

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG CHỐNG CẮT CỦA DẦM CAO BÊ TÔNG CỐT THÉP BẰNG MÔ HÌNH SIMPLIFIED SOFTENED STRUT AND TIE

Trần Đăng Bảo⁽¹⁾

⁽¹⁾ Trường Đại học Thủ Dầu Một

Ngày nhận 29/12/2016; Chấp nhận đăng 29/01/2017; Email: baotd@tdmu.edu.vn

Tóm tắt

Mô hình giàn ảo đã được ứng dụng rộng rãi vào việc tính toán và thiết kế kết cấu bê tông cốt thép và được qui định cụ thể trong tiêu chuẩn thiết kế ACI 318-14. Mô hình giàn ảo chỉ xét đến điều kiện cân bằng về lực, bỏ qua điều kiện cân bằng về biến dạng. Mô hình “Softened Strut and Tie” xét đến đồng thời điều kiện cân bằng về lực, biến dạng và điều kiện tương thích khi đánh giá khả năng chống cắt của dầm cao bê tông cốt thép. Tuy nhiên việc tính toán với mô hình này khá phức tạp. Bài báo này giới thiệu một phương pháp đơn giản hơn dựa trên mô hình “Softened Strut and Tie”, được gọi là mô hình “Simplified Softened Strut and Tie”. Kết quả tính toán khả năng chống cắt của dầm cao bê tông cốt thép sử dụng mô hình “Simplified Softened Strut and Tie” và mô hình giàn ảo của ACI 318-14 được so sánh với kết quả thực nghiệm. Kết quả so sánh cho thấy mô hình “Simplified Softened Strut and Tie” cho kết quả chính xác hơn mô hình giàn ảo.

Từ khóa: dầm cao, mô hình softened strut and tie, ACI code

Abstract

SHEAR STRENGTH PREDICTION OF REINFORCED CONCRETE DEEP BEAM BY SIMPLIFIED SOFTENED STRUT AND TIE MODEL

The strut and tie model (STM) has been widely used for analysis and design of reinforced concrete structure. STM has also been incorporated into ACI 318-14 code. In the convention strut and tie model, the stresses are usually determined by the equilibrium condition alone regardless the strain compatibility conditions. In order to satisfy simultaneously the equilibrium, compatibility and constitutive laws of cracked reinforced concrete (RC), the Softened Strut and Tie Model (SST) has been used for predicting the shear strength of RC deep beam. However, the SST model is still complicated. This paper aims to introduce a simpler method based on SST to predict the shear strength of RC deep beam, which is denoted “Simplified Softened Strut and Tie Model- SSST”. The shear strengths predicted by SSST and STM of ACI 318-14 are compared with available test results. The comparison shows that SSST can predict the shear strengths of RC deep beam more accurately than STM of ACI 318-14 code.

1. Giới thiệu

Dầm cao bê tông cốt thép là cấu kiện thường gặp trong thực tế. Tiêu chuẩn ACI 318-14 đưa ra những chỉ dẫn để tính toán dầm cao theo mô hình giàn ảo. Tuy nhiên trong mô hình giàn ảo chỉ xét điều kiện cân bằng về lực nhưng bỏ qua điều kiện cân bằng về biến dạng. Để khắc phục điều này Hwang SJ [1] đã đề nghị mô hình Softened Strut and Tie - SST có xét điều kiện cân bằng về lực, biến dạng và điều kiện tương thích khi bê tông nứt.

Mô hình SST thực hiện tính toán theo một số vòng lặp do đó cần tiến hành trên máy tính. Để việc tính toán được thuận tiện Hwang S.J dựa trên mô hình SST đã đề xuất mô hình Simplified Softened Strut and Tie - SSST [2].

Bài báo này sẽ tiến hành so sánh việc đánh giá khả năng chống cắt dầm cao của hai phương pháp: mô hình giàn ảo theo tiêu chuẩn ACI 318-14 [4] và mô hình SSST qua 12 mẫu thí nghiệm dầm cao bê tông cốt thép được thực hiện bởi Wen-You Lu và các đồng nghiệp [3].

