

TỐI ƯU HÓA CẤU TẠO HỆ GIẪNG TĂNG CƯỜNG TÍNH ỔN ĐỊNH CỦA GIÀN GIÁO CHỊU TẢI TRỌNG NGANG



Phạm Công Minh*
PGS, TS. Hà Duy Khánh**



Tóm tắt: Giàn giáo là một dụng cụ hữu ích dùng để thi công phần thô của công trình xây dựng. Giàn giáo chịu tải trọng đứng rất tốt nhưng ngược lại chịu tải trọng ngang rất kém do các liên kết không đảm bảo. Điều đáng nói rằng TCVN 4453-1995 không đề cập đến tải trọng ngang tác động vào giàn giáo. Tuy nhiên, việc bố trí quá nhiều hệ giằng hoặc bố trí không đúng cách sẽ gây cản trở và thậm chí là lãng phí kinh tế. Nghiên cứu này tập trung xác định tải trọng ngang (lực giật) do quá trình bơm trên sàn dựa vào khảo sát hiện trường và lý thuyết lực quán tính. Nghiên cứu mô hình và tối ưu hóa cấu tạo hệ giằng cho 03 loại giàn giáo: giàn giáo thường, giàn giáo nêm và giàn giáo ring-rock. Kết quả của nghiên cứu cho biết hệ giàn giáo vẫn đảm bảo khả năng chịu lực nhưng số lượng thanh giằng là ít nhất để tạo sự thông thoáng khi thi công và giảm chi phí tháo lắp.

Từ khóa: Giàn giáo, tải trọng ngang, bơm bê tông, xây dựng, tối ưu

Abstract: Scaffolding is a valuable tool used to construct the structural works of a construction project. Scaffolding can withstand vertical loads very well, but conversely, it can handle lateral loads very poorly due to inappropriate connections. It is worth mentioning that TCVN 4453-1995 does not say horizontal loads acting on scaffolding. However, the arrangement

of too many bracing systems or improper structures will cause obstacles and even economic waste. This study focuses on determining the horizontal load due to the pumping process on the floor based on the field survey and the theory of inertial force. Based on this horizontal load, this study builds models and optimizes the structure of the bracing system for 03 types of scaffolding: H-scaffolding, wedge scaffolding, and ring-rock scaffolding. The results of this study show that the scaffolding system still ensures the load-bearing capacity, but the number of bracing bars is the least to create space during construction and reduce assembly costs.

Keywords: Scaffolding, horizontal load, concrete pump, construction, optimization.

Nhận ngày 15/10/2022, chỉnh sửa ngày 25/10/2022, chấp nhận đăng ngày 5/11/2022.

1. GIỚI THIỆU

Giàn giáo là các thiết bị dùng để nâng đỡ con người và vật tư cầm tay, chống đỡ hệ cốppha sàn bê tông thực hiện công việc ở nơi có độ cao lớn hơn so với mặt nền. Việc này giúp cho việc xây dựng và hoàn thiện công trình diễn ra an toàn và hiệu quả hơn. Hiện nay trên thị trường có nhiều loại giàn giáo phổ biến thường được sử dụng trong xây dựng như: Giàn

giáo khung, giàn giáo nêm, giàn giáo ringlock, giàn giáo PAL.

Hiện nay, an toàn lao động khi thi công công trình nhà cao tầng luôn là vấn đề nhức nhối đối với tất cả các dự án. Khi sự cố liên quan đến sập giàn giáo ngày càng tăng, đòi hỏi các nhà thầu phải chú tâm đến việc an toàn giàn giáo tại công trường. Có nhiều nguyên nhân dẫn đến sập giàn giáo, ở đây ta nói đến nguyên nhân do "Lực xô ngang gây ra khi đổ bê tông đầm, sàn". Sự cố tiêu biểu sập giàn giáo khi bơm bê tông như: số 108B Trần Phú, Hà Đông (Dự án đường sắt đô thị Hà Nội, tuyến Cát Linh-Hà Đông); Trung tâm Thông tin Khoa học & Công nghệ Khu vực phía Nam (phường 8, quận 11, TP.HCM);...

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Tải trọng ngang tác dụng vào dàn giáo gây mất ổn định gồm nhiều thành phần: Tải do người và thiết bị thi công, lực quán tính khi bơm bê tông (bơm ngang) và tải trọng gió. Trong bài nghiên cứu chỉ tập trung vào lực quán tính khi bơm bê tông.

2.1. Quán tính, lực quán tính là gì?

Quán tính là tính chất giữ nguyên vận tốc và hướng chuyển động của vật.

