

KIỂM TRA KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA THANH GIẪNG TRONG NHÀ CÔNG NGHIỆP THEO TIÊU CHUẨN TCVN 5575-2012 VÀ AS 4100 - 2020

Đỗ Trọng Quang

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Hải Phòng

Email: quangdt@dhhp.edu.vn

Ngày nhận bài: 09/5/2023

Ngày PB đánh giá: 31/5/2023

Ngày duyệt đăng: 14/7/2023

TOM TẮT: Bài báo trình bày phương pháp kiểm tra và so sánh việc tính toán khả năng chịu lực của thanh giằng chịu kéo bằng thép góc trong nhà công nghiệp bằng thép theo tiêu chuẩn thiết kế hiện hành của Việt Nam TCVN 5575-2012 [1] và của Úc AS 4100-2020 [2]. Tính toán kiểm tra cho thấy thanh giằng cột và thanh giằng mái đều thỏa mãn điều kiện kiểm tra bền của hai tiêu chuẩn. Tiêu chuẩn của Việt Nam yêu cầu kiểm tra độ mảnh của thanh so với độ mảnh giới hạn. Tiêu chuẩn của Úc không yêu cầu kiểm tra độ mảnh nhưng quy trình tính toán sử dụng nhiều hệ số điều chỉnh hơn so với tiêu chuẩn của Việt Nam.

Từ khóa: thanh giằng, chịu kéo, tiêu chuẩn, cường độ, ứng suất, độ mảnh, nhà công nghiệp, Tiêu chuẩn TCVN 5575-2012, Tiêu chuẩn AS 4100-2020.

EVALUATION OF BEARING CAPACITY OF BRACES IN INDUSTRIAL FACTORIES ACCORDING TO STANDARDS OF TCVN 5575-2012 AND AS 4100-2020

ABSTRACT: This article presents a method of testing and comparing the calculation of the bearing capacity of angle steel braces in pre-engineered steel buildings according to the current design standards of Vietnam (TCVN 5575-2012) and Australia (AS 4100-2020). The calculation shows that the column braces and the roof braces both meet the criteria of the durability test of the two standards. The Vietnamese standard requires testing the thinness of the braces against the limited thinness. The Australian standard

does not require a thinness test; however, the calculation procedure uses more adjustment factors than the Vietnamese standard.

Keywords: brace, tension, standard, strength, stress, thinness, industrial factory, TCVN 5575-2012, AS 4100-2020

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Do những ưu việt về tỷ trọng nhẹ so với bê tông, tính công nghệ và khả năng chịu lực cao, kết cấu thép được áp dụng rộng rãi đối với các công trình nhà công nghiệp ở Việt Nam. Các sản phẩm kết cấu thép rất đa dạng từ những cấu kiện đơn lẻ như thanh giằng, xà gồ, dầm tường, dầm sàn, kết cấu bao che (vách ngăn, tấm tường, tấm mái), cột cho đến các kết cấu hoàn chỉnh như khung nhà công nghiệp.

Do khung thép nhà công nghiệp thường sử dụng vật liệu có tính dẻo, cường độ cao nên tiết diện cột, xà ngang thường nhỏ, độ mảnh lớn. Do đó việc tăng cường độ cứng của nhà, tăng ổn định cho các khung cứng, tạo nên một khối không gian ổn định đáp ứng yêu cầu về độ bền, độ ổn định tổng thể cho toàn bộ ngôi nhà bằng cách sử dụng các hệ giằng là rất cần thiết. Một số tài liệu của các công ty xây dựng đã quy định chi tiết việc sử dụng thanh giằng trong quy trình lắp dựng khung nhà thép [3, 4]. Tùy theo từng yêu cầu cụ thể về chịu lực và về công năng sử dụng, hệ giằng thường sử dụng (hoặc

phối hợp sử dụng) các dạng giằng như: giằng thanh thép tròn, giằng dây cáp, giằng thép góc và giằng dạng công hay còn gọi là khung giằng.

