

XÁC ĐỊNH HỆ SỐ VƯỢT TẢI KHI THỬ NGHIỆM KẾT CẤU CHỐNG ĐỠ TẠM THEO TIÊU CHUẨN VIỆT NAM HIỆN HÀNH

DETERMINATION OF SAFETY FACTORS FOR LOAD TESTING OF FALSEWORK SYSTEM FOLLOWING THE CURRENT VIETNAMESE STANDARDS

Ngô Mạnh Toàn¹, Đặng Trọng Vinh², Đỗ Trần Hùng³, Vũ Hồng Hà⁴

^{1,2,3,4}Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Email: ¹ toanngo.ibst@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses1-30>

TÓM TẮT: Hệ số vượt tải khi thử nghiệm kết cấu chống đỡ tạm không quy định trong các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành, cần phải có tính toán và thử nghiệm. Việc tính toán và thử tải kết cấu chống đỡ tạm theo hệ tiêu chuẩn Châu Âu tương đối đầy đủ và rõ ràng. Bài báo này tác giả trình bày phương pháp xác định hệ số đó.

TỪ KHÓA: kết cấu chống đỡ tạm; hệ số vượt tải khi thử nghiệm.

ABSTRACTS: The partial safety factor used when carrying out load testing on falsework is not defined in any current Vietnamese standards. On the other hand, the requirements for calculation as well as load testing of falsework are well defined in the European standards system. This paper presents the method for determining of partial safety factor for falsework load testing.

KEYWORDS: falsework, partial safety factor from test.

1. GIỚI THIỆU

Kết cấu chống đỡ tạm thường được sử dụng trong xây dựng để chống đỡ các tải trọng khi thi công. Các tải trọng thẳng đứng trên giáo chống có thể là từ người lao động, thiết bị, ván khuôn, và vật liệu xây dựng. Hầu hết các đơn vị tư vấn của Việt Nam hiện nay khi tính toán kiểm tra khả năng chịu lực kết cấu chống đỡ tạm đều mô hình hóa hệ giáo chống là các phân tử thanh liên kết cứng cho thanh đứng, liên kết khớp cho thanh ngang và giằng chéo để phân tích; sau đó sử dụng TCVN 5575:2012 [1] để kiểm tra độ bền và độ ổn định của hệ giáo thép. Việc tính toán này chưa kể đến các yếu tố như độ lệch tâm ban đầu của chân giáo tại các điểm nối, độ lún lệch ngẫu nhiên giữa các chân giáo, độ cong vênh ban đầu của giáo. Cũng có nhiều đơn vị sử dụng hệ số ổn định chống lật 1,25 của giáo chống trong TCVN 4453:1995 [2] như là hệ số vượt tải. Trong QCVN 18:2021/BXD “Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong thi công xây dựng”, quy định: với giàn giáo hoàn thiện phải đảm bảo khả năng chịu lực với tải trọng tác dụng gồm trọng lượng bản thân và ít nhất 4 lần hoạt tải thẳng đứng; còn với kết cấu chống đỡ tạm thì phải tính toán và thử nghiệm. Việc tính toán và thử tải kết cấu chống đỡ tạm theo hệ tiêu chuẩn Châu Âu tương đối đầy

đủ và rõ ràng nhưng các kỹ sư Việt Nam vẫn chưa quen. Tải trọng thi công theo EN 1991-1-6 [3], tính toán kết cấu chống đỡ tạm theo EN 12812 [4], tính toán kết cấu thép theo EN 1993-1-1 [5], thử tải theo EN 12811-3 [6]. Những tiêu chuẩn EN trên đang được Bộ Xây dựng biên soạn thành tiêu chuẩn Việt Nam theo Đề án hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn quy chuẩn kỹ thuật xây dựng. Bài báo này tác giả trình bày phương pháp tính toán và kiểm chứng bằng thử tải kết cấu chống đỡ tạm bằng thép theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành và EN, từ đó khuyến cáo đưa ra hệ số vượt tải khi xác định bằng thử nghiệm theo tiêu chuẩn Việt Nam.

