

THIẾT KẾ CHẾ TẠO VÀ SỬ DỤNG KHUNG GIA TẢI 50.000 kN

TS. NGUYỄN XUÂN CHÍNH

TS. LÊ MINH LONG

Viện KHCN Xây dựng

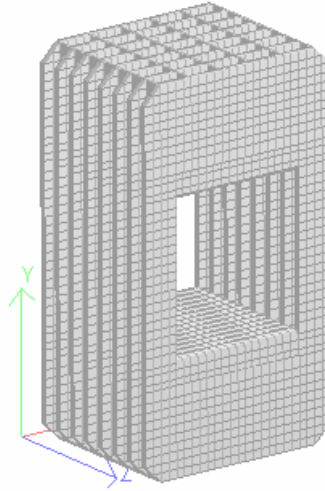
1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, yêu cầu về thí nghiệm gối cầu chịu tải trọng lớn ngày càng nhiều. Trước đây, hầu hết các thí nghiệm này đều được đưa ra nước ngoài để thực hiện. Cuối năm 2005, nhằm đáp ứng kịp thời việc thí nghiệm thử tải gối đỡ dầm mái nhà chính Trung tâm Hội nghị Quốc gia với tải trọng nén tới 20000 kN, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng đã tiến hành thiết kế chế tạo khung gia tải 50.000 kN. Việc thử tải đã được thực hiện thành công đúng điều kiện làm việc thực của gối đỡ. Tiếp theo đó, nhiều gối cầu chịu tải trọng lớn đến 40.000 kN đã được thí nghiệm bằng khung gia tải này.

2. Mô tả khung gia tải

2.1 Hệ kết cấu khung gia tải

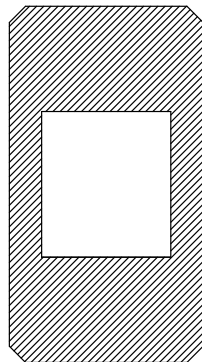
Hệ khung gia tải là hệ kết cấu thép tấm không gian, được cấu tạo từ các thép tấm liên kết hàn (hình 1).



Hình 1. Hệ khung gia tải

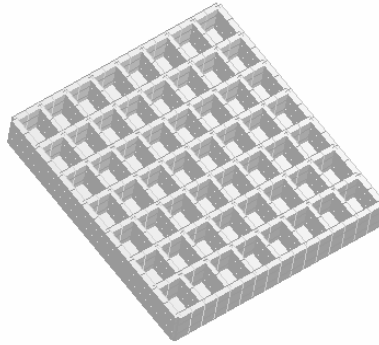
Hệ kết cấu bao gồm các bộ phận chính sau:

- Các khung thép tấm đặt theo phương đứng với chiều dày tấm lớn hơn 70mm. Khung có hình dạng giống như tiết diện hộp (hình 2).



Hình 2. Tiết diện một khung thép tấm

- Các khung thép tấm được liên kết với nhau thông qua hai hệ sàn hộp thép nằm ngang. Mỗi hệ sàn hộp thép cao 300mm, bao gồm hai bản thép tấm (trên và dưới), các bản thép tấm được liên kết với nhau bằng hệ sườn cứng (hình 3).



Hình 3. Sàn hộp truyền lực

2.2 Mô hình tính toán

Hệ kết cấu khung gia tải được mô hình hoá thành các phần tử tấm liên kết ngàm với nhau (hàn). Kích thước phần tử 0,75x0,1m, 0,1x0,1m và 0,1x0,125m. Chiều dày phần tử tấm tùy theo từng vị trí trong khung, gồm các loại 20mm, 30mm, 40mm, 50mm và 70mm.

Liên kết hệ khung với móng được mô hình hoá dưới dạng gối cố định.

2.3 Các trường hợp tải trọng và tổ hợp tải trọng

Tải trọng

Để sử dụng khung này cho nhiều thí nghiệm khác nhau với tải trọng lớn, thiết kế tính toán với các trường hợp tải trọng điển hình như sau:

- Tải trọng bản thân kết cấu (TTBT): Hệ số độ tin cậy của tải trọng bản thân vật liệu thép bằng 1,05.
- Tải trọng thí nghiệm 20000kN (TTTN20000)

Trường hợp tải này sử dụng trong thí nghiệm thử tải gối đỡ dầm mái nhà chính Trung tâm Hội nghị Quốc gia.

Áp lực tác dụng vào hộp sàn trên, theo chiều từ dưới lên trên, phân bố trên diện tích 1mx1m tại tâm mặt sàn, giá trị áp lực 20000kN/m².