Việc tính toán các cấu kiện thép chịu kéo nói chung được quy định trong tiêu chuẩn thiết kế [1] và tính toán thanh giằng nói riêng đã được nhiều tài liệu trình bày [5-8]. Tuy nhiên việc so sánh phương pháp tính toán khả năng chịu lực của các cấu kiện này với các tiêu chuẩn mới, hiện hành của nước ngoài để thấy được các ưu, nhược điểm, tính khoa học của từng tiêu chuẩn chưa được các tác giả đề cập. Vì vậy, tác giả bài báo trình bày cách tính toán kiểm tra khả năng chịu lực của thanh giằng cột, giằng mái sử dụng thép góc cạnh đều trong nhà công nghiệp theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5575-2012 và Úc AS4100-2020 là cần thiết.

2. TỔNG QUAN, CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN THANH GIẰNG

2.1 Tổng quan về hệ giằng, thanh giằng bằng thép góc trong nhà công nghiệp

Nhà công nghiệp bằng thép thông thường gồm các khung phẳng liên kết với nhau thông qua các kết cấu như hệ xà gồ, hệ sườn tường và các hệ giằng. Hệ giằng bao gồm hệ giằng cột và hệ giằng mái. Hệ giằng cột thường gồm các thanh chống chịu nén đầu cột và các hệ giằng chéo dầm X (hình chữ thập). Các thanh chéo này thường là các thanh thép góc hoặc dầm chữ I chỉ làm việc chịu kéo. Hệ giằng mái thường là hệ các thanh chịu kéo đặt chéo hình chữ thập ở hai bước đầu hồi nhà, vị trí khe lún, khe nhiệt độ (bắt buộc phải có); dọc theo chiều dài nhà ở hai biên khi có dầm cầu trục. Sử dụng thanh giằng bằng thép góc là theo truyền thống và phổ biến tại Việt Nam từ những năm sau hòa bình lập lại của thế kỷ trước. Các thanh giằng kiểu này hiện nay vẫn được các đơn vị thiết kế và chế tạo sử dụng nhiều cho nhà khung thép nhẹ. Hình 1 và hình 2 thể hiện thanh giằng cột và giằng mái hình chữ thập sử dụng thép góc.



Hình 1. Giằng cột bằng thép góc đều cạnh (giằng chữ thập)



Hình 2. Giằng mái bằng thép góc đều cạnh (giằng chữ thập)

*** Ưu điểm:**

Đã được sử dụng phổ biến và có tính truyền thống.

Độ cứng của thanh giằng lớn dẫn đến tăng độ cứng tổng thể của khối giằng rất nhiều.

Thanh giằng dễ thỏa mãn được yêu cầu về độ mảnh giới hạn theo tiêu chuẩn.

*** Nhược điểm:**

Chỉ phù hợp với nhà công nghiệp có kết cấu nặng, yêu cầu có độ cứng lớn, chịu tải trọng gió lớn.

Cấu tạo nặng nề, khó khăn cho việc lắp dựng.

Tăng khối lượng kết cấu dẫn đến tăng giá thành công trình.

2.2 Cơ sở lý thuyết, phương pháp tính toán, kiểm tra thanh giằng mái và giằng cột

Hệ giằng mái ở đầu hồi và hệ giằng mái dọc nhà gồm các thanh

chữ thập tương ứng dùng để chịu tải trọng gió và tải trọng cầu trục. Khi chịu lực thường có một thanh chịu kéo, một thanh chịu nén. Do tính chất của tải trọng đối dẫu (tải trọng gió hoặc cầu trục), khi chọn tiết diện thanh giằng, thường chọn tiết diện theo điều kiện thanh chịu kéo. Khi lực nén xuất hiện, thanh coi như đã mất khả năng chịu lực, chỉ còn thanh kéo làm việc [7, 8] và có thể tính nội lực thanh giằng theo các phương pháp cơ học kết cấu.

Hệ giằng cột chữ thập để đảm bảo độ cứng dọc nhà, chịu lực dọc nhà do dàn giáo truyền vào, lực hãm dọc của cầu trục. Tương tự như trên, chỉ coi các thanh giằng chịu kéo làm việc, bỏ qua các thanh chịu nén [7, 8] và tính toán nội lực các thanh giằng cột chịu kéo một cách dễ dàng hơn bằng các phương pháp cơ học kết cấu cơ bản.

