

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**  
**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

**NGUYỄN VĂN QUANG**

**TÍNH TOÁN CẤU KIỆN**  
**THÉP GÓC ĐƠN CHỊU UỐN VÀ NÉN UỐN**  
**THEO TIÊU CHUẨN HOA KỲ AISC**

**Chuyên ngành: Xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp**  
**Mã số : 60.58.20**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Đà Nẵng - Năm 2013**

Công trình được hoàn thành tại  
**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

**Người hướng dẫn khoa học: PGS. TS. Nguyễn Quang Viên**

**Phản biện 1: GS. TS. Phạm Văn Hội.**

**Phản biện 2: TS. Huỳnh Minh Sơn.**

Luận văn đã được bảo vệ tại Hội đồng chấm Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 27 tháng 9 năm 2013

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng
- Trung tâm Học liệu, Đại học Đà Nẵng.

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài

Trong công cuộc cải cách xây dựng, công nghiệp hóa và hiện đại hóa đất nước, kết cấu thép đóng vai trò hết sức quan trọng vì lý do kết cấu thép có khả năng chịu lực lớn, độ tin cậy cao, tính cơ động, tính nhẹ và tính kín. Việc áp dụng các biện pháp khoa học kỹ thuật tiên tiến nhằm hội nhập, hoàn thiện dần phương pháp tính toán, hợp lý tiết diện cấu kiện kết cấu là bước khởi điểm để tiến tới đạt được hiệu quả kinh tế trong xây dựng công trình.

Hệ không gian chịu lực của các công trình bằng thép được tổ hợp từ các loại tiết diện khác nhau: thép hình I, thép ống, thép góc, các loại tiết diện tổ hợp khác... Tiết diện thép góc đơn chủ yếu là dùng cho thanh của giàn kèo nhẹ, giằng nhà và hệ thanh của tháp thép. Trong các kết cấu này, thép góc đơn chủ yếu là chịu nén như dầm đỡ sàn nhà, sàn xe hoặc chịu uốn theo một trục nào đó tùy theo cách liên kết.

So với các loại tiết diện khác thì tiết diện một thép góc có khác biệt là bị chịu lực lệch tâm do liên kết thường được thực hiện ở một mặt cánh. Khi chịu lực, thép góc đơn làm việc rất khác nhau theo 3 trục là trục yếu, trục khỏe và trục thông thường (trục hình học song song với cánh). Sự chịu lực phức tạp này cũng được các Tiêu chuẩn thiết kế kể đến với các quy định khác nhau.

Luận văn này giới thiệu một cách nhìn tổng quan về ứng xử của cấu kiện bằng thép góc đơn trong công trình và quy định của một số Tiêu chuẩn Thiết kế khi tính toán cấu kiện thép góc đơn chủ yếu là khi chịu uốn và nén uốn, nhằm giúp người thiết kế nhìn nhận chi tiết hơn về sự chịu lực của tiết diện một thép góc trong kết cấu.

Xuất phát từ những nhu cầu thực tế nêu trên cùng với sự đồng ý của người hướng dẫn, tôi chọn đề tài luận văn cao học: **“Tính toán cấu kiện thép góc đơn chịu uốn và nén uốn theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ AISC”**

## **2. Mục tiêu nguyên cứu**

Mục tiêu chính là tìm hiểu ứng xử, quy định của các Tiêu chuẩn để xác định khả năng chịu lực của cấu kiện thép góc đơn; tiến hành các so sánh bằng số, nhằm định hướng cho việc thiết kế thực tế.

## **3. Đối tượng và phạm vi nguyên cứu**

### **3.1. Đối tượng nguyên cứu**

Đối tượng nghiên cứu: cấu kiện thép góc đơn chịu uốn và nén uốn theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ AISC.

### **3.2. Phạm vi nguyên cứu**

Đề tài tập trung vào việc khảo sát đặc điểm làm việc của cấu kiện làm từ thép góc đơn, chịu uốn hoặc nén uốn. Thông qua quy định của các Tiêu chuẩn để xác định khả năng chịu lực của cấu kiện về uốn hoặc nén uốn.

Tải trọng lên cấu kiện là tải trọng tĩnh, vật liệu và liên kết coi là lý tưởng.

## **4. Phương pháp nguyên cứu**

- Tìm hiểu thực tế về việc ứng dụng cấu kiện tiết diện thép góc đơn.
- Tìm hiểu quy định của Tiêu chuẩn Việt Nam TCXDVN 338:2005, Tiêu chuẩn Hoa Kỳ AISC về thiết kế cấu kiện tiết diện thép góc đơn.
- Áp dụng tính toán cụ thể một số ví dụ bằng số; so sánh, phân tích khả năng áp dụng tiêu chuẩn. Từ đó kiến nghị giải pháp nên sử dụng.

## **5. Bố cục luận văn**

Luận văn gồm những nội dung chính như sau:

+ Phần Mở đầu

+ Chương 1: Nguyên lý chung về tính toán kết cấu thép theo tiêu chuẩn Việt Nam TCXCVN 338:2005 và Tiêu chuẩn Hoa Kỳ AISC-2005.

+ Chương 2: Tính toán kết cấu sử dụng thép góc đơn theo Tiêu chuẩn Hoa Kỳ AISC-2005.

+ Chương 3: Một số ví dụ tính toán về cấu kiện thép góc đơn chịu uốn và nén uốn theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ AISC và so sánh với TCXDVN 338:2005.

+ Phần Kết luận và kiến nghị.

