

Xác định khả năng chịu cắt của khóa chống cắt đơn theo ACI314-18

■ ThS. NGUYỄN ĐẮC ĐỨC - Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Khóa chống cắt đóng vai trò quan trọng trong việc truyền lực cắt giữa các đốt đúc trong đầm lắp ghép phân đoạn, khả năng chịu cắt của khóa chống cắt phụ thuộc vào nhiều yếu tố như kích thước hình học của khóa, bố trí cốt thép trong khóa, lực nén dư ứng lực... Có nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm đưa ra công thức tính khả năng chịu cắt của khóa chống cắt. Bài báo tập trung phân tích tính toán khả năng chịu lực của một khóa chống cắt đơn có bố trí cốt thép nhằm góp phần hoàn thiện công tác thiết kế cũng như khai thác bảo dưỡng kết cấu cầu đầm bê tông cốt thép lắp ghép phân đoạn.

TỪ KHÓA: Khóa chống cắt, mối nối, khả năng kháng cắt, cầu lắp ghép phân đoạn, bê tông đúc trước

ABSTRACT: Shear key played a major role in the transmission of shear forces between the segments in segmental bridges, the shear resistance depends on many factors such as the size of the shear key geometry, reinforcement in shear key, prestressing compressive force. much research has been done to give the formula of shear resistance of shear key. This paper focuses to determine and calculation the shear resistance of single shear key with reinforcement. It can help to design and manage bridges.

KEYWORDS: Shear key, joint, shear resistance, shear strength, segmental bridge, precast concrete

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đối với công nghệ lắp ghép phân đoạn, nhiều nước tiên tiến trên thế giới đã áp dụng để triển khai xây dựng những công trình có quy mô và chiều dài lớn, yêu cầu tiến độ thi công nhanh.

Những năm gần đây, một số dự án lớn đòi hỏi tiến độ thi công nhanh như dự án tuyến metro Bến Thành - Suối Tiên, TP. Hồ Chí Minh; dự án Tân Vũ - Lạch Huyện (TP. Hải Phòng)... áp dụng công nghệ thi công lắp ghép phân đoạn kết cấu nhịp sử dụng mối nối khóa chống cắt cùng keo epoxy và cáp dự ứng lực. Tuy nhiên, tuổi thọ keo epoxy thông thường từ 15 - 20 năm, do đó sau khoảng thời gian khai thác này mỗi nối xem như làm việc như mối nối khô có lực nên dự ứng lực theo phương dọc cầu, trong trường hợp xấu nhất cáp dự ứng lực không còn phát huy tác dụng, khi đó lực cắt tại mỗi nối chỉ do khóa chống cắt đảm nhận.

Việc nghiên cứu khả năng chịu cắt của khóa chống cắt khô có lực dự ứng lực là cần thiết nhằm đánh giá đúng ứng xử của khóa song cũng cần nghiên cứu khả năng chịu cắt của khóa chống cắt trong trường hợp không còn lực nén dư ứng lực. Nhiều tác giả đã nghiên cứu khả năng chịu cắt của khóa chống cắt như Roberts and Breen [3,7], Rombach [4], In Hwan Yang [5]... Tuy nhiên, các tác giả đều nghiên cứu xác định khả năng chịu lực của khóa chống cắt có lực nén dư ứng lực và không bố trí cốt thép.

Trong Tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN272-05 [2] cũng đưa ra công thức tính toán khả năng chịu cắt của khóa chống cắt khô có xét đến lực nén dư ứng lực.

Bài báo trình bày cách tính khả năng chịu lực cắt theo Tiêu chuẩn ACT314-18 [1] của khóa chống cắt đơn có cốt thép nhưng không xét đến lực nén dư ứng lực cũng như tính toán khả năng chịu cắt của khóa chống cắt theo các tiêu chuẩn và theo các công thức của các tác giả khác nhau trong trường hợp mối nối không còn lực dự ứng lực, việc này nhằm góp phần kiểm soát và hoàn thiện hơn về thiết kế, thi công và dự báo khả năng phá hoại tại vị trí mối nối khi chịu tác động của các tải trọng, đặc biệt trong trường hợp mối nối bị mất hoàn toàn dự ứng lực.

2. XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA KHÓA CHỐNG CẮT ĐƠN CÓ CỐT THÉP

2.1. Cấu tạo khóa chống cắt đơn có cốt thép

Khóa chống cắt đơn có ưu điểm khả năng chịu lực của một khóa lớn, kích thước của khóa lớn nên dễ dàng cho việc bố trí cốt thép. Bên cạnh đó, việc bố trí ít khóa chống cắt trên mặt cắt ngang cũng thuận lợi hơn cho việc chế tạo ván khuôn và đúc các đốt lắp ghép (Hình 2.1).

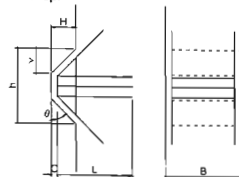
Thông thường, thiết kế các thông số của khóa đơn như sau:

H - Chiều cao khóa chịu cắt, $10\text{cm} \leq H \leq \frac{h}{4}$;

C - Lớp bê tông bảo vệ khoảng 2.5cm;

θ - Góc nghiêng của khóa, $45^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$;

L - Chiều dài của cốt thép neo $\geq 30d$, d - Đường kính cốt thép.



Hình 2.1: Hình dạng điển hình của các khóa chống cắt đơn

2.2. Khả năng chịu cắt của khóa đơn có cốt thép

Giả sử mặt cắt ngang chỉ bố trí một khóa chống cắt đơn, khi đó thiết kế mặt cắt ngang chịu cắt tùy thuộc vào truyền lực cắt sẽ được dựa trên phương trình:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (1)$$

Trong đó: V_u - Sức kháng cắt danh định (KN);

V_n - Sức kháng cắt tính toán (KN);

ϕ - Hệ số chiết giảm sức kháng.

Sức kháng cắt danh định V_n của khóa đơn theo ACI318-14 được xác định như sau:

- Trường hợp cốt thép ma sát cắt vuông góc với mặt phẳng chịu cắt thì sức kháng cắt danh định được tính theo công thức:

$$V_n = \mu A_v f_c \quad (2)$$

Trong đó:

V_n - Sức kháng cắt danh định, lb (lb = 4.448N);

A_v - Diện tích mặt cắt ngang thanh cốt thép chịu cắt, in² (1.0 in = 25.4mm);

f_c - Giới hạn chảy của cốt thép không ứng suất trước, psi ($\text{spi} = 6.895\text{kPa} = 6.895 \text{ kN/m}^2 = 6895 \text{ N/m}^2$).

μ - Hệ số ma sát giữa bê tông và cốt thép được lấy theo Bảng 2.1 dưới đây.

Bảng 2.1. Bảng xác định hệ số ma sát

Điều kiện bề mặt tiếp xúc	Hệ số ma sát μ	Hệ số λ
Bê tông đổ liền khối	1.4 λ	$\lambda = 1.0$ đối với bê tông thường.
Hai lớp bê tông đổ thời gian khác nhau bề mặt được tạo nhám tối thiểu 1/4in	1.0 λ	
Hai lớp bê tông đổ thời gian khác nhau bề mặt không được tạo nhám	0.6 λ	0.75 với bê tông nhẹ
Bê tông đổ trên mặt thép không sơn	0.7 λ	

- Trường hợp cốt thép ma sát cắt đặt xiên góc so với mặt phẳng cắt; sức kháng cắt danh định sẽ được tính theo công thức:

$$V_n = A_v f_c (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \quad (3)$$

Trong đó:

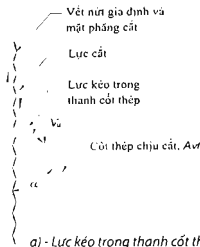
V_n - Sức kháng cắt danh định, lb (lb = 4.448N);

A_v - Diện tích mặt cắt ngang thanh cốt thép chịu cắt, in² (1.0 in = 25.4mm);

f_c - Giới hạn chảy của cốt thép không ứng suất trước, psi ($\text{spi} = 6.895\text{kPa} = 6.895 \text{ kN/m}^2 = 6895 \text{ N/m}^2$);

μ - Hệ số ma sát giữa bê tông và cốt thép được lấy theo Bảng 2.1;

α - Góc nghiêng giữa cốt thép cắt và mặt phẳng cắt (Hình 2.2).