Với sự xuất hiện của máy tính và các phần mềm [9] sử dụng phương pháp phân tử hữu hạn, việc tính toán hệ giằng chữ thập đã trở nên nhanh chóng, thuận tiện và cho kết quả đáng tin cậy. Trong nội dung của bài báo này, tác giả sử dụng phần mềm SAP2000 để tính toán nội lực thanh giằng mái, giằng cột của công trình nhà công nghiệp bằng thép sau đó tính toán kiểm tra tiết diện đã

chọn của thanh giằng theo tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn của Úc.

2.3. Tính toán cấu kiện chịu kéo đúng tâm theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5575-2012 [1].

Theo điều 7.1.1 cấu kiện chịu kéo đúng tâm được tính toán về bền theo công thức 2.1:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq f \cdot \gamma_c \quad (2.1)$$

Trong đó:

γ_c là hệ số điều kiện làm việc (tra bảng 3 mục 5.4.2 của tiêu chuẩn)

N là lực kéo đúng tâm tính toán

A_n là diện tích tiết diện thực của cấu kiện

σ là ứng suất kéo của cấu kiện thép

f là cường độ tính toán chịu kéo của thép

Theo điều 7.1.2, diện tích tiết diện thực bằng diện tích tiết diện nguyên trừ diện tích giảm yếu. Diện tích giảm yếu là diện tích bị mất đi do yêu cầu chế tạo ví dụ như khoan lỗ để bắt bu lông hoặc đỉnh tán, ...

Ngoài việc kiểm tra độ bền, khi thiết kế phải kiểm tra điều kiện về độ mảnh của thanh. Tiêu chuẩn quy định độ mảnh giới hạn của thanh giằng chịu kéo $[\lambda]=400$ (bảng 26 trang 48, TCVN 5575-2012).

2.4. Tính toán cấu kiện chịu kéo đúng tâm (Member subjected to axial tension) theo tiêu chuẩn Australia AS4100-2020.

Theo mục 7.2 của tiêu chuẩn Australia, AS4100-200 thanh chịu kéo đúng tâm được kiểm tra bền như sau (công thức 2.2):

$$N^* \leq \phi N_t \quad (2.2)$$

Trong đó:

ϕ : là hệ số khả năng chịu lực của thanh chịu kéo.

Đối với thanh chịu kéo $\phi=0.9$ (bảng 3.4 Trang 34 tiêu chuẩn AS4100-2020)

N_t là khả năng chịu lực danh nghĩa của tiết diện thanh chịu kéo.

N^* là lực kéo thiết kế

N_t được xác định theo mục 7.2 của tiêu chuẩn. Khả năng chịu lực danh nghĩa của tiết diện thanh chịu kéo N_t được lấy là số nhỏ hơn trong hai giá trị sau:

$$N_t = A_g f_y \text{ và} \quad (2.3)$$

$$N_t = 0.85 k_t A_n f_u \quad (2.4)$$

Trong đó:

A_g là diện tích tiết diện nguyên của tiết diện thanh chịu kéo;

f_y là cường độ chịu kéo của vật liệu (giới hạn chảy nhỏ nhất);

k_t là hệ số điều chỉnh xác định theo mục 7.2 và tra bảng 7.3.2 trang 100;

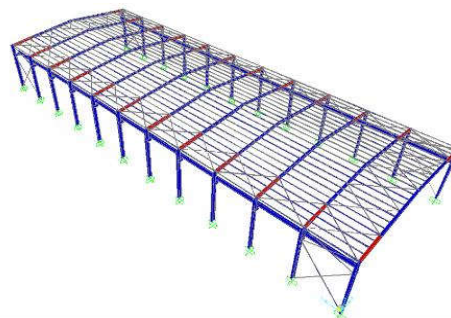
A_n là diện tích tiết diện thực của cấu kiện;

f_u là cường độ chịu kéo giới hạn của vật liệu (giới hạn bền).