**CHƯƠNG 1**  
**NGUYÊN LÝ CHUNG VỀ TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÉP**  
**THEO TIÊU CHUẨN VIỆT NAM TCXDVN 338:2005**  
**VÀ TIÊU CHUẨN HOA KỲ AISC-2005**

**1.1. NGUYÊN LÝ TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÉP THEO TIÊU CHUẨN VIỆT NAM TCXDVN 338:2005**

**1.1.1. Phương pháp thiết kế kết cấu thép theo trạng thái giới hạn**

*a. Các trạng thái giới hạn*

*b. Các hệ số an toàn*

*c. Các công thức tính toán theo các trạng thái giới hạn*

\* Đối với nhóm TTGH thứ nhất:

$$N \leq S \quad (1.1)$$

\* Đối với nhóm trạng thái giới hạn thứ hai:

$$\Delta \leq \bar{\Delta} \quad (1.7)$$

**1.1.2. Tính toán cấu kiện đặc chịu kéo đúng tâm**

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq f\gamma_c \quad (1.9)$$

**1.1.3. Tính toán cấu kiện đặc chịu nén đúng tâm**

*a. Tính toán về bền*

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leq f\gamma_c \quad (1.12)$$

*b. Tính toán về ổn định tổng thể*

$$\frac{N}{\varphi_{min} A} \leq f\gamma_c \quad (1.13)$$

Đồng thời kiểm tra độ mảnh giới hạn:

$$\lambda_{max} \leq [\lambda] \quad (1.17)$$

*c. Tính toán về ổn định cục bộ*

\* Điều kiện ổn định cục bộ của bản bụng:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq \left[ \frac{h_w}{t_w} \right]$$

\* Điều kiện ổn định cục bộ của bản cánh

$$\frac{b_o}{t_f} \leq \left[ \frac{b_o}{t_f} \right]$$

#### 1.1.4. Tính toán cấu kiện đặc chịu uốn

##### a. Tính toán cấu kiện chịu uốn trong giai đoạn đàn hồi

- Khi có mô men uốn tác dụng trong một mặt phẳng chính:

$$\sigma = \frac{M}{W_{n,min}} \leq f \gamma_c \quad (1.18)$$

- Khi có tác dụng của lực cắt, ứng suất cắt xác định theo:

$$\tau = \frac{VS}{It_w} \leq f_v \gamma_c \quad (1.19)$$

- Khi có mô men trong cả hai mặt phẳng chính:

$$\frac{M_x}{I_{nx}} y \pm \frac{M_y}{I_{ny}} x \leq f \gamma_c \quad (1.20)$$

##### b. Tính toán cấu kiện chịu uốn có xét đến biến dạng dẻo

$$\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1,15 f \gamma_c \quad (1.24)$$

##### c. Tính toán cấu kiện chịu uốn theo trạng thái giới hạn thứ hai

$$\frac{\Delta}{l} \leq \left[ \frac{\Delta}{l} \right] \quad (1.25)$$

#### 1.1.5. Tính toán cấu kiện đặc chịu nén uốn.

##### a. Tính toán về bền

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{I_{nx}} y \pm \frac{M_y}{I_{ny}} x \leq f \gamma_c \quad (1.27)$$

##### b. Tính toán về ổn định tổng thể

##### c. Tính toán về ổn định cục bộ

## 1.2. NGUYÊN LÝ TÍNH TOÁN KẾT CẤU THÉP THEO TIÊU CHUẨN MỸ AISC

### 1.2.1. Giới thiệu Tiêu chuẩn Mỹ AISC

### 1.2.2. Các phương pháp thiết kế

*a. Phương pháp thiết kế theo hệ số tải trọng và hệ số sức kháng (LRFD)*

$$\phi R_n \geq R_u \quad (1.42)$$

*b. Phương pháp thiết kế theo độ bền cho phép (ASD).*

$$R_a \leq \frac{R_n}{\Omega} \quad (1.43)$$

### 1.2.3. Phân lớp tiết diện theo điều kiện ổn định cục bộ

### 1.2.4. Tính toán cấu kiện chịu nén đúng tâm

*a. Đại cương sự làm việc của cấu kiện chịu nén đúng tâm*

\* *Lực tới hạn Euler*

$$N_c = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (1.49)$$

Ứng suất tới hạn Euler là:

$$F_e = \frac{N_e}{A} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2 A} \quad (1.50)$$

*b. Phương pháp tính toán về oằn uốn dọc theo AISC-2005*

Độ bền danh nghĩa của cấu kiện chịu nén đúng tâm  $P_n$ :

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (1.53)$$

*c. Cấu kiện có phần tử mảnh*

\* *Các giới hạn của độ mảnh của cánh và bụng cấu kiện*

Trong các công thức tính toán ở mục 1.2.4.2 mọi số hạng  $F_y$  sẽ được thay bằng  $QF_y$ .

\* *Hệ số Q*

$$Q = Q_s Q_a \quad (1.58)$$

\* *Trường hợp cánh là mảnh ( $\frac{b}{t} > 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  đối với cấu kiện cán nóng).*

$$- \text{ Khi } 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} < 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad Q_s = 1,415 - 0,74 \left(\frac{b}{t}\right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (1.59)$$



$$- \text{ Khi } \frac{b}{t} \geq 1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \lambda_s = \frac{0,69E}{F_y \left(\frac{b}{t}\right)^2} \quad (1.60)$$

*d. Sự oằn xoắn và oằn uốn xoắn của cấu kiện chịu nén*

### **1.2.5. Tính toán cấu kiện chịu uốn**

*a. Sự làm việc của dầm dưới tác dụng của tải trọng*

*b. Sự oằn theo phương bên*

*c. Phân loại tiết diện dầm theo điều kiện ổn định cục bộ*

*d. Nội dung tính toán cấu kiện chịu uốn*

$$M_u \leq \phi_b M_n \quad (1.68)$$

## **KẾT LUẬN CHƯƠNG 1**

Chương 1 đã trình bày tổng quan về tính toán kết cấu thép theo tiêu chuẩn Việt Nam TCXDVN 338:2005 và tiêu chuẩn Hoa Kỳ AISC-2005.