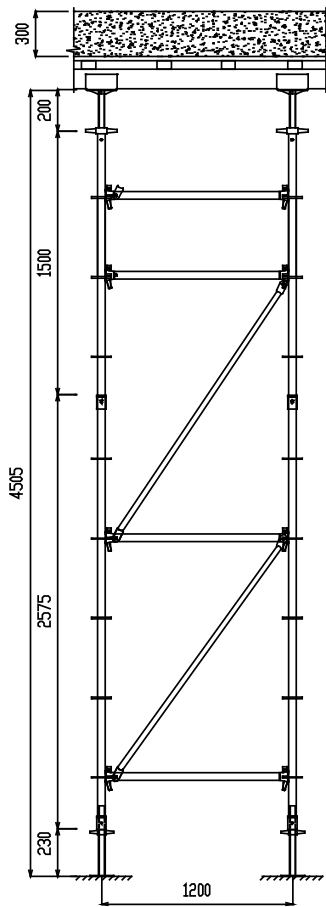
2. TÍNH TOÁN KẾT CẤU CHỐNG ĐỠ TẠM CÓ GIẰNG CHÉO

2.1. Sơ đồ chịu lực

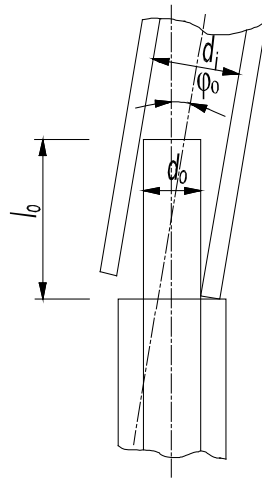
Như miêu tả ở Hình 1, bài báo trình bày phương pháp tính toán kết cấu chống đỡ tạm theo 2 hệ tiêu chuẩn: tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành và EN khi chống đỡ phục vụ thi công kết cấu sàn bê tông cốt thép dày 300 mm.

2.2. Tính toán theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành

Biện pháp thi công sử dụng kết cấu chống đỡ tạm dạng ringlock, vật liệu sử dụng là thép loại



Hình 1. Sơ đồ thực tế hệ kết cấu chống đỡ tạm



Hình 2. Độ lệch ban đầu tại nút

Q345B có giới hạn chảy 345 MPa, $E = 210000$ MPa. Khoảng giáo sử dụng thanh đứng bằng thép ống dài 2,5 m và 1,5 m đường kính 48 mm dày 2,5 mm, kết hợp các thanh giằng ngang, giằng chéo bằng thép ống đường kính 42 mm dày 1,8 mm, ống nối thanh đứng đường kính trong 50 mm dày 2,5 mm với chiều dài nối chồng 100 mm. Kích thước mặt bằng một khoang giáo là (1,2×1,2) m, chiều cao khoang giáo 4,5 m chống đỡ khi thi công kết cấu sàn bê tông cốt thép dày 300 mm. Cao độ kết cấu sàn thi công là 10 m, tại Hà Nội.

Tải trọng tác dụng lên kết cấu chống đỡ tạm theo TCVN 4453:1995 bao gồm:

- Trọng lượng bản thân kết cấu chống đỡ tạm;
- Bê tông sàn: $0,3 \times 25 \times 1,2 = 9,0$ (kN/m²);
- Trọng lượng cốt thép: $0,3 \times 1,2 = 0,36$ (kN/m²);
- Trọng lượng ván khuôn:
 $0,0975 \times 1,1 = 0,1$ (kN/m²);
- Hoạt tải do đầm: $2 \times 1,3 = 2,6$ (kN/m²);
- Hoạt tải do người thi công: $1 \times 1,3 = 1,3$ (kN/m²);

Tổng tải trọng đứng tác dụng lên kết cấu chống đỡ tạm: $(2,4 \times 2,4) \times 13,36 = 77$ (kN).

Tải trọng gió tác dụng lên đỉnh giáo theo

phương ngang lấy 50% gió theo tiêu chuẩn TCVN 2737:1995[7]. $W = 0,5\gamma W_0 k_c$ (1)

Trong đó, c là hệ số cản phụ thuộc vào hệ số choán của kết cấu.

$$c = c_x (1 + \eta) k_i \quad (2)$$

$$c_x = \frac{1}{A} \sum c_{xi} A_i \quad (3)$$

Từ đó, $W = 0,5 \times 1,2 \times 0,95 \times 1,18 \times 0,17 = 0,11$ (kN/m²).