Lực quán tính là lực cản của bất kỳ vật thể nào đối với bất kỳ sự thay đổi nào về vận tốc của nó (bao gồm những sự thay đổi về tốc độ hoặc hướng chuyển động của vật).

* SV ĐH, Khoa ĐT CLC, ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

**PGS, TS, GV Khoa Xây dựng, ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh, Tác giả liên hệ: khanhhd@hcmute.edu.vn

Lực quán tính $\vec{F}_{qt}$ trong bơm bê tông sẽ có chiều ngược lại so với chiều của vectơ gia tốc của bê tông trong lòng ống bơm:

$$\vec{F}_{qt} = -m\vec{a}$$

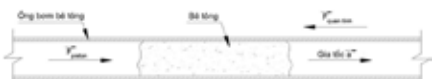
Trong đó:

- F_{qt} là quán tính (N)
- m : là khối lượng của vật
- a : gia tốc trong hệ quy chiếu chuyển động (m/s^2)

2.2. Nguồn gốc của lực quán tính trong bơm bê tông

Trong bơm bê tông sử dụng bơm ngang, mỗi đợt bơm, trong ống bê tông sẽ có lực quán tính phát sinh làm giật lùi đầu ống bơm.

Giải thích: Cấu tạo của máy bơm ngang gồm 2 xi lanh thay phiên nhau hút và đẩy bê tông trong lòng ống lên cao. Khi xi lanh đẩy, nó cung cấp cho bê tông một vận tốc; điều này làm thay đổi vận tốc của lượng bê tông trong xi lanh làm gia tốc xuất hiện từ đó sinh ra lực quán tính trong lòng ống bơm.



Hình 1: Nguyên nhân sinh ra lực quán tính trong lòng ống bơm bê tông

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU
3.1. Xác định hiện trường lực quán tính do bơm bê tông

Gián tiếp đo lực quán tính của ống bơm bê tông thông qua độ giãn dài của lò xo có độ cứng xác định.



Hình 2: Khảo sát hiện trường lực quán tính thông qua lò xo

3.2. Mục đích, phạm vi và khối lượng khảo sát

Mục đích: Xác định lực quán tính tác dụng lên hệ dàn giáo do ống bơm bê tông (bơm ngang) gây ra. Từ kết quả trên, đưa vào mô hình tính toán xác định nội lực trong thanh giằng của giàn giáo; tìm ra cách giằng tốt nhất cho ra kết quả nội lực nhỏ nhất.

Phạm vi đo: Áp dụng đối với hệ dàn giáo chống đỡ các sàn trên cao không thể sử dụng biện pháp bơm cần khi đổ bê tông sàn mà phải sử dụng bơm ngang.

Khối lượng khảo sát: Tiến hành khảo sát lực quán tính của ống bơm bê tông tại 2 vị trí khác nhau, cụ thể là gần đầu ống bơm, giữa và vị trí gần đoạn bê ống. Mỗi vị trí đo 30 lần.

3.3. Cách đo
3.3.1. Đo gia tốc

Không thể đo trực tiếp giá trị gia tốc của bê tông khi ra khỏi đầu ống bơm nên ta tính gián tiếp thông qua công thức:

$$a = \frac{|v - v_0|}{t}$$

Trong đó:

- v : Vận tốc của bê tông sau khi chạm xuống sàn. Ở đây xem $v=0$ m/s.
- v_0 : Vận tốc của bê tông thời điểm vừa ra khỏi ống bơm. Xác định thông qua lưu lượng bê tông phun ra khỏi đầu ống (lấy theo Catalogue của xe bơm).
- t : Thời gian giật của ống bơm (thời gian giật từ vị trí đứng yên đến vị trí biên độ).

3.3.2. Đo khối lượng

Ta xác định khối lượng bê tông mỗi đợt bơm gián tiếp thông qua tổng lượng bê tông bơm mỗi xe và số lần bơm (số lần ống bơm giật). Bằng cách đến hiện trường, xác định thể tích bê tông có trong xe và đếm trực tiếp số lần ống bê tông giật sau đó ghi lại số liệu.

3.4. Quy trình đo

- Bước 1: Chuẩn bị máy quay
- Bước 2: Tiến hành quan sát và quay lại quá trình ống bê tông giật. Xem lại video và xác định thời gian ống bơm giật một nửa chu kỳ (từ vị trí đứng yên đến vị trí biên độ).
- Bước 3: Đếm số lần giật của ống bơm ứng với mỗi xe bê tông, ghi lại thể tích bê tông có trong cối trộn của xe.