## CHƯƠNG 2

### TÍNH TOÁN KẾT CẤU SỬ DỤNG THÉP GÓC ĐƠN THEO TIÊU CHUẨN HOA KỲ AISC

#### 2.1. GIỚI THIỆU VỀ THÉP GÓC ĐƠN

#### 2.2. TÌM HIỂU VỀ CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO, GIẢI PHÁP LIÊN KẾT KHI SỬ DỤNG TIẾT DIỆN THÉP GÓC ĐƠN

#### 2.3. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN THÉP GÓC ĐƠN CHỊU KÉO

Độ bền chịu kéo thiết kế được xác định là giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị tính theo trạng thái giới hạn dẻo,  $\phi_t=0.9$ ,  $P_n=F_y A_g$ , và tính theo trạng thái giới hạn phá hủy,  $\phi_t=0.75$ ,  $P_n=F_u A_e$ .

#### 2.4. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN THÉP GÓC ĐƠN CHỊU NÉN

Độ bền thiết kế của cấu kiện thép góc đơn chịu nén là:  $\phi_c P_n$   
 $\phi_c=0.9$ ;  $P_n = A_g F_{cr}$

$$\begin{aligned} & \text{Khi } \lambda_c \sqrt{Q} \leq 1,5 \\ & F_{cr} = Q(0,658^{Q\lambda_c^2}) F_y \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} & \text{Khi } \lambda_c \sqrt{Q} > 1,5 \\ & F_{cr} = \left[ \frac{0,877}{\lambda_c^2} \right] F_y \end{aligned} \quad (2.3)$$

.Q - Hệ số giảm khả năng chịu lực do oằn cục bộ.

Hệ số giảm Q được xác định như sau:

$$\begin{aligned} & \text{Khi } \frac{b}{t} \leq 0,446 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ & Q = 1,0 \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} & \text{Khi } 0,446 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} < 0,910 \sqrt{\frac{E}{F_y}}: \\ & Q = 1,34 - 0,761 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \end{aligned} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} & \text{Khi } \frac{b}{t} \geq 0,910 \sqrt{\frac{E}{F_y}} : \\ & Q = \frac{0,534E}{F_y (b/t)^2} \end{aligned} \quad (2.6)$$

## 2.5. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN THÉP GÓC ĐƠN CHỊU UỐN

### 2.5.1. Độ bền chịu uốn thiết kế

Độ bền về uốn thiết kế là:  $\phi_b M_n$ ,

$M_n$  – mô men uốn danh nghĩa, được xác định là giá trị nhỏ nhất của mô men gây chảy dẻo tiết diện, mô men tới hạn gây mất ổn định cục bộ ở cánh và mô men tới hạn gây mất ổn định tổng thể.

*a. Mô men danh nghĩa theo điều kiện chảy dẻo khi mép cánh chịu kéo*

$$M_n = 1,5M_y \quad (2.7)$$

*b. Mô men danh nghĩa theo điều kiện ổn định cục bộ*

$$\text{- Khi } \frac{b}{t} \leq 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$M_n = 1,5F_y S_c \quad (2.8)$$

$$\text{- Khi } 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (cánh không đặc)}$$

$$M_n = F_y S_c \left[ 2,43 - 1,72 \left( \frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right] \quad (2.9)$$

$$\text{- Khi } \frac{b}{t} > 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (cánh mảnh)}$$

$$M_n = 1,34QF_y S_c \quad (2.10)$$

*c. Mô men danh nghĩa theo điều kiện mất ổn định tổng thể*

$$\text{- Khi } M_e \leq M_y$$

$$M_n = \left[ 0,92 - 0,17 \frac{M_e}{M_y} \right] M_e \quad (2.11)$$

$$\text{- Khi } M_e > M_y$$

$$M_n = \left[ 1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}} \right] M_y \leq 1,5M_y \quad (2.12)$$

$M_e$  được xác định trong mục 2.5.2 và 2.5.3 sau:

**2.5.2. Tính toán cấu kiện thép góc đơn chịu uốn quanh trục hình học X, Y**

### 2.5.3. Tính toán cấu kiện thép góc đơn chịu uốn quanh trục chính Z, W

#### a. Thép góc đơn đều cạnh uốn quanh trục chính

+ Uốn quanh trục khôe W:

Độ bền chịu uốn danh nghĩa  $M_n$  theo trục khôe W sẽ được xác định như quy định trong mục 2.5.1.2 và 2.5.1.3.

Trong đó:

$$M_e = C_b \frac{0,46Eb^2t^2}{L} \quad (2.15)$$

+ Uốn quanh trục yếu Z:

Độ bền uốn danh nghĩa  $M_n$  theo trục yếu Z sẽ được xác định như quy định trong mục 2.5.1.1 khi mép cánh chịu kéo và trong mục 2.5.1.2 khi mép cánh chịu nén.

#### b. Thép góc đơn không đều cạnh uốn quanh trục chính

+ Uốn quanh trục khôe W:

Độ bền uốn danh nghĩa  $M_n$  theo trục khôe sẽ được xác định như quy định trong mục 2.5.1 khi cánh chịu nén và trong mục 2.5.1.