Tổng tải trọng ngang tác dụng lên đỉnh kết cấu chống đỡ tạm: $2,4 \times 4,5 \times 0,11 = 1,18$ (kN).

Mô hình tính toán kết cấu chống đỡ tạm là các phần tử thanh, trong đó thanh đứng là liên kết cứng, các thanh giằng ngang và giằng chéo là liên kết khớp ở 2 đầu; tải trọng đứng và ngang chia đều cho 4 thanh đứng tại đỉnh.

Sau khi phân tích tính toán bằng phần mềm SAP 2000, nội lực lớn nhất tại thanh đứng phía trên: $N = 19,25$ kN, $M = 0,28$ kNm. Với nội lực trên, kiểm tra khả năng chịu lực kết cấu chống đỡ tạm theo TCVN 5575:2012.

Ống thép đường kính 48 mm dày 2,5 mm có các đặc trưng hình học tiết diện: $J_x = 92709$ mm⁴, $W_x = 3862$ mm³, $A = 357$ mm², $\lambda_x = 31$, $\varphi_e = 0,41$.

Điều kiện bền:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} < f \gamma_c \quad (4)$$

$$(126 \text{ MPa} < 327 \text{ MPa})$$

Điều kiện ổn định trong mặt phẳng uốn:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e A} < f \gamma_c \quad (5)$$

$$(187 \text{ MPa} < 327 \text{ MPa})$$

Như vậy, kết cấu chống đỡ tạm như trên đảm bảo khả năng chịu lực khi thi công kết cấu sàn bê tông cốt thép dày 300 mm theo tiêu chuẩn Việt Nam.

Tăng dần tải trọng để tìm ra khả năng chịu lực cực hạn cho kết cấu chống đỡ tạm trên khi một trong hai điều kiện bền hoặc ổn định trong mặt phẳng uốn bằng $f \gamma_c$ (327 MPa), khi đó khả năng chịu nén đặc trưng của kết cấu chống đỡ tạm trên là 176 kN.

2.3. Thử tải để kiểm chứng khi tính toán theo TCVN hiện hành

Việc thí nghiệm thử tải kết cấu chống đỡ tạm với kích thước thực nhằm chứng minh các giả thiết thiết kế đã sử dụng khi phân tích mô hình thiên về an toàn.

Sơ đồ kết cấu chống đỡ tạm trên được lắp dựng tại phòng thí nghiệm thuộc Viện KHCN Xây dựng, gia tải bằng kích thủy lực, lực nén tăng dần đến khi

phá hoại. Tải trọng phá huỷ khi thử tải của kết cấu chống đỡ tạm trên là 204 kN [9].

Hệ số vượt tải khi tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam là: 1,15



Hình 3. Hình ảnh kết cấu chống đỡ tạm khi phá huỷ

2.4. Tính toán theo các tiêu chuẩn EN hiện hành

Biện pháp thi công sử dụng hệ chống đỡ tạm dạng ringlock như trên Hình 1, vật liệu sử dụng là thép loại Q345B có giới hạn chảy 345 MPa, $E = 210000$ MPa, $G = 81000$ MPa.

Tải trọng tác dụng lên kết cấu chống đỡ tạm theo EN 1991-1-6 [5] bao gồm:

- Trọng lượng bản thân kết cấu chống đỡ tạm;
- Bê tông sàn: $0,3 \times 25 \times 1,5 = 11,25$ (kN/m²);
- Trọng lượng ván khuôn:

$$0,0975 \times 1,5 = 0,13 \text{ (kN/m}^2\text{);}$$

- Hoạt tải do đầm (tính bằng 10% trọng lượng bê tông: $0,03 \times 25 \times 1,5 = 1,13$ (kN/m²);

- Hoạt tải do người thi công: $1 \times 1,5 = 1,5$ (kN/m²);

Tổng tải trọng đứng tác dụng lên kết cấu chống đỡ tạm: $(2,4 \times 2,4) \times 14,01 = 80,7$ (kN).

Áp lực gió tác dụng lên kết cấu chống đỡ tạm theo EN 12812, $q_i = 0,2$ (kN/m²).

Tải trọng ngang tác dụng lên đỉnh kết cấu chống đỡ tạm, chiều cao lấy bằng 0,4m, chiều dài toàn bộ hệ giáo (quy định trong EN 12811-1 [8]): $1,5 \times 0,4 \times 2,4 \times 0,2 = 0,29$ (kN).