2.5. Ví dụ tính toán:

Kiểm tra khả năng chịu lực của hệ giằng của nhà công nghiệp có các thông số đầu vào của công trình như sau:

Nhà công nghiệp một tầng, một nhịp có chiều dài nhịp nhà $L=24\text{m}$, sức trục $Q=10\text{T}$, chiều cao đỉnh cột là $h=9\text{m}$. Nhà được xây dựng tại vùng có áp lực gió tiêu chuẩn $W_0=155\text{ daN/m}^2$. Sử dụng hệ giằng chữ thập, giằng cột dùng thép góc $L80 \times 80 \times 6$, giằng mái dùng thép góc $L50 \times 50 \times 4$, loại thép AGS400 có giới hạn chảy nhỏ nhất là 245MPa và giới hạn bền nhỏ nhất là 400MPa (bảng 3 TCVN 7571-2019 Tiêu chuẩn thép hình cán nóng).



Hình 3. Sơ đồ kết cấu, hệ giằng cột, hệ giằng mái của nhà công nghiệp

Sử dụng phần mềm phân tích nội lực SAP2000 để mô hình hóa sơ đồ kết cấu được trình bày trên hình 3. Sau khi phân tích, tổ hợp nội lực tính được lực kéo của thanh giằng mái là $N=7.81\text{kN}$, lực kéo trong thanh giằng cột là $N=14.72\text{kN}$. Các đặc tính mặt cắt ngang của thép thanh giằng (trích từ bảng 4 của TCVN 7571-2019 Tiêu chuẩn thép hình cán nóng) được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Chiều dài, đặc tính mặt cắt ngang của thép thanh giằng [10]

Loại thanh	Chiều dài thanh (cm)	Diện tích mặt cắt ngang (cm^2)	Mô men quán tính $I_x=I_y$ (cm^4)	Bán kính quán tính $i_x=i_y$ (cm)
L50x50x4	722	3,89	8.97	1.97
L80x80x6	922	9,35	55.8	2.44

a. Kiểm tra khả năng chịu lực của thanh giằng mái theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5575-2012:

Kiểm tra bền theo công thức 2.1:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq f \cdot \gamma_c$$

Trong đó:

σ là ứng suất trong thanh giằng chịu kéo

N là lực kéo đúng tâm tính toán, $N=7.81\text{kN}$

A_n là diện tích tiết diện thực của cấu kiện, $A_n=3.89\text{cm}^2$

f là cường độ tính toán của thép, $f=245\text{MPa}=24.5\text{KN}/\text{cm}^2$

γ_c là hệ số điều kiện làm việc, $\gamma_c=0.9$

Thay các giá trị vào công thức trên ta được

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{7.81}{3.89} = 2.01 \left(\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right) \leq f \cdot \gamma_c \\ &= 24.5 \times 0.9 = 22.05 \left(\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right) \end{aligned}$$

Nhận xét: Thanh giằng mái đảm bảo điều kiện bền.

Kiểm tra độ mảnh của thanh giằng mái:

Chiều dài thanh giằng mái là $l=722\text{cm}$

Bán kính quán tính của tiết diện thanh giằng mái là $i = 1.97\text{cm}$

Độ mảnh của thanh giằng mái là $\lambda=l/i=722/1.97 = 366.5 < [\lambda]=400$ (tra bảng 26, TCVN 5575-2012)

Nhận xét: Thanh giằng mái đảm bảo điều kiện về độ mảnh theo tiêu chuẩn Việt Nam.

b. Kiểm tra khả năng chịu lực của thanh giằng cột theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5575-2012:

Kiểm tra bền theo công thức 2.1:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq f \cdot \gamma_c$$

σ là ứng suất trong thanh giằng chịu kéo

N là lực kéo đúng tâm tính toán, $N= 14.72$ kN

A_n là diện tích tiết diện thực của cấu kiện, $A_n=9.35$ cm²

f là cường độ tính toán của thép, $f=245$ MPa= 24.5 KN/cm²

γ_c là hệ số điều kiện làm việc, $\gamma_c= 0.9$

Thay các giá trị vào công thức trên ta được

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{14.72}{8.13} = 1.81 \left(\frac{kN}{cm^2} \right) \leq f \cdot \gamma_c \\ &= 24.5 \times 0.9 \\ &= 22.05 \left(\frac{kN}{cm^2} \right) \end{aligned}$$

Nhận xét: Thanh giằng cột đảm bảo điều kiện bền.