Áp lực tác dụng vào hộp sàn dưới, theo chiều từ trên xuống dưới, phân bố trên bốn hoặc hai diện chịu tải tương ứng với vị trí bốn hoặc hai đế kích. Mỗi diện chịu tải có diện tích 0,3m² (tương ứng đế kích có đường kính 0,67m). Giá trị áp lực là 16670kN/m² ứng với trường hợp sử dụng bốn kích và 33330kN/m² ứng với trường hợp sử dụng hai kích.

- Tải trọng thí nghiệm 40000kN (TTTN40000)

Trường hợp tải này xảy ra với các thí nghiệm thử tải với lực nén lớn nhất.

Áp lực tác dụng vào sàn trên, theo chiều từ dưới lên trên, phân bố trên diện tích 1,4mx1,5m tại tâm mặt sàn, giá trị áp lực 19050kN/m².

Áp lực tác dụng vào sàn dưới, theo chiều từ trên xuống dưới, phân bố trên bốn diện chịu tải tương ứng với vị trí bốn đế kích. Mỗi diện chịu tải có diện tích 0,3m² (tương ứng đế kích có đường kính 0,67m). Giá trị áp lực 33330kN/m².

Tổ hợp tải trọng

Tổ hợp thí nghiệm tải 20000kN: 1,0*TTBT + 1,0*TTTN20000.

Tổ hợp thí nghiệm tải 40000kN: 1,0*TTBT + 1,0*TTTN40000.

2.4 Kết quả tính toán

Chương trình phân tích kết cấu STAAD PRO 2004 cho giá trị các loại ứng suất trong phần tử tấm, bao gồm các giá trị chủ yếu sau:

- Ứng suất pháp (theo các trục địa phương) nằm trong mặt phẳng phần tử tấm: S_x, S_y .
- Ứng suất tiếp trong mặt phẳng phần tử tấm: S_{xy} .
- Ứng suất chính trong mặt phẳng phần tử tấm:

$$- S_{\max, \min} = \frac{S_x + S_y}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(S_x - S_y)^2 + 4 * S_{xy}^2}.$$

- Ứng suất tiếp cực trị trong mặt phẳng phần tử tấm:

$$T_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{(S_x - S_y)^2 + 4 * S_{xy}^2} = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{2} \quad (\text{hiệu số giá trị } S_{\max} - S_{\min} \text{ bằng giá trị ứng suất})$$

Tresca được chương trình tự động tính).

- Ứng suất tương đương tính theo thuyết bền thế năng biến đổi hình dáng, trạng thái ứng suất phẳng:

$$\text{Von Mis} = \sqrt{\frac{(S_{\max} - S_{\min})^2 + S_{\max}^2 + S_{\min}^2}{2}}$$

Kết quả tính cho thấy các giá trị lớn nhất sau:

- Ứng suất kéo lớn nhất: $\max(S_x, S_y) = 141,331 \text{ N/mm}^2$;
- Ứng suất nén lớn nhất: $\min(S_x, S_y) = -106,297 \text{ N/mm}^2$;
- Ứng suất chính lớn nhất, giá trị tuyệt đối: $\max(|S_{\max}|, |S_{\min}|) = 146,241 \text{ N/mm}^2$;
- Ứng suất tương đương lớn nhất, tính theo thuyết bền thế năng biến đổi hình dáng: $\max(\text{Von Mis}) = 142,949 \text{ N/mm}^2$.

2.5 Kiểm tra khả năng chịu lực của khung với các loại thép

Hệ số điều kiện làm việc của kết cấu khung: $\gamma_c = 1$.

Trường hợp sử dụng thép CT38:

Giới hạn bền $f_u = 380 \text{ N/mm}^2$

Cường độ tiêu chuẩn $f_y = 230 \text{ N/mm}^2$ (độ dày $40 < t \leq 100$).

Cường độ tính toán $f = \frac{f_y}{1,1} = 210 \text{ N/mm}^2$ (độ dày $40 < t \leq 100$).

Kết quả tính toán cho thấy $\max(\text{Von Mis})$ nhỏ hơn cường độ tính toán của vật liệu là 1,48 lần.

Trường hợp sử dụng thép CT51:

Giới hạn bền $f_u = 510 \text{ N/mm}^2$

Cường độ tiêu chuẩn $f_y = 270 \text{ N/mm}^2$ (độ dày $40 < t \leq 100$).

Cường độ tính toán $f = \frac{f_y}{1,1} = 245 \text{ N/mm}^2$ (độ dày $40 < t \leq 100$).

Kết quả tính toán cho thấy $\max(\text{Von Mis})$ nhỏ hơn cường độ tính toán của vật liệu là 1,72 lần.