+ Uốn quanh trục yếu Z:

## 2.6. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN THÉP GÓC ĐƠN CHỊU LỰC KẾT HỢP

### 2.6.1. Cấu kiện thép góc đơn chịu uốn và nén dọc trục

a. Ảnh hưởng tương hỗ giữa lực uốn và lực nén dọc trục tác dụng tại các vị trí trên mặt cắt ngang bị giới hạn bởi phương trình (2.17) và (2.18) dưới đây:

- Khi  $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$

$$\left| \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{uw}}{\phi_b M_{nw}} + \frac{M_{uz}}{\phi_b M_{nz}} \right) \right| \leq 1,0 \quad (2.17)$$

- Khi  $\frac{P_u}{\phi P_n} \leq 0,2$

$$\left| \frac{P_u}{2\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{uw}}{\phi_b M_{nw}} + \frac{M_{uz}}{\phi_b M_{nz}} \right) \right| \leq 1,0 \quad (2.18)$$

b. Đối với các cấu kiện bị kiểm chế uốn quanh một trục hình học với độ bền uốn danh nghĩa được xác định như quy định tại mục 2.5.2.1, bán kính quán tính  $r$  đối với  $P_{e1}$  sẽ được lấy theo giá trị trục hình học  $(x, y)$ . Tính toán khả năng chịu uốn đối với các trục chính  $(w, z)$  trong các phương trình (2.17) và (2.18) sẽ được thay thế bởi khả năng chịu uốn theo một trục hình học đơn.

### **2.6.2. Cấu kiện thép góc đơn chịu uốn và kéo dọc trục kết hợp**

Ảnh hưởng tương hỗ giữa lực uốn và lực kéo dọc trục được giới hạn bởi các phương trình (2.17) và (2.18).

#### **KẾT LUẬN CHƯƠNG 2**

- Khả năng chịu nén uốn của cấu kiện một thép góc đơn là khác nhau theo 4 trục: hai trục hình học  $x-x, y-y$ , trục khỏe  $w-w$ , và trục yếu  $z-z$ .

- Khả năng chịu lực (nén, uốn) của thép góc đơn là giá trị nhỏ nhất khi xác định theo độ bền, ổn định cục bộ và ổn định tổng thể.

- Khả năng chịu lực (nén, uốn) của thép góc đơn còn phụ thuộc vào phương tác dụng của lực, điều kiện liên kết của cánh và hai đầu dầm.

- Tiêu chuẩn Mỹ AISC có quy định chi tiết về tính toán cấu kiện thép góc đơn chịu lực.

### CHƯƠNG 3

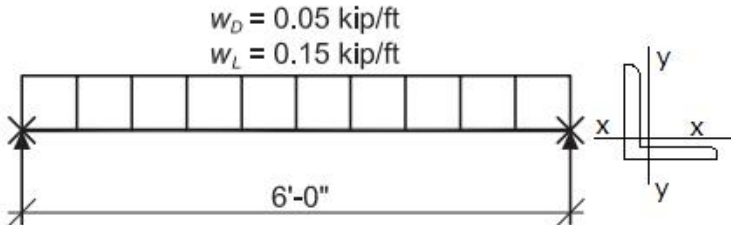
#### MỘT SỐ VÍ DỤ VỀ TÍNH TOÁN CẤU KIỆN

#### THÉP GÓC ĐƠN THEO TIÊU CHUẨN MỸ AISC

#### 3.1. VÍ DỤ TÍNH TOÁN CẤU KIỆN THÉP GÓC ĐƠN THEO TIÊU CHUẨN MỸ AISC

##### 3.1.1. Ví dụ 1: Tính toán thép góc đơn chịu uốn theo AISC

Tính toán chọn thép góc đơn cho dầm một nhịp đơn giản, liên kết khớp hai đầu, dài 6 ft. Dùng thép góc đơn, loại ASTM A36. Cánh đứng của thép góc hướng lên trên. Dầm chịu các tải trọng tác dụng theo phương đứng hướng xuống bao gồm tĩnh tải phân bố đều 0,05 kip/ft và và hoạt tải phân bố đều 0,15 kip/ft. Không có tải trọng theo phương ngang. Không tính giới hạn độ võng của dầm. Thép góc chỉ được giằng ở hai đầu. Giả thiết dầm bị uốn quanh trục hình học x-x và không có giằng chống chuyển vị ngang hoặc xoay.



*Hình 3.1. Sơ đồ dầm và tải trọng của ví dụ 1*

$$F_y = 36 \text{ ksi. } F_u = 58 \text{ ksi.}$$

**Xác định độ bền uốn yêu cầu:**

$$W_{ux} = 1,35 \text{ kip} - \text{ft}$$

Dự kiến dùng thép góc L 4x4x1/4.  $S_x = 1,03 \text{ in}^3$ .

**Xác định độ bền uốn danh nghĩa  $M_n$**

Theo giới hạn chảy dẻo:

$$M_n = 1,5 M_y = 55,6 \text{ kip-in}$$

Theo ổn định tổng thể:

$$M_y = 0,8 F_y S_x = 29,7 \text{ kip-in.}$$

Xác định  $M_e$ :

Đối với trường hợp tải trọng đang xét, tra bảng có  $C_b = 1,14$ .

$M_e = 110 \text{ kip-in} > 29,7 \text{ kip-in}$ , vì vậy  $M_n$  được xác định

theo:

$$M_n = 39,0 \text{ kip.in} \leq 44,6 \text{ kip.in}$$

Vì vậy:  $M_n = 39,0 \text{ kip-in}$ .