Mô hình tính toán kết cấu chống đỡ tạm là các phần tử thanh, trong đó thanh đứng là liên kết cứng,

các thanh giằng ngang và giằng chéo là liên kết khớp ở 2 đầu; tải trọng đứng chia đều cho 4 thanh đứng tại đỉnh, tải trọng ngang bao gồm tải trọng gió và tải ngang quy ước được lấy bằng 1% tải trọng đứng. Ngoài ra phải kể đến sự không hoàn chỉnh do góc lệch tại liên kết giữa các thanh đứng, xem Hình 2.

Hệ kết cấu chống đỡ tạm nghiêng 1 góc φ với $\tan \varphi = 0,02$. $\tan \varphi_0 = 1,25(d_i - d_o)/l_0$ (6)

trong đó:

d_i là đường kính trong của ống giáo đứng: 50 mm

d_o là đường kính ngoài của ống nối: 48 mm

l_0 là chiều dài nối chồng: 100 mm

φ_0 là góc nghiêng giữa ống giáo trên và ống giáo dưới, tính bằng radian.

Trong trường hợp có nhiều cây chống cạnh nhau thì góc nghiêng được tính như sau:

$$\tan \varphi = \sqrt{0,5 + \frac{1}{n_v}} \times \tan \varphi_0 \quad (7)$$

trong đó: n_v là số lượng thanh giáo đứng trong hệ.

Với chuồng giáo đơn $n_v = 4$ thanh, $\tan \varphi = 0,02$.

Sau khi phân tích tính toán bằng phần mềm SAP 2000, nội lực lớn nhất tại thanh đứng phía trên: $N_{Ed} = 20,2$ kN, $M_{Ed} = 0,6$ kNm.

Với nội lực trên, kiểm tra khả năng chịu lực kết cấu chống đỡ tạm theo EN 1993-1-1.

Ống thép đường kính 48 mm dày 2,5 mm có các đặc trưng hình học tiết diện: $I_x = 92709$ mm⁴, $W_{el,x} = 3862$ mm³, $W_{pl,x} = 5180$ mm³, $A = 357$ mm², $I_T = 185418$ mm⁴.

$$\text{Khả năng chịu nén thiết kế: } N_{c,Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} \quad (8)$$

Lực dọc tới hạn khi oằn trong giai đoạn đàn hồi:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr}^2} \quad (9)$$

Khả năng chịu nén thiết kế khi oằn $N_{b,Rd} = 59,2$ kN

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi Af_y}{\gamma_{M1}} \quad (10)$$

Khả năng chịu uốn thiết kế khi oằn:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad (11)$$

Để tính $M_{b,Rd}$ cần xác định M_{cr} :

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L^2} \left(\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 GI_T}{\pi^2 EI_z} \right)^{0,5} \quad (12)$$

Suy ra $M_{b,Rd} = 1,625$ kNm.

Kiểm tra tổng thể thanh đứng theo công thức:

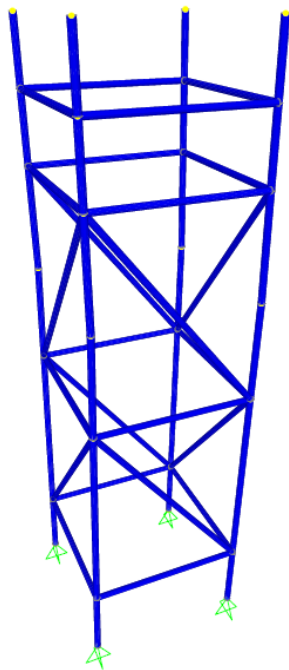
$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (13)$$

Với nội lực trên, ta có $\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = 0,71$

Như vậy, kết cấu chống đỡ tạm như trên đảm bảo khả năng chịu lực khi thi công kết cấu sàn bê tông cốt thép dày 300 mm theo hệ tiêu chuẩn EN.

Tăng dần tải trọng để tìm ra khả năng chịu lực cực hạn cho kết cấu chống đỡ tạm trên khi điều kiện trong công thức (13) bằng 1, khi đó khả năng chịu nén đặc trưng của kết cấu chống đỡ tạm trên là 172 kN.