2.6 Kiểm tra đường hàn

Đường hàn được tính toán chịu ứng suất tại các vị trí hàn, sử dụng que hàn N46. Dùng hai loại đường hàn là đường hàn đối đầu và đường hàn góc. Kiểm tra bền đường hàn tại các vị trí nguy hiểm nhất.

a) Kiểm tra bền đường hàn đối đầu

Kiểm tra bền đường hàn thông qua các giá trị ứng suất tại các vị trí có đường hàn theo công thức:

$$\sqrt{S_x^2 + S_y^2 - S_x * S_y + 3 * S_{xy}^2} \leq 1,15 * f_w * \gamma_c \text{ hay}$$

$$\text{Von Mis} \leq 1,15 * f_w * \gamma_c$$

trong đó f_w là cường độ tính toán của đường hàn theo công thức:

$f_w = 0,85 * f$ (f – cường độ tính toán chịu kéo của thép tấm được hàn):

- Với thép CT38: $1,15 * f_w * \gamma_c = 1,15 * 0,85 * 210 * 1 = 205 \text{ N/mm}^2$

- Với thép CT51: $1,15 * f_w * \gamma_c = 1,15 * 0,85 * 245 * 1 = 239,5 \text{ N/mm}^2$.

Đường hàn đối đầu nối các tấm thép dày 70mm.

Các giá trị ứng suất dùng để kiểm tra bền đường hàn được lấy tại các vị trí gần với đầu mút của đường hàn, phía tiếp xúc với hệ sàn hộp. Theo tiêu chí này ta xét ứng suất tại các khung thép tấm giữa của cả hệ khung, nút số 5084, liên kết giữa các phần tử số 4971 và 4972 (hai phần tử nằm ở hai phía của đường hàn). ứng với tổ hợp thí nghiệm tải 40000kN (tổ hợp bất lợi) có $\text{Von Mis} = 95,521 \text{ N/mm}^2$, nhỏ hơn $1,15 * f_w * \gamma_c$ (đối với cả hai loại thép).

b) Kiểm tra bền đường hàn góc

Kiểm tra bền đường hàn góc dựa trên các giá trị ứng suất tại các vị trí có đường hàn theo công thức:

$$\tau_{wf} \leq f_{wf} * \gamma_c \text{ và } \tau_{ws} \leq f_{ws} * \gamma_c,$$

trong đó:

f_{wf} – cường độ tính toán chịu cắt (quy ước) của đường hàn góc theo kim loại mối hàn, với que hàn N46 thì

$$f_{wf} \cdot \gamma_c = 200 \text{ N/mm}^2;$$

f_{ws} – cường độ tính toán chịu cắt (quy ước) của đường hàn góc theo kim loại ở biên nóng chảy:

- Với thép CT38: $f_{ws} \cdot \gamma_c = 0,45 \cdot f_u \cdot 1 = 0,45 \cdot 380 \cdot 1 = 171 \text{ N/mm}^2;$

- Với thép CT51: $f_{ws} \cdot \gamma_c = 0,45 \cdot f_u \cdot 1 = 0,45 \cdot 510 \cdot 1 = 229,5 \text{ N/mm}^2.$

τ_{wf} và τ_{ws} lần lượt là các ứng suất cắt cực trị tại vị trí tính toán theo kim loại đường hàn và kim loại ở biên nóng chảy. Các đường hàn chịu lực sử dụng đường hàn góc có gia công mép, hàn thấu bề dày tấm thép đã gia công mép. Do đó có thể sử dụng chung các giá trị τ_{wf} và τ_{ws} như sau:

$$\tau_{wf} = \tau_{ws} = T_{max}$$

Công thức kiểm tra bền có thể viết lại là: $T_{max} \leq \min(f_{wf} \cdot \gamma_c, f_{ws} \cdot \gamma_c)$. Các giá trị ứng suất dùng để kiểm tra bền đường hàn góc được xác định tại các vị trí thỏa mãn các điều kiện sau:

Tại nơi có đường hàn đi qua: ứng suất Tresca = $S_{max} - S_{min}$ lớn nhất.

Phổ ứng suất Tresca cho thấy ứng suất này đạt các giá trị lớn nhất tại các vị trí khung tấm thép ở giữa của hệ khung, tại đường hàn góc liên kết sườn bên trong của sàn hộp với tấm đứng bao quanh biên sàn hộp (gọi là đường hàn 1) và tại đường hàn góc liên kết tấm đứng của khung cũng với tấm đứng bao quanh biên sàn hộp này (gọi là đường hàn 2).

