Khoa học công nghệ xây dựng - Bộ Xây dựng, Hà Nội*.
8. TCVN 5574:2018 (2018), Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép, Tiêu chuẩn quốc gia.
9. EN1992-1-1:2004 (2004), Design of concrete structures, European Standard.
10. EN 206-1:2000 (2000), Concrete. Specification performance production and conformity, European Standard.

Ngày nhận bài: 30/6/2021.

Ngày nhận bài sửa: 11/8/2021.

Ngày chấp nhận đăng: 18/8/2021.