a) - Lực kéo trong thanh cốt thép

Vết nứt giả định và mặt phẳng cắt

— Lực cắt

— Cốt thép

— Lực nén trong thanh cốt thép

b) - Lực nén trong thanh cốt thép (không xét)
Hình 2.2: Mô phỏng lực cắt và cốt thép chịu cắt

- Chỉ xét những thanh cốt thép chịu lực kéo trong mặt phẳng cắt;

- Trong mọi trường hợp sức kháng cắt danh định không được vượt quá các giá trị cho trong Bảng 2.2 dưới đây:

Bảng 2.2. Giá trị giới hạn sức kháng cắt

Loại bê tông	Giá trị sức kháng cắt lớn nhất	Ghi chú
Bê tông liền khối hoặc bề mặt được tạo nhám tối thiểu 1/4in	$0.2 f_c A_c$	(a)
	$(480 + 0.08 f_c) A_c$	(b)
	$1600 A_c$	(c)
Trường hợp khác	$0.2 f_c A_c$	(d)
	$800 A_c$	(e)

Trong đó:

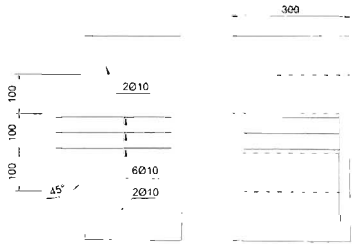
f_c - Cường độ bê tông, spi;

A_c - Diện tích mặt cắt ngang bê tông truyền lực cắt, in².

2.3. Ví dụ tính sức kháng cắt danh định theo ACI314-18

2.3.1. Cấu tạo khóa chống cắt đơn thiết kế

Cấu tạo khóa chống cắt đơn dạng hình thang được thể hiện như Hình 2.3, với các thông số cụ thể như sau: Chiều rộng khóa chống cắt 300mm, chiều cao khóa 100mm, chiều dài chống cắt 300mm, chiều dày lớp bê tông bảo vệ 25mm. Khóa được bố trí hai lưới cốt thép, mỗi lưới gồm 02 thanh xiên góc 45° và 3 thanh nằm ngang đường kính cốt thép 10mm, giới hạn chảy của cốt thép 400 N/mm², bê tông có $f_c = 40\text{Mpa}$.



Hình 2.3: Cấu tạo và bố trí cốt thép khóa chống cắt đơn

2.3.2. Tính toán khả năng chịu cắt của khóa đơn theo công thức của ACI314-18

Kiểm tra giới hạn giá trị lớn nhất của V_n với A_c là diện tích mặt cắt ngang bê tông truyền lực cắt, $A_c = 90.000\text{mm}^2 = 139.5\text{in}^2$, giá trị $V_{n,max}$ được thể hiện trong Bảng 2.3.

Bảng 2.3. Bảng xác định giá trị $V_{n,max}$

Loại bê tông	Giá trị lớn nhất của $V_n = \min\{a\}, \{b\}, \{c\}$			
	Đơn vị	Lb	KN	$\min\{a\}, \{b\}, \{c\}$
Với bê tông thường	(a)	$0.2 f_c A_c$	161855.55	719.94
	(b)	$(480 + 0.08 f_c) A_c$	131702.62	585.81
	(c)	$1600 A_c$	223200.00	992.79

Với cấu tạo và bố trí cốt thép của khóa đơn như Hình 2.3, khả năng chịu lực của khóa chống cắt được xác định theo công thức sau:

$$V_n = \mu A_c f_c + A_n f_y (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \quad (4)$$

Trong đó:

$\mu = 1.4$ - Hệ số ma sát, với bê tông đổ liền khối $\mu = 1.4\lambda$, $\lambda = 1$ đối với bê tông thường;

$A_{sp} = 474\text{mm}^2$ là diện tích mặt cắt ngang các thanh cốt thép đặt vuông góc với mặt phẳng cắt (6 thanh d10);

$A_c = 158\text{mm}^2$ là diện tích mặt cắt ngang cốt thép đặt xiên chịu kéo trên mặt phẳng cắt (2 thanh d10);

$\alpha = 45^\circ$ là góc nghiêng của thanh cốt thép;

$f_y = 400\text{N/mm}^2$ - Giới hạn chảy của cốt thép đặt thẳng góc và đặt xiên so với mặt phẳng cắt.