Tính theo ổn định cục bộ của cánh.

Kiểm tra độ mảnh của cánh chịu nén:

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{4 \text{ in}}{0,25 \text{ in}} = 16$$

$$\lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{36 \text{ ksi}}} = 15,3$$

$$\lambda_r = 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,91 \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{36 \text{ ksi}}} = 25,8$$

Ta có:  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$ , mô men uốn danh nghĩa được xác định:

$$M_n = F_y S_c \left[ 2,43 - 1,72 \left( \frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right]$$

$$S_c = 0,8 S_x = 0,8 (1,03 \text{ in}^3) = 0,824 \text{ in}^3.$$

Vậy:  $M_n = 43,3 \text{ kip-in}$ .

Như vậy mô men danh nghĩa bằng 39,0 kip-in (3,25 kip-ft).

Ta có độ bền uốn khả dụng

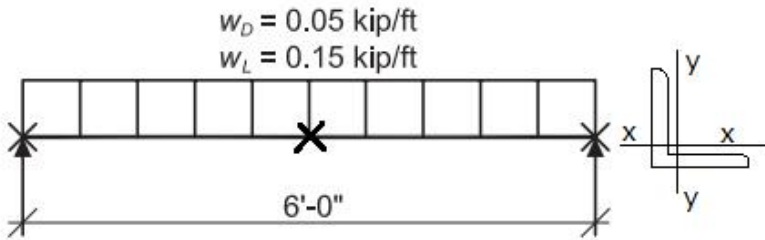
$$\phi_b M_n = 2,93 \text{ kip.ft} > 1,35 \text{ kip.ft}$$

Như vậy, tiết diện thép góc đã chọn đảm bảo chịu lực.

### 3.1.2. Ví dụ 2: Tính toán thép góc đơn chịu uốn theo

AISC

Tính toán chọn thép góc đơn loại ASTM A36 cho dầm một nhịp đơn giản, dài 6 ft. Cánh đứng của thép góc đơn hướng lên trên và mép cánh chịu nén. Dầm chịu các tải trọng tác dụng theo phương đứng hướng xuống bao gồm tĩnh tải phân bố đều 0,05 kip/ft và và hoạt tải phân bố đều 0,15 kip/ft. Dầm bị uốn quanh trục x-x và có giằng chống oằn ngang tại điểm giữa và hai đầu dầm.



**Hình 3.2: Sơ đồ dầm và tải trọng của ví dụ 2**

Giải:

$$F_y = 36 \text{ ksi}. F_u = 58 \text{ ksi}.$$

**Xác định độ bền yêu cầu:**

- Theo phương pháp LRFD:

$$M_{ux} = 1,35 \text{ kip} - \text{ft}$$

Dự kiến dùng thép góc L 4x4x1/4.  $S_x = 1,03 \text{ in}^3$ .

**Xác định độ bền uốn danh nghĩa  $M_n$ :**

Theo giới hạn chảy dẻo:

$$M_n = 1,5M_y = 1,5F_y S_x = 55,6 \text{ kip} - \text{in}$$

Theo ổn định tổng thể:

$$M_y = F_y S_x = (36 \text{ ksi})(1,03 \text{ in}^3) = 37,1 \text{ kip-in}.$$

$$M_e = 1,25 \frac{0,66Eb^4 t C_b}{L^2} \left[ \sqrt{1 + 0,78 \left( \frac{Lt}{b^2} \right)^2} - 1 \right]$$



$$M_e = 179 \text{ kip.in} > M_y = 37,1 \text{ kip.in}$$

$$M_n = \left( 1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}} \right) M_y \leq 1,5 M_y$$

$$M_n = \left( 1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{37,1}{179}} \right) 37,1 \leq 1,5(37,1)$$

$$M_n = 51,5 \text{ kip.in} \leq 55,7 \text{ kip.in}$$

Vì vậy:  $M_n = 51,5 \text{ kip.in}$ .

**Tính theo ổn định cục bộ của cánh.**

Kiểm tra độ mảnh của cánh chịu nén:

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{4}{0,25} = 16$$

$$\lambda_p = 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 15,3$$

$$\lambda_r = 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,91 \sqrt{\frac{29000}{36}} = 25,8$$

Ta có:  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$ , suy ra mô men uốn danh nghĩa:

$$M_n = F_y S_c \left[ 2,43 - 1,72 \left( \frac{b}{t} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}} \right]$$

$$S_c = 0,8 S_x = 0,8 (1,03 \text{ in}^3) = 0,824 \text{ in}^3.$$

Vậy:

$$M_n = 43,3 \text{ kip.in.}$$

Như vậy, mô men danh nghĩa của cầu kiện lấy theo điều kiện ổn định cục bộ của cánh và bằng 43,3 kip-in hay 3,61 kip-ft.

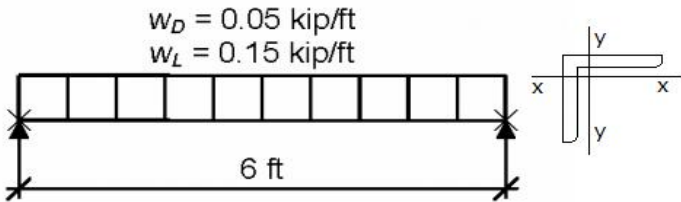
Xác định độ bền thiết kế khả dụng:

$$\phi_b M_n = 0,9(3,61 \text{ kip.ft}) = 3,25 \text{ kip.ft} > 1,35 \text{ kip.ft}$$

Tiết diện thép góc đã chọn đảm bảo khả năng chịu lực.