Trên đường hàn 1, việc tính T_{max} được thực hiện ứng với tổ hợp thí nghiệm tải 40000kN – tổ hợp bất lợi cho các nút thuộc các phần tử, thể hiện trên bảng 1 (N/mm²):

Bảng 1. Số liệu tính toán đường hàn 1

| Phần tử | Nút | S_x | S_y | S_{xy} | T_{max} |
|---------|------|---------|--------|----------|-----------|
| 5345 | 5046 | -100,81 | 484,20 | 556,32 | 628,53 |
| | 5058 | -117,91 | 482,20 | 832,09 | 884,54 |
| 5361 | 5058 | -300,91 | 354,92 | 640,98 | 719,99 |
| | 5070 | -292,10 | 277,53 | 649,91 | 709,58 |
| 5377 | 5070 | -367,15 | 365,02 | 644,18 | 740,94 |
| | 5082 | -205,78 | 231,59 | 456,73 | 506,38 |

Bảng 1 cho thấy các ứng suất T_{max} trên các nút nhỏ hơn $\min(f_{wf} \cdot \gamma_c, f_{ws} \cdot \gamma_c)$ đối với cả hai loại thép. Trên đường hàn 2, việc tính T_{max} được thực hiện ứng với tổ hợp thí nghiệm tải 40.000kN – tổ hợp bất lợi cho các nút thuộc các phần tử – thể hiện trên bảng 2 (N/mm²).

Bảng 2 cho thấy các ứng suất T_{max} trên các nút nhỏ hơn $\min(f_{wf} \cdot \gamma_c, f_{ws} \cdot \gamma_c)$ đối với cả hai loại thép.

Bảng 2. Số liệu tính toán đường hàn 2

| Phần tử | Nút | S_x | S_y | S_{xy} | T_{max} |
|---------|------|---------|--------|----------|-----------|
| 4925 | 5046 | -539,44 | 766,63 | 465,39 | 801,90 |
| | 5058 | -457,81 | 423,85 | 627,87 | 767,17 |
| 4935 | 5058 | -271,93 | 426,39 | 420,36 | 546,46 |
| | 5070 | -121,77 | 312,37 | 384,09 | 441,19 |

2.7 Một số thí nghiệm điển hình đã thực hiện

a) Thí nghiệm thử tải 20000 kN

Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng đã tiến hành thí nghiệm thử tải gối đỡ (bằng thép) dầm chính – Trung tâm Hội nghị Quốc gia với tải trọng nén 20000kN theo yêu cầu kỹ thuật về các phép thử của thiết kế.

Nội dung thí nghiệm

- + Nén thẳng đứng với tải trọng 11000kN.
- + Gia tải ngang vào gối thử $H=860\text{kN}$ khi giữ tải thẳng đứng 11000kN không đổi.
- + Thí nghiệm góc xoay chịu tác dụng lực nén 11000kN với tấm kê 1^0 và 2^0 .
- + Nén thẳng đứng tới tải trọng 20000kN và giữ trong thời gian 10 phút.
- + Tăng tải lên tới 21000kN và giữ trong 02 phút.

Nhận xét : Ứng suất lớn nhất trong khung gia tải đạt tới 29% giới hạn chảy của thép CT38. Khung làm việc bình thường.

b) *Thí nghiệm thử tải 25000 kN*

Đã tiến hành thí nghiệm thử tải gối chấu công trình cầu Rạch Miễu, quốc lộ 60 – Bến Tre theo yêu cầu kỹ thuật về các phép thử của thiết kế.

Nội dung thí nghiệm

+ Nén thẳng đứng với tải trọng 25000kN.

+ Thí nghiệm xác định hệ số ma sát khi gối chịu hai tác động: Tải trọng đứng 25000 kN, gia tải ngang vào gối thử $H=450\text{kN}$ khi giữ tải thẳng đứng 25000kN không đổi.

+ Thí nghiệm góc xoay chịu tác dụng lực nén 25000kN với tâm kê 1^0 và 2^0 .

Nhận xét:

Ứng suất lớn nhất trong khung gia tải đạt tới 35% giới hạn chảy của thép CT38. Khung làm việc bình thường.



Hình 4. *Thí nghiệm thử tải gối đỡ dầm mái nhà chính Trung tâm Hội nghị Quốc gia (NCC)*



Hình 5. *Thí nghiệm thử tải gối chấu công trình cầu Rạch Miễu, Quốc lộ 60 – Bến Tre*

3. Kết luận

Khung gia tải của Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng là một thiết bị có thể thực hiện các thí nghiệm tải trọng lớn (đến 50000 kN) đáp ứng độ chính xác và yêu cầu kỹ thuật cao. Các gối đỡ cầu, dầm, giàn và các bộ phận kết cấu công trình chịu tải trọng lớn trước khi đưa vào áp dụng hoặc đưa vào thi công xây lắp đều có thể kiểm tra tại đây.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCVN 2737-1995. Tải trọng và tác động. Tiêu chuẩn thiết kế.
2. TCXDVN 338: 2005. Kết cấu thép. Tiêu chuẩn thiết kế.
3. TCXDVN 356: 2005 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế.
4. TCVN 1765: 1975. Thép cac bon kết cấu thông thường. Mác thép . Yêu cầu kỹ thuật.
5. TCVN 1691-75. Mối hàn hồ quang điện bằng tay.
6. GOST 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединение сварные.
7. Các tài liệu kỹ thuật liên quan khác.