Việc chứng minh các giả thiết thiết kế đã sử dụng khi phân tích mô hình thiên về an toàn được thực hiện bằng thí nghiệm thử tải kết cấu chống đỡ tạm với kích thước thực theo EN 12811-3. Tải trọng phá huỷ khi thử tải của kết cấu chống đỡ tạm trên là 204 kN. Hệ số vượt tải khi tính toán theo các tiêu chuẩn EN là: 1,18. Hệ số này phù hợp với hệ số riêng khi thử tải γ_{R2} theo EN 12811-3: có giá trị từ 1,0 đến 1,25.



Hình 4. Mô hình tính hệ kết cấu chống đỡ tạm có giằng chéo

3. TÍNH TOÁN KẾT CẤU CHỐNG ĐỠ TẠM KHÔNG CÓ GIẰNG CHÉO

Kết cấu chống đỡ tạm dạng nôm, thanh đứng bằng thép ống dài 2,5 m và 2,0 m, đường kính 48 mm dày 2,0 mm; vật liệu sử dụng là thép loại Q345B có giới hạn chảy 345 MPa, $E = 210000$ MPa. Khoảng giáo sử dụng các thanh giằng ngang bằng thép ống đường kính 42 mm dày 1,8 mm, ống nổi thanh đứng

đường kính 42 mm dày 2,5 mm với chiều dài nổi chông 100 mm. Kích thước mặt bằng một khoang giáo là (1,2×1,2) m, chiều cao khoang giáo 4,8 m chống đỡ khi thi công kết cấu sàn bê tông cốt thép dày 200 mm. Cao độ kết cấu sàn thi công là 10 m, tại Hà Nội.

Quy trình tính toán kết cấu chống đỡ tạm không có giằng chéo kể trên (Hình 5) theo hệ tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành và hệ tiêu chuẩn EN hiện hành được thực hiện như mục 2.

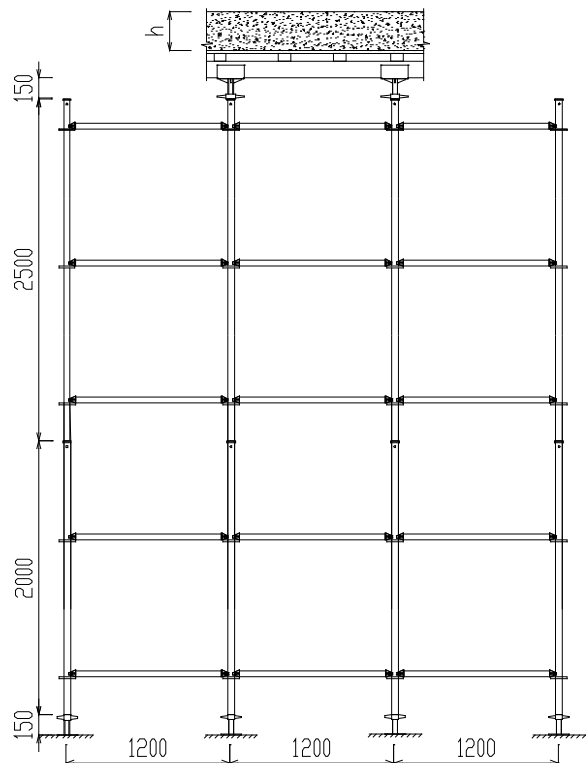
Ống thép đường kính 48 mm dày 2,0 mm có các đặc trưng hình học tiết diện: $I_x = 76553$ mm⁴, $W_{el,x} = 3189$ mm³, $W_{pl,x} = 4234$ mm³, $A = 289$ mm², $I_T = 153106$ mm⁴.

- Khả năng chịu nén đặc trưng cho 1 khoang giáo tính toán theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành là 100 kN.

- Khả năng chịu nén đặc trưng cho 1 khoang giáo tính toán theo các tiêu chuẩn EN hiện hành là 96 kN.