### 3.1.3. Ví dụ 3: Tính toán thép góc đơn chịu uốn theo AISC

Tính toán chọn tiết diện thép góc đơn cho dầm một nhịp đơn giản, liên kết khớp hai đầu, dài 6 ft. Dùng thép góc đơn loại ASTM A36. Cánh đứng của thép góc đơn hướng xuống dưới. Dầm chịu tác dụng của các tải trọng hướng thẳng xuống, bao gồm tĩnh tải phân bố đều 0,05 kip/ft và hoạt tải phân bố đều 0,15 kip/ft. Không tính giới hạn độ võng của dầm. Giả thiết hệ số  $C_b = 1,0$ . Giả thiết dầm bị uốn quanh trục x-x và không có giằng chống chuyển vị ngang hoặc xoay.



**Hình 3.3: Sơ đồ dầm và tải trọng của ví dụ 3.**

Giải:

$$F_y = 36 \text{ ksi}, F_u = 58 \text{ ksi}.$$

**Xác định độ bền uốn yêu cầu:**

$$M_{ux} = 1,35 \text{ kip} - \text{ft}$$

Dự kiến dùng thép góc L 4x4x1/4.  $S_x = 1,03 \text{ in}^3$ .

**Xác định độ bền uốn danh nghĩa  $M_n$**

Theo giới hạn chảy:

$$M_n = 1,5M_y = 1,5F_y S_x = 1,5(36 \text{ ksi})(1,03 \text{ in}^3) = 55,6 \text{ kip} - \text{in}$$

Theo ổn định tổng thể:

$$M_y = 0,8S_x F_y = 0,8(1,03 \text{ in}^3)(36 \text{ ksi}) = 29,7 \text{ kip} \cdot \text{in}$$

$M_e = 569 \text{ kip} \cdot \text{in} > M_y = 29,7 \text{ kip} \cdot \text{in}$ , do đó  $M_n$  được tính:

$$M_n = \left( 1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}} \right) M_y \leq 1,5M_y$$

$M_n = 49,1 \text{ kip.in} \leq 44,5 \text{ kip.in}$  vì vậy

$M_n = 44,5 \text{ kip.in}$  hay  $3,71 \text{ kip.ft}$

**Xác định độ bền thiết kế:**

Theo LRFD:

$\phi_b M_n = 0,9(3,71 \text{ kip.ft}) = 3,34 \text{ kip.ft} > 1,35 \text{ kip.ft.o.k.}$

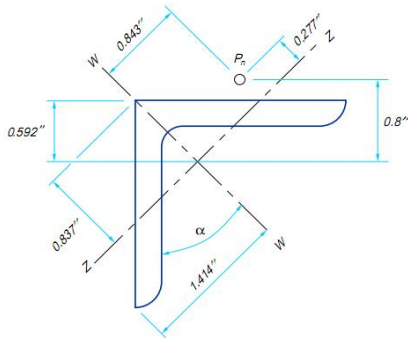
Như vậy tiết diện thép góc đã chọn đảm bảo chịu lực.

**Bảng 3.1: Bảng tổng hợp tính toán của ba ví dụ 1, 2 và 3**

Diễn giải	Giá trị độ bền tính toán (kip-in)		
	Ví dụ 1	Ví dụ 2	Ví dụ 3
Theo chảy dẻo	55,6	55,6	55,6
Theo tổng thể	39,0	51,5	44,5
Theo cục bộ	43,3	43,3	-
Giá trị độ bền min	39,0	43,3	44,5
Độ bền yêu cầu	16,2	16,2	16,2

### 3.1.4. Ví dụ 4: Tính toán thép góc đơn chịu nén lệch tâm theo AISC

Một thép góc 2x2x1/4 chịu một lực nén lệch so với trọng tâm thép góc 0,8 in được truyền từ một tấm thép liên kết chặt với một cánh của thép góc, như chỉ ra trong hình vẽ 3.4. Xác định lực nén lớn nhất có thể tác dụng. Chiều dài hữu dụng của thanh thép góc là 4,0 ft.



**Hình 3.4: Mặt cắt ngang của thép góc trong ví dụ 4**

Tra bảng ta có số liệu của thép góc 2x2x1/4 như sau:

$$A = 0,938 \text{ in.}^2$$

$$r_z = 0,391 \text{ in.}$$

$$I_x = I_y = 0,348 \text{ in.}^4$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$F_y = 50 \text{ ksi}$$

$$I_z = Ar_z^2 = 0,938(0,391)^2 = 0,143 \text{ in.}^2$$

$$I_w = I_x + I_y - I_z = 0,552 \text{ in.}^4$$

$$r_w = \sqrt{\frac{I_w}{A}} = \sqrt{\frac{0,552}{0,938}} = 0,767 \text{ in.}$$

Độ bền nén thiết kế của thép góc 4x4x1/4, KL=4 ft là 14 kips.