Kiểm tra độ mảnh của thanh giằng mái:

Chiều dài thanh giằng cột là $l = 922$ cm

Bán kính quán tính của thanh giằng là $i = 2.44$ cm

Độ mảnh của thanh giằng mái là $\lambda=l/i=922/2.44 = 377.9 < [\lambda]=400$ (tra bảng 26, TCVN 5575-2012)

Thanh giằng mái đảm bảo điều kiện về độ mảnh theo tiêu chuẩn Việt Nam.

c. Kiểm tra khả năng chịu lực của thanh giằng mái theo tiêu chuẩn Úc AS 4100-2020. Thanh giằng mái chịu kéo đúng tâm được kiểm tra bền theo công thức 2.2 như sau:

$$N^* \leq \phi N_t$$

Trong đó:

ϕ : là hệ số khả năng chịu lực của thanh chịu kéo.

Đối với thanh chịu kéo $\phi=0.9$ (bảng 3.4 Trang 34 tiêu chuẩn AS4100-2020)

N_t : là khả năng chịu lực danh nghĩa của tiết diện thanh chịu kéo.

N_t được xác định theo mục 7.2 của tiêu chuẩn. Khả năng chịu lực danh nghĩa của tiết diện thanh chịu kéo N_t được lấy là số nhỏ hơn trong

hai giá trị tính theo công thức 2.3 và 2.4 như sau:

$$N_t = A_g f_y \text{ và}$$

$$N_t = 0.85 k_t A_n f_u$$

Trong đó:

A_g là diện tích tiết diện nguyên của tiết diện thanh chịu kéo, $A_g = 3.89 \text{ cm}^2$

f_y là cường độ chịu kéo của vật liệu, $f_y = 245 \text{ MPa}$

k_t là hệ số điều chỉnh xác định theo mục 7.3 và được tra bảng theo bảng 7.3.2 của tiêu chuẩn, $k_t = 0.85$

A_n là diện tích tiết diện thực của cấu kiện, do thanh giằng sử dụng liên kết hàn, không có giảm yếu do khoan lỗ bu lông nên $A_n = A_g = 3.89 \text{ cm}^2 = 389 \text{ mm}^2$

f_u là cường độ chịu kéo giới hạn của vật liệu, $f_u = 400 \text{ MPa}$

$$N_t = A_g f_y = 389 \times 245 = 95305 \text{ (N)}$$

$$= 95,305 \text{ (kN)}$$

$$N_t = 0.85 k_t A_n f_u$$

$$= 0.85 \times 0.85 \times 389 \times 400 = 112421 \text{ (N)}$$

$$= 112,421 \text{ (kN)}$$

$$\text{Vậy lấy } N_t = 95,305 \text{ (kN)}$$

Thay vào công thức kiểm tra ta có:

$$N^* = 7.81 \text{ kN} \leq \phi N_t$$

$$= 0.9 \times 95,305 = 85,779 \text{ (kN)}$$

Nhận xét: Thanh giằng mái đảm bảo điều kiện bền theo tiêu chuẩn của Úc.

d. Kiểm tra khả năng chịu lực của thanh giằng cột theo tiêu chuẩn Úc AS 4100-2020. Thanh giằng mái chịu kéo đúng tâm được kiểm tra bền theo công thức 2.2 như sau:

$$N^* \leq \phi N_t$$

Trong đó:

ϕ là hệ số khả năng chịu lực của thanh chịu kéo.

Đối với thanh chịu kéo $\phi = 0.9$ (tra bảng 3.4 Trang 34 tiêu chuẩn AS 4100-2020)

N_t : là khả năng chịu lực danh nghĩa của tiết diện thanh chịu kéo.