2. Mô hình simplified softened strut and tie (SSST)

Mối quan hệ giữa lực cắt ngang và đứng theo hình 1:

$$\frac{V_{bv}}{V_{bh}} \approx \frac{jd}{a'} \quad (1)$$

V_{bv} : lực cắt theo phương thẳng đứng; V_{bh} : lực cắt theo phương ngang; jd : cánh tay đòn ngẫu lực được xác định [5]: $jd = a - kd / 3$ (2)

kd : chiều cao vùng nén được xác định như sau [5]:

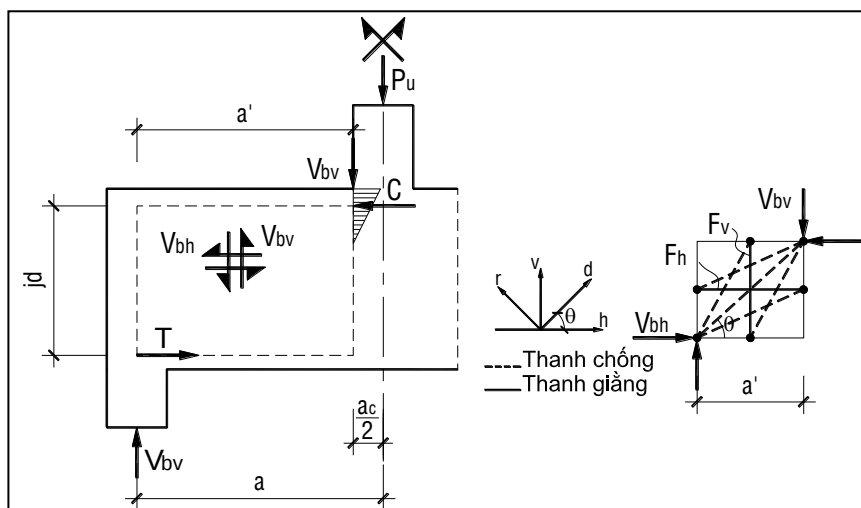
$$k = \sqrt{[n\rho + (n-1)\rho']^2 + 2[n\rho + (n-1)\rho'd'/d]} - [n\rho + (n-1)\rho'] \quad (3)$$

Trong đó: $n = E_s / E_c$, E_s , E_c : modul đàn hồi của thép và bê tông

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \quad (4); \quad \rho' = \frac{A'_s}{bd} \quad (5)$$

A_s , A'_s : diện tích cốt thép vùng chịu kéo và chịu nén của dầm cao.

Hình 1. Tải trọng và cơ cấu truyền lực của dầm cao [1]



$$a' = a - \frac{a_c}{2} \quad (6) \quad a_c : \text{bề rộng cột}$$

$$\text{Góc nghiêng } \theta \text{ của thanh chống được xác định theo [5]: } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{jd}{a'} \right) \quad (7)$$

$$\text{Tiết diện ngang của thanh chống được xác định như sau: } A_s = a_s \times b_s \quad (8)$$

Trong đó: b_s : bề rộng của thanh chống (bằng bề rộng dầm cao)

$$a_s : \text{chiều dày thanh chống được tính theo [5]: } a_s = \sqrt{(kd)^2 + \left(\frac{a_c}{2} \right)^2} \quad (9)$$

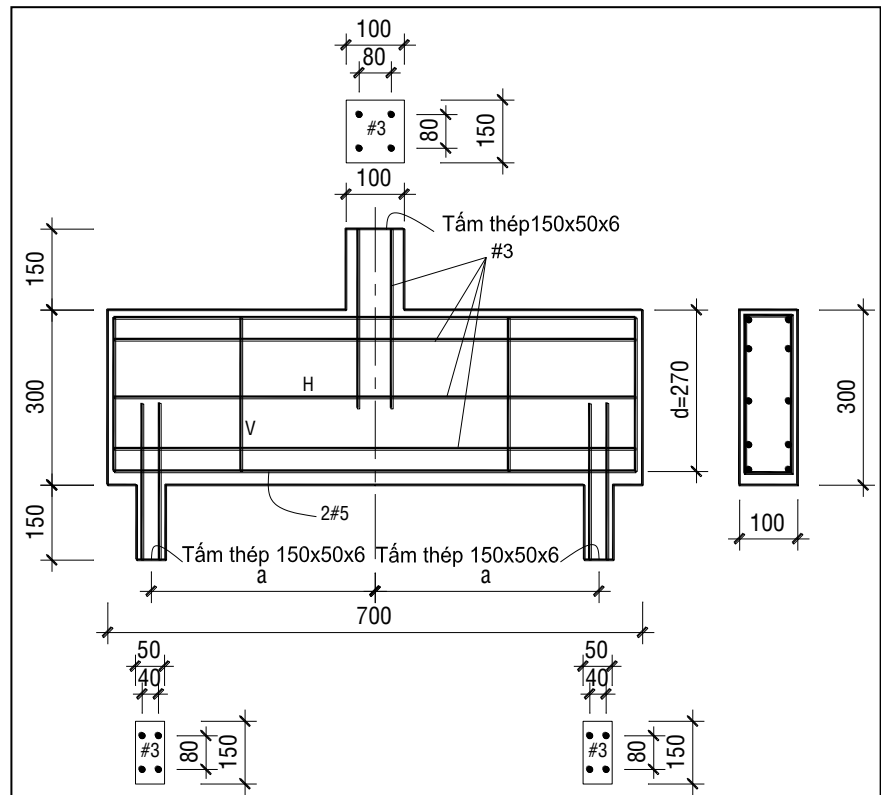
$$\text{Hệ số mềm hoá bê tông [2]: } \xi = \frac{3,35}{\sqrt{f'_c}} \text{ (MPa)} \quad (10)$$