*Uốn quanh trục khòe (w-w)*

$$M_e = C_b \frac{0,46Eb^2t^2}{L}$$

$$M_e = 69,5 \text{ kip.in}$$

$$M_y = F_y S_w = F_y \frac{I_w}{c_w} = (50 \text{ ksi}) \frac{0,552 \text{ in.}^4}{1,414 \text{ in.}}$$

$$M_y = 19,5 \text{ kip. in}$$

Do  $M_e > M_y$ , nên áp dụng công thức sau:

$$M_{nw} = \left( 1,92 - 1,17 \sqrt{\frac{M_y}{M_e}} \right) M_y \leq 1,5M_y$$

$$M_{nw} = 1,3(19,5 \text{ kip. in}) = 25,35 \text{ kip. in}$$

Ta có:

$$\frac{b}{t} = \frac{2 \text{ in.}}{0,25 \text{ in.}} = 8 < 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,54 \sqrt{\frac{29000}{50}} = 13$$

$$\text{Ta có: } M_{nw} = 1,3M_y \leq 1,5F_y S_w = 1,5M_y$$

Vậy trong trường hợp uốn quanh trục khỏe w-w:

$$M_{nw} = 1,3M_y = 25,35 \text{ kip. in}$$

*Uốn quanh trục yếu (z-z)*

Trường hợp này mép cánh chịu kéo và sống thép góc chịu nén:

$$M_{nz} = 1,5M_y = 1,5F_y S_z = 1,5F_y \frac{I_z}{c_z} = 12,8 \text{ kip.in}$$

Giả thiết:  $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$

$$\left| \frac{\phi P_n}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{uw}}{\phi_b M_{nw}} + \frac{M_{uz}}{\phi_b M_{nz}} \right) \right| \leq 1,0$$

*Uốn quanh trục khỏe (w-w)*

$$\frac{KL}{r_w} = \frac{48}{0,767} = 62,2$$

Tra bảng ta có:  $\frac{P_e}{A_g} = 73,1$

$$P_{e1w} = 73,1(0,938) = 68,6 \text{ kips}$$

$$B_{1w} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{P_{e1w}}} = \frac{0,85}{1 - \frac{P_u}{17,8}} < 1 \text{ Lấy } B_{1w} = 1,0$$

*Uốn quanh trục yếu (z-z)*

$$\frac{KL}{r_z} = \frac{48}{0,391} = 122,8$$

Tra bảng ta có:

$$\frac{P_e}{A_g} = 19,0, \text{ suy ra: } P_{e1z} = 19,0(0,938) = 17,8 \text{ kips}$$

$$B_{1z} = \frac{C_m}{1 - P_u/P_{e1z}} = \frac{0,85}{1 - P_u/17,8}$$

Xét tại vị trí mô men và lực nén lớn nhất, ta có:

$$\text{Giải ra được: } P_u = 7 \text{ kips}$$

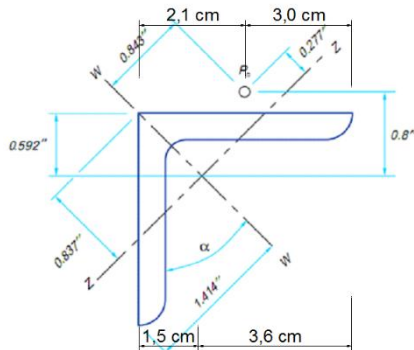
$$\text{Kiểm tra lại: } \frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{7 \text{ kips}}{14 \text{ kips}} = 0,5 > 0,2 \text{ o.k.}$$

Như vậy giá trị lực nén lớn nhất là  $P_u = 7 \text{ kips}$

### 3.2. VÍ DỤ TÍNH TOÁN CẦU KIỆN THÉP GÓC ĐƠN THEO TIÊU CHUẨN TCXDVN 338:2005

#### 3.2.1. Ví dụ 5: Tính toán thép góc đơn chịu nén uốn theo TCXDVN 338:2005

Kiểm tra khả năng chịu lực của thanh thép đơn chịu lực như trong ví dụ 4 theo TCXDVN 338:2005



Hình 3.5: Mặt cắt ngang của thép góc trong ví dụ 5

Giải:

$$\text{Lực nén thiết kế : } P_u = 7 \text{ kips} = 31,1 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = P_u(0,8 \text{ in.}) \times 2,54 = 63,2 \text{ kN.cm}$$

$$M_{uy} = P_u(0,4 \text{ in.}) \times 2,54 = 31,6 \text{ kN.cm}$$

$$\mu_x L = 1,0(48 \text{ in.}) = 48 \text{ in.} = 122 \text{ cm.}$$

$$\mu_y L = 1,0(48 \text{ in.}) = 48 \text{ in.} = 122 \text{ cm.}$$

$$F_y = 50 \text{ ksi} = 345 \text{ MPa} = 34,5 \text{ kN/cm}^2.$$

$$f = \frac{F_y}{\gamma_m} = \frac{34,5}{1,1} = 31,4 \text{ kN/cm}^2$$

$$E = 29000 \text{ ksi} = 200000 \text{ MPa} = 20000 \text{ kN/cm}^2.$$

$$\text{Diện tích toàn bộ mặt cắt: } A_g = 0,938 \text{ in}^2 = 6,05 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Bán kính quán tính theo trục x: } r_x = 0,605 \text{ in} = 1,54 \text{ cm.}$$

$$\text{Bán kính quán tính theo trục y: } r_y = 0,605 \text{ in} = 1,54 \text{ cm.}$$

$$\text{Mô men quán tính theo trục x: } I_x = 0,348 \text{ in}^4 = 14,5 \text{ cm}^4.$$

Mô men quán tính theo trục y:  $I_y = 0,348 \text{ in}^4 = 14,5 \text{ cm}^4$ . *Kiểm tra tại điểm có lực nén lớn nhất là điểm mép cánh nằm ngang.*

### Tính toán về bền

$$\text{Độ lệch tâm } e = 0,8 \text{ in} = 2,03 \text{ cm}$$

$$\text{Độ lệch tâm tương đối theo phương x: } m_x = 1,3$$

$$\text{Độ lệch tâm tương đối theo phương y: } m_y = 3,0$$

$$\lambda_x = \frac{\mu_x L}{r_x} = \frac{122}{1,54} = 79,2$$

$$\bar{\lambda}_x = \lambda_x \sqrt{\frac{f}{E}} = 79,2 \sqrt{\frac{31,4}{20000}} = 3,14$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_y L}{r_y} = \frac{122}{1,54} = 79,2$$