N_t được xác định theo mục 7.2 của tiêu chuẩn. Khả năng chịu lực danh nghĩa của tiết diện thanh chịu kéo N_t được lấy là số nhỏ hơn trong hai giá trị tính theo công thức 2.3 và 2.4 như sau:

$$N_t = A_g f_y \text{ và}$$

$$N_t = 0.85 k_t A_n f_u$$

Trong đó:

A_g là diện tích tiết diện nguyên của tiết diện thanh chịu kéo, $A_g = 8.13 \text{ cm}^2$

f_y là cường độ chịu kéo của vật liệu, $f_y = 245 \text{ MPa}$

k_t là hệ số điều chỉnh xác định theo mục 7.3 và được tra bảng theo bảng 7.3.2 của tiêu chuẩn, $k_t = 0.85$

A_n là diện tích tiết diện thực của cấu kiện, do thanh giằng sử dụng liên kết hàn, không có giảm yếu do khoan lỗ bu lông nên $A_n = A_g = 8.13 \text{ cm}^2 = 813 \text{ mm}^2$

f_u là cường độ chịu kéo giới hạn (giới hạn bền) của vật liệu, $f_u = 400 \text{ MPa}$

$$N_t = A_g f_y = 813 \times 245 = 199185 \text{ (N)} \\ = 199,185 \text{ (kN)}$$

$$N_t = 0.85 k_t A_n f_u \\ = 0.85 \times 0.85 \times 813 \times 400 = 234957 \\ \text{(N)} = 234,957 \text{ (kN)}$$

$$\text{Vậy lấy } N_t = 199,185 \text{ (kN)}$$

Thay vào công thức ta kiểm tra ta có:

$$N^* = 14.72 \text{ kN} \leq \phi$$

$$N_t = 0.9 \times 199,185 = 179,27 \text{ (kN)}$$

Nhận xét: Thanh giằng cột đảm bảo điều kiện bền theo tiêu chuẩn của Úc.

3. KẾT LUẬN

Việc tính toán kiểm tra thanh giằng mái và giằng cột đều thỏa mãn điều kiện bền theo hai tiêu chuẩn Việt Nam và Úc.

Tiêu chuẩn Việt Nam ngoài việc kiểm tra độ bền còn phải kiểm

tra độ mảnh giới hạn của thanh giằng chịu kéo ($[\lambda] = 400$) để đề phòng thanh có thể bị mất ổn định hoặc võng quá mức do chính trọng lượng của thanh. Các ví dụ tính toán cho thấy thanh giằng thừa độ bền nhiều, tuy nhiên, độ mảnh của thanh gần đạt đến độ mảnh giới hạn. Vì vậy tiết diện của thanh được quyết định chủ yếu bởi yêu cầu về độ mảnh.

Tiêu chuẩn của Úc không đề cập đến độ mảnh giới hạn của thanh đơn chịu kéo, tuy nhiên, đối với thanh ghép từ 2 hoặc nhiều thanh đơn thì yêu cầu độ mảnh giới hạn của các thanh đơn trong từng đoạn ghép là $[\lambda] \leq 300$ (khoản a trong mục 7.4.3).

Quy trình tính toán theo tiêu chuẩn của Úc sử dụng nhiều hệ số điều chỉnh hơn so với quy trình tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Việt Nam (2012), *TCVN 5575-2012 Tiêu chuẩn thiết kế Kết cấu thép*.
2. Australia (2020), *AS4100-2020 Steel Structures*.
3. Zamil Steel (1996), *Erection Guide For Pre-Engineered Buildings*.
4. Tolay, *Pre-Engineered Metal Buildings Erection and Installation Guide*.

5. Hoàng Văn Quang, Trần Mạnh Dũng, và Nguyễn Quốc Cường (2010), *Thiết kế khung thép nhà công nghiệp*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
6. Phạm Minh Hà, Đoàn Tuyết Ngọc (2008), *Thiết kế khung thép nhà công nghiệp một tầng, một nhịp*, NXB Xây Dựng.
7. Đoàn Đình Kiên, Phạm Văn Tư, Nguyễn Quang Viên (2003), *Thiết kế kết cấu thép nhà công nghiệp*, NXB Khoa học và kỹ thuật.
8. Phạm Văn Hội, Nguyễn Quang Viên, Phạm Văn Tư, Đoàn Ngọc Tranh, Hoàng Văn Quang (2006), *Kết cấu thép 2 - Công trình dân dụng và công nghiệp*, NXB Khoa học và Kỹ thuật
9. Phạm Văn Diễm, Trương Thanh Sơn, Hà Thành, Hải Minh (2008)
10. *SAP 2000 version10 Thực hành phân tích và thiết kế kết cấu*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
11. Việt Nam (2019), *TCVN 7571-2019 Thép hình cán nóng*.