Chỉ số thép giằng ngang thanh chống với lượng thép đủ [2]:

$$\overline{K}_h = \frac{1}{1 - 0.2(\gamma_h + \gamma_h^2)} \quad (11)$$

$$\gamma_h = \frac{2 \tan \theta - 1}{3} \quad (12)$$

Hình 2. Chi tiết mẫu thí nghiệm dầm cao (đơn vị mm)[3]



$$\text{Chỉ số thép giằng ngang thanh chống [2]: } K_h = 1 + (\overline{K}_h - 1) \frac{A_{th} f_{yh}}{F_h} \quad (13)$$

A_{th}, f_{yh} : diện tích thép giằng ngang và cường độ chảy dẻo thép ngang, $\overline{F}_h$: lực kéo thanh giằng ngang [2]: $\overline{F}_h = \gamma_h \overline{K}_h \xi f'_c A_{str} \cos \theta$ (14)

Chỉ số thép giằng đứng thanh chống với lượng thép đủ [2]: $\overline{K}_v = \frac{1}{1 - 0.2(\gamma_v + \gamma_v^2)}$ (15)

$$\gamma_v = \frac{2 \cot \theta - 1}{3} \quad (16)$$

Chỉ số thép giằng đứng thanh chống [2]: $K_v = 1 + (\overline{K}_v - 1) \frac{A_{tv} f_{yv}}{\overline{F}_v}$ (17)

A_{tv}, f_{yv} : diện tích thép giằng đứng và cường độ chảy dẻo thép giằng đứng, $\overline{F}_v$: lực kéo thanh giằng đứng [2]: $\overline{F}_v = \gamma_v \overline{K}_v \xi f'_c A_{str} \sin \theta$ (18)

Khả năng chịu lực nén của thanh chống [2] : $C_d = (K_h + K_v - 1) \xi f'_c A_{str}$ (19)

Khả năng chống cắt của dầm cao [2]: $V_{bv,cal} = C_d \sin \theta$ (20)

3. Thí nghiệm kiểm chứng

Để đánh giá khả năng chống cắt dầm cao của hai phương pháp: mô hình giàn ảo theo tiêu chuẩn ACI 318-14 và mô hình SSST trong bài báo này sử dụng kết quả thí nghiệm của Wen-You Lu et al [3] để kiểm chứng. Hình 2 trình bày chi tiết thí nghiệm, bảng 1 trình bày chi tiết mẫu. Thép #3 cường độ chảy dẻo $f_y = 390\text{MPa}$ sử dụng làm thép giằng ngang, đứng, thép cột. Thép #5 cường độ chảy dẻo $f_y = 374\text{MPa}$ sử dụng làm thép chịu uốn.

Bảng 1. Kết quả tính toán thanh chống, thanh giằng mô hình giàn ảo của chi tiết 1

Dầm	$L(\text{mm})$	$a(\text{mm})$	$b(\text{mm})$	$d(\text{mm})$	$f'_c(\text{MPa})$	Thép uốn	Thép giằng ngang	Thép giằng đứng
1	700	300	100	270	34.6	2- #5	-	-
2	700	200	100	270	34.6	2- #5	-	-
3	700	150	100	270	34.6	2- #5	-	-
4	700	300	100	270	34.6	2- #5	3- #3	-
5	700	250	100	270	34.6	2- #5	3- #3	-
6	700	300	100	270	34.6	2- #5	-	1- #3
7	700	250	100	270	34.6	2- #5	-	1- #3
8	700	200	100	270	34.6	2- #5	-	1- #3
9	700	150	100	270	34.6	2- #5	-	1- #3
10	700	300	100	270	34.6	2- #5	3- #3	1- #3
11	700	250	100	270	34.6	2- #5	3- #3	1- #3
12	700	200	100	270	34.6	2- #5	3- #3	1- #3

4. Kết quả

Kết quả tính toán khả năng chống cắt dầm cao của hai phương pháp: mô hình giàn ảo theo tiêu chuẩn ACI 318-14 và mô hình SSST được so sánh với thí nghiệm kiểm chứng được trình bày ở bảng 2.