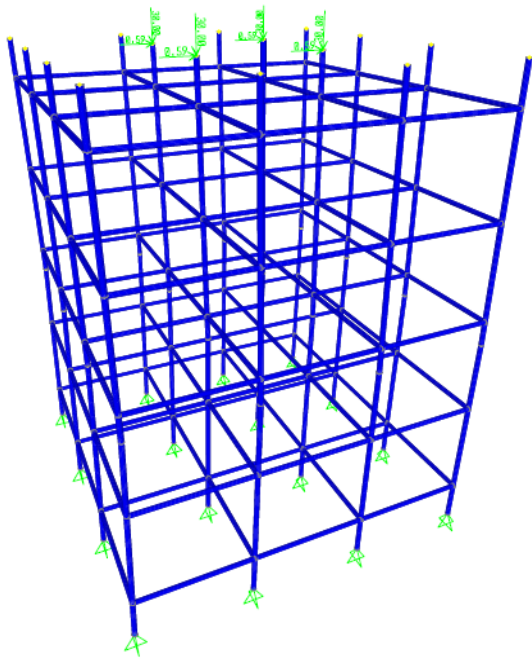
- Tải trọng phá huỷ khi thử tải cho 1 khoang giáo trên là 108 kN [10].

Mô hình tính toán và hình ảnh thử tải kết cấu chống đỡ tạm không có giằng chéo lần lượt thể hiện trên Hình 6 và Hình 7.

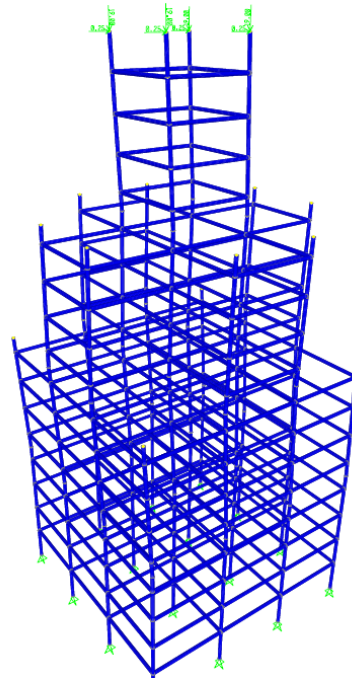


Hình 5. Sơ đồ thực hệ kết cấu chống đỡ tạm không giằng chéo

Một ví dụ khác về tính toán khả năng chịu nén đặc trưng kết cấu chống đỡ tạm dạng không có giằng chéo cao 8,5m. Thanh đứng bằng thép ống dài



Hình 6. Mô hình tính hệ kết cấu chống đỡ tạm không có giằng chéo



Hình 8. Mô hình tính hệ kết cấu chống đỡ tạm không có giằng chéo



Hình 7. Hình ảnh thử tải kết cấu chống đỡ tạm



Hình 9. Hình ảnh thử tải kết cấu chống đỡ tạm

2,0 m, đường kính 48 mm dày 2,5 mm; vật liệu sử dụng là thép loại Q345B có giới hạn chảy 345 MPa, $E = 210000$ MPa. Khoảng giáo sử dụng các thanh giằng ngang bằng thép ống đường kính 48 mm dày 1,8 mm, ống nối thanh đứng đường kính 42 mm dày 2,5 mm với chiều dài nối chồng 100 mm. Kích thước mặt bằng một khoang giáo là (1,2×1,2) m.

- Khả năng chịu nén đặc trưng cho 1 khoang giáo tính toán theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện

hành là 78 kN.

- Khả năng chịu nén đặc trưng cho 1 khoang giáo tính toán theo các tiêu chuẩn EN hiện hành là 76 kN.

- Tải trọng phá huỷ khi thử tải cho 1 khoang giáo trên là 100,4 kN [11].

Mô hình tính toán và hình ảnh thử tải kết cấu chống đỡ tạm không có giằng chéo lần lượt thể hiện trên Hình 8 và Hình 9.

4. ĐÁNH GIÁ CÁCH TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG CHỊU LỰC KẾT CẤU CHỐNG ĐỔ TẠM THEO 2 HỆ TIÊU CHUẨN

Dựa trên cách tính toán như trình bày ở mục 2 nhận thấy việc tính toán kết cấu chống đỡ tạm theo các tiêu chuẩn EN hiện hành là tường minh do có kể đến yếu tố độ lệch tâm ban đầu của thanh đứng. Khi kết cấu chống đỡ tạm đã sử dụng nhiều lần thì độ lệch này càng lớn sẽ làm giảm khả năng chịu nén đặc trưng.

Các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành không đề cập đến yếu tố lệch tâm trên nhưng có xét đến 50% tải trọng gió theo tiêu chuẩn tác dụng lên kết cấu chống đỡ tạm. Khi không kể đến thành phần này thì khả năng chịu nén đặc trưng sẽ lớn hơn khả năng chịu nén cực hạn xác định bằng thử tải.