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \sqrt{\frac{f}{E}} = 79,2 \sqrt{\frac{31,4}{20000}} = 3,14$$

### Tính hệ số ảnh hưởng hình dạng của tiết diện $\eta$

$$\eta_x = (0,25 + 0,15m_x) + 0,03(5 - m_x)\bar{\lambda}_x = 0,79$$

$$\eta_y = (0,25 + 0,15m_y) + 0,03(5 - m_y)\bar{\lambda}_y = 0,89$$

$$m_{ex} = \eta_x m_x = 0,79(1,3) = 1,03$$

$$m_{ey} = \eta_y m_y = 0,89(3) = 2,67$$

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{I_{nx}} y \pm \frac{M_y}{I_{ny}} x \leq f\gamma_c$$

Điểm có nội lực lớn nhất là điểm tại mép của cánh thép góc nằm ngang. Khoảng cách từ vị trí này đến trọng tâm thép góc là:

$$x = 2,54(1,41) = 3,6 \text{ cm}$$

$$y = 2,54(0,592) = 1,5 \text{ cm}$$

Tính ra ta có  $23,4 \text{ kN/cm}^2 \leq 23,5 \text{ kN/cm}^2 \text{ o.k.}$

### Kiểm tra ổn định tổng thể.

Kiểm tra ổn định tổng thể theo công thức:

$$\frac{N}{\varphi_{e.xy}} \leq f\gamma_c$$

$$m_y = \frac{M_y A}{N W_y} = \frac{(31,6 \text{ kN} \cdot \text{cm})(6,05 \text{ cm}^2)}{(31,1 \text{ kN}) \left( \frac{14,5 \text{ cm}^4}{3,6 \text{ cm}} \right)} = 1,53$$

$$\bar{\lambda}_y = 3,14$$

Tra bảng ta có:  $\varphi_{e.y} = 0,351$

Ta có  $m_x = 1,3 \leq 5$  và  $\lambda_y = 79,2 < \lambda_c = 3,14 \sqrt{\frac{E}{f}} = 79,3$

$$\alpha = 0,65 + 0,05m_x = 0,65 + 0,05(1,3) = 0,715$$

$$\beta = 1,0$$

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} = \frac{1}{1 + 0,715(1,3)} = 0,52$$

$$\varphi_{e.xy} = \varphi_{ey} (0,6\sqrt[3]{c} + 0,4\sqrt[4]{c})$$

$$\varphi_{e.xy} = 0,351 (0,6\sqrt[3]{0,52} + 0,4\sqrt[4]{0,52}) = 0,288$$



$$\frac{N}{\varphi_{e.xy}A} = \frac{1,2(31,1)}{0,288(6,05)} = 21,4 \leq f_{\gamma_c} = 31,4(0,75) = 23,55$$

O.k.

### **KẾT LUẬN CHƯƠNG 3**

Chương 3 đã tiến hành một số ví dụ bằng số để làm sáng tỏ các nội dung lý thuyết nêu ở chương 2.

Qua các ví dụ 1 và 2 ta thấy rằng độ bền khả dụng của thép góc đơn có giằng chống oằn ngang là lớn hơn độ bền khả dụng của thép góc đơn không có giằng.

Khả năng chịu lực của thép góc đơn còn phù thuộc vào phương tác dụng của lực vào cấu kiện.

Tiêu chuẩn Mỹ AISC-2005 có riêng một mục (F10. Single angles) quy định về tính toán cấu kiện thép góc đơn chịu lực. Trong khi đó, tiêu chuẩn Việt Nam về tính toán kết cấu thép TCXDVN 338:2005 không có đầy đủ quy định để tính toán cấu kiện thép góc đơn chịu lực.

## KẾT LUẬN

- Cấu kiện một thép góc đơn, khi chịu nén uốn, thường bị mất ổn định theo trục yếu z-z. Trong thiết kế và thi công cấu kiện một thép góc đơn, cần chú ý tăng cường độ bền ổn định cho thép góc theo trục yếu z-z.

- Trong cấu kiện một thép góc đơn, tại vị trí có mô men lớn nên tăng cường giằng ngang để tăng tính ổn định cho cấu kiện.

- Tiêu chuẩn Việt Nam về tính toán kết cấu thép TCXDVN 338:2005 không có quy định chi tiết về tính toán cấu kiện thép góc đơn chịu lực. Tiêu chuẩn Hoa Kỳ AISC-2005 có riêng một mục (F10. Single angles) quy định chi tiết về tính toán cấu kiện thép góc đơn chịu lực, rất thuận tiện khi áp dụng.

- Trong Tiêu chuẩn Hoa Kỳ AISC 2005 có hai phương pháp là tính toán là phương pháp tính toán theo hệ số tải trọng và hệ số sức kháng (LRFD) và phương pháp tính toán theo độ bền cho phép (ASD). Người thiết kế có thể áp dụng một trong hai phương pháp này. Tác giả luận văn kiến nghị nên sử dụng phương pháp LRDF.

### **Hướng tiếp theo của đề tài:**

Từ kết quả của luận văn này, là cơ sở, bước đệm để tiến hành những nghiên cứu tiếp theo, bao gồm:

Tìm hiểu, khảo sát liên kết hợp lý áp dụng cho tiết diện thép góc đơn;

Nghiên cứu giải pháp tăng cường khả năng chịu lực cho cấu kiện ghép từ tiết diện thép góc đơn.