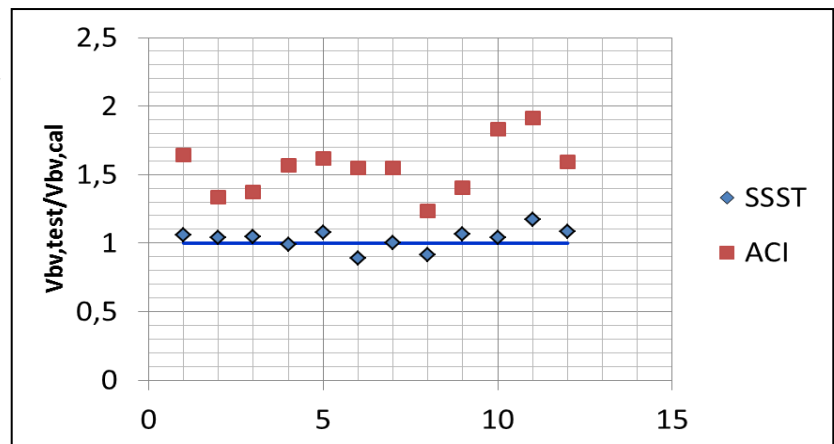
Bảng 2. Kết quả tính toán khả năng chống cắt của dầm cao

Dầm	Mô hình SSST			ACI 318-14	
	$V_{bv,test}$ kN	$V_{bv,cal}$ kN	$\frac{V_{bv,test}}{V_{bv,cal}}$	$V_{bv,cal}$ kN	$\frac{V_{bv,test}}{V_{bv,cal}}$
1	150.9	142.34	1.06	92.01	1.64

2	182.3	175.86	1.04	136.45	1.34
3	203.4	193.90	1.05	148.32	1.37
4	149.5	150.64	0.99	95.41	1.57
5	188.2	174.54	1.08	116.15	1.62
6	142.6	160.05	0.89	92.01	1.55
7	173.5	172.76	1.00	112.01	1.55
8	168.1	183.58	0.92	136.45	1.23
9	208.3	195.37	1.07	148.32	1.40
10	174.9	168.34	1.04	95.41	1.83
11	222.0	189.03	1.17	116.15	1.91
12	236.2	218.15	1.08	148.41	1.59

Giá trị trung bình và độ lệch tỷ số giữa lực cắt thí nghiệm và lực cắt được tính toán theo mô hình SSST đơn giản là 1.03 và 0.076, theo tiêu chuẩn ACI 318-14 là 1.56 và 0.197. Điều này chứng tỏ rằng đánh giá lực cắt theo mô hình SSST cho kết quả chính xác hơn so với ACI 318-14.

Hình 3. So sánh kết quả giữa hai phương pháp đánh giá khả năng chống cắt của dầm cao



5. Kết luận

Mô hình SSST xét đến ảnh hưởng thép giằng ngang, đứng (hệ số K) và hệ số mềm hóa ξ đến khả năng chống cắt của dầm cao. Tiêu chuẩn ACI 318-14 [4] đưa ra chỉ dẫn cấu tạo thép giằng giằng ngang và đứng theo điều 23.5 tuy nhiên việc xét ảnh hưởng của chúng đến khả năng chống cắt của dầm cao không được cụ thể và chi tiết. Do đó mô hình SSST đánh giá khả năng chống cắt dầm cao chính xác hơn tiêu chuẩn ACI 318-14.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hwang SJ, Lin Ijm YU HW (2000), *Shear strength prediction for deep beam*, ACI Struct J, 97(3): 367-376
- [2] Hwang SJ, Lee HJ (2002), *Shear prediction for discontinuity regions by softened strut and tie model*, Journal of Structural Engineering, ASCE 0733-9445(2002)128:12, 1519-1526.
- [3] Wen-You Lu, Ming- Che Lin (2015), *Test of reinforced concrete deep beams*, Computers and Concrete, Vol. 15, No.3 (2015) 357-372.
- [4] ACI Committee 318 (2014), *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) and Commentary (318R-14)*, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich, 2014, 524 pp.
- [5] Erwin Lim, Shyh-Jiann Hwang (2016), *Modeling of the strut and tie parameter of deep beams for shear strength prediction*, Engineering Structures 108(2016) 104-112.