Ba ví dụ minh họa cách tính toán kết cấu chống đỡ tạm có găng chéo và không có găng chéo (mục 2 và mục 3) cho thấy khi áp dụng các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành cho kết quả tương đối sát với các tiêu chuẩn EN hiện hành và phù hợp với kết quả thử tải.

Chiều cao hệ kết cấu chống đỡ tạm càng lớn thì ảnh hưởng của tải trọng ngang gây ra mô men uốn

Bảng 1. Tổng hợp kết quả cho kết cấu chống đỡ tạm có găng chéo

Hệ cao 4,5m; cây chống đứng Φ48x2,5mm, thép Q345B	Khả năng chịu nén thiết kế theo TCVN (kN)	Khả năng chịu nén thiết kế theo EN (kN)	Tải trọng phá hủy khi thử tải (kN)
	176	172	204
Hệ số vượt tải	1,15	1,18	

Bảng 2. Tổng hợp kết quả cho kết cấu chống đỡ tạm không có găng chéo

Hệ cao 4,80m; cây chống đứng Φ48x2,0mm, thép Q345B.	Khả năng chịu nén thiết kế theo TCVN (kN)	Khả năng chịu nén thiết kế theo EN (kN)	Tải trọng phá hủy khi thử tải (kN)
	100	96	108
Hệ số vượt tải	1,08	1,12	

Bảng 3. Tổng hợp kết quả cho kết cấu chống đỡ tạm không có găng chéo

Hệ cao 8,50m; cây chống đứng Φ48x2,5mm, thép Q345B	Khả năng chịu nén thiết kế theo TCVN (kN)	Khả năng chịu nén thiết kế theo EN (kN)	Tải trọng phá hủy khi thử tải (kN)
	78	76	100,4
Hệ số vượt tải	1,28	1,32	

trong thanh đứng càng lớn, khi đó khả năng chịu nén cực hạn xác định bằng thử tải lớn hơn hẳn theo tính toán.

Căn cứ vào Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3 về tổng hợp kết quả xác định khả năng chịu nén cho kết cấu chống đỡ tạm, khuyến cáo hệ số an toàn khi xác định bằng thử tải để chứng minh các giả thiết thiết kế theo các TCVN hiện hành có giá trị từ 1,2 đến 1,25.

5. KẾT LUẬN

Việc tính toán, đánh giá khả năng chịu lực kết cấu chống đỡ tạm có thể thực hiện theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành và các tiêu chuẩn EN hiện hành.

Các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu cốt lõi như: kết cấu bê tông cốt thép, kết cấu thép, kết cấu chống đỡ tạm... đang được biên soạn theo định hướng mới dựa trên nền tảng hệ tiêu chuẩn EN. Các tiêu chuẩn này cần sớm ban hành để các kỹ sư Việt Nam vận dụng cho việc tính toán xác định khả năng chịu lực kết cấu chống đỡ tạm một cách chính xác.

Hệ số vượt tải khi xác định bằng thử nghiệm để chứng minh các giả thiết thiết kế theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành được nhóm tác giả khuyến cáo từ 1,2 đến 1,25.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5575:2012: *Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế.*
- [2] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4453:1995: *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối – Quy phạm thi công và nghiệm thu.*
- [3] European standard EN 1991-1-6: *Eurocode 1 – Actions on Structures Part 1-6: General actions – Actions during execution.*
- [4] European standard EN 120812: *Falsework - Performance requirements and general design.*
- [5] European standard EN 1993-1-1: *Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.*
- [6] European standard EN 12811-3: *Temporary works equipment – load testing.*
- [7] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2737:1995: *Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế.*
- [8] European standard EN 12811-1: *Temporary works equipment - Part 1: Scaffolds - Performance requirements and general design.*
- [9] Viện Chuyên ngành Kết cấu CTXD (2022). *Phiếu kết quả thử nghiệm 10/4/2022.*
- [10] Viện Chuyên ngành Kết cấu CTXD (2021). *Phiếu kết quả thử nghiệm 30/9/2021.*
- [11] Viện Chuyên ngành Kết cấu CTXD (2022). *Phiếu kết quả thử nghiệm 27/9/2022.*