Thay các thông số trên vào công thức (4) ta có $V_n = 328.09\text{KN} < V_{n,max}$

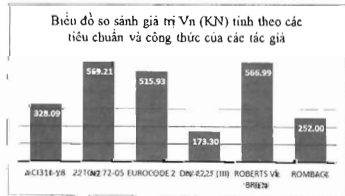
2.3.3. Tính toán so sánh với các tiêu chuẩn khác

Với kích thước khóa chống cắt như trên, tiến hành tính toán khả năng chịu cắt của khóa theo các tiêu chuẩn và các tác giả khác nhau trong tương hợp không xét đến lực nén dự ứng lực.

Kết quả tính toán được thể hiện trong Bảng 2.4.

Bảng 2.4. Bảng tổng hợp tính khả năng chịu cắt V_n theo các tiêu chuẩn và công thức của các tác giả khác nhau

Tên chuẩn/Công thức của tác giả	Công thức tính	Khả năng chịu cắt V_n (KN)	Ghi chú
1 ACI314-18	$V_n = \mu A_c f_c + A_n f_y (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)$	328.09	
2 22TCN272-05	$V_n = A_c \sqrt{f_c}$	569.21	$A_c = A$
3 Eurocode 2	$V_n = A_c \sqrt{f_c} \cdot 0.904$	515.93	$A_c = A, f_c = f$
4 DIN 4227 (III)	$V_n = 0.49 \sqrt{f_c} A \sin 25^\circ$	173.30	$A_c = A, f_c = f$
5 Roberts và Breen	$V_n = 1.1 \sqrt{f_c} A_c$	566.99	
6 Rombach	$V_n = 0.57 f_c A_c$	252.00	$f_c = f, f = 0.18$



Hình 2.4: Biểu đồ so sánh giá trị V_n tính theo ACI314-18 và theo các công thức của các tác giả khác nhau

Từ biểu đồ so sánh ta thấy giá trị V_n tính theo ACI314-18 nằm trong giá trị trung bình

3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Khả năng chịu cắt của khóa chống cắt đơn trong trường hợp không xét đến lực nén dự ứng lực tính theo Tiêu chuẩn Đức (DIN4227) là thấp nhất do chỉ xét đến mặt phẳng chịu cắt của khóa chống cắt. Khả năng chịu cắt V_n tính theo ACI314-18 nằm trong khoảng trung bình so với các tiêu chuẩn và các công thức của các tác giả khác. Do đó, khi thiết kế khóa chống cắt đơn theo ACI314-18 cần tiến hành tính toán so sánh với các tiêu chuẩn khác nhau để hiệu chỉnh giá trị V_n phù hợp.

Khả năng chịu cắt của khóa theo ACI314-18 chỉ phụ thuộc vào cốt thép đặt thẳng góc và cốt thép chịu kéo trong mặt phẳng cắt, do đó trong thi công cần kiểm soát chặt chẽ việc bố trí cốt thép (đường cơ lý, góc nghiêng...).

Kết quả trên chỉ đề cập đến khóa chống cắt đơn, chưa xét đến ảnh hưởng lẫn nhau giữa các khóa chống cắt khi bố trí nhiều khóa chống cắt, tác giả kiến nghị tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng lẫn nhau giữa các khóa chống cắt khi bố trí nhiều khóa trên cùng mặt cắt ngang.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Tiêu chuẩn ACI314-18.
- [2]. Tiêu chuẩn ngành 22TCN272-05.
- [3]. Annamalai G, Robert C, and Brown Jr (1990), *Shear-Transfer Behavior of Post-Tensioned Grouted Shear-Key Connections in Precast Concrete-Framed Structures*, ACI Structural Journal, vol.87, no.1, pp.53-59.
- [4]. G.Rombach, A. (2002), *Specker Technical University Hamburg, Germany, Design of joint in segmental hollow box girder*, 1st FIB Kongress, Osaka, Japan.
- [5]. In Hwan Yang, Kyung-Cheol Kim and Young-Joon Kim (2013), *Shear strength of dry joints in precast concrete modules*, Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers,
- [6]. European Standards Eurocode2.
- [7]. Koseki K, and Breen JE (1983), *Exploratory Study of Shear Strength of Joints for Precast Segmental Bridges*

Ngày nhận bài: 16/4/2019

Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2019

Người phản biện: TS. Ngô Văn Minh

TS. Lê Bá Anh