4. KẾT QUẢ

4.1. Lực quán tính

Vận tốc đầu v_0 :

Theo như Catalogue (Trailer-mounted concrete pump SYM5123THB-9018C-6S) của xe bơm bê tông ta có lưu lượng bê tông ra khỏi đầu ống bơm

Đường kính ống bơm là 125mm, từ đó ta xác định được vận tốc v_0 :

$$a = \frac{|v - v_0|}{t}$$

Thời gian t:

Kết quả đo thời gian được thể hiện trong bảng dưới:

Bảng 1:

Thời gian giật của ống bơm bê tông

Số lần TN	Vị trí 1 t (s)	Vị trí 2 t (s)
1	0.186	0.174
2	0.178	0.085
3	0.184	0.115
4	0.186	0.110
5	0.182	0.186
6	0.176	0.176
7	0.178	0.182
8	0.197	0.186
9	0.191	0.186
10	0.197	0.188
11	0.186	0.186
12	0.182	0.184
13	0.178	0.186
14	0.182	0.158
15	0.197	0.189
16	0.195	0.189
17	0.193	0.186
18	0.182	0.041
19	0.186	0.191
20	0.188	0.193
21	0.191	0.191
22	0.178	0.182
23	0.186	0.189
24	0.174	0.193
25	0.186	0.182
26	0.176	0.188
27	0.176	0.105
28	0.178	0.186
29	0.172	0.184
30	0.178	0.189

Lấy giá trị nhỏ nhất của thời gian để đi tính gia tốc (thiên về an toàn):

$$a = \frac{|v - v_0|}{t} = \frac{|0 - 2.26|}{0.085} = 26.6 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Khối lượng m:

Lượng xe khảo sát: 3 xe

Kết quả đếm được thể hiện trong bảng dưới đây:

Bảng 2: Số lần giật ống bơm ứng với mỗi xe

Xe 1 (8 khối)	Xe 2 (12 khối)	Xe 3 (8 khối)
190 lần	243 lần	182 lần

Tính khối lượng mỗi đợt bơm:

- Xe 1:

$$m_1 = \frac{V}{n_1} \times \gamma_{bt} = \frac{8}{190} \times 25 = 1.053 \text{ (kN)} = 105.3 \text{ (kg)}$$

- Xe 2:

$$m_2 = \frac{V_2}{n_2} \times \gamma_{bt} = \frac{12}{243} \times 25 = 1.235 \text{ (kN)} = 123.5 \text{ (kg)}$$

- Xe 3:

$$m_3 = \frac{V_3}{n_3} \times \gamma_{bt} = \frac{8}{182} \times 25 = 1.098 \text{ (kN)} = 109.8 \text{ (kg)}$$

Lực quán tính F_{qt} :

Sử dụng kết quả m lớn nhất là m_2 để tính lực quán tính (thiên về an toàn):

$$F_{qt} = m_2 a = 123.5 \times 26.6 = 3285.1 \text{ (N)}$$

4.2. Mô hình ETABS

Sử dụng phần mềm ETABS phân tích bài toán khung phẳng chịu tải trọng tĩnh. Mô hình phân tích ở đây chọn là sàn dày 200mm, xà gồ 2 phương và giàn giáo 3 tầng 3 nhịp.

Thông số vật liệu của thép giàn giáo.

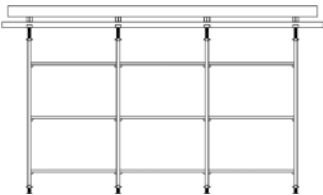
Thép CCT38, $f = 23 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$, $E = 21000 \text{ (kN/cm}^2\text{)}$.

Bảng 3:

Đặc trưng hình học của vật liệu

Chống đứng 2500x60x2.5(mm)				
I_x	W_x	I_y	W_y	A
(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ²)
18.70	6.23	18.70	6.23	4.52
Giằng ngang 1600x42x2(mm) – Chống đứng 1200x42x2(mm)				
I_x	W_x	I_y	W_y	A
(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ²)
5.04	2.40	5.04	2.40	2.51
Giằng chéo 1710x21x1(mm)				
I_x	W_x	I_y	W_y	A
(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ²)
0.32	0.30	0.32	0.30	0.63

4.2.1. Giàn giáo nêm



Hình 3: Hệ chống - giằng thông thường giàn giáo nêm

Kiểm tra chuyển vị đứng:

$$\Delta = 1.85 \text{ (mm)} < \frac{H}{300} = \frac{2700}{300} = 9 \text{ (mm)} \rightarrow \text{Thỏa}$$

Kiểm tra ứng suất:

Bảng 4.4: Các tổ hợp nội lực trong giàn giáo nêm

Chống đứng 2700x60x3(mm)				
I_x	W_x	I_y	W_y	A
(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ²)
21.88	7.29	21.88	7.29	5.37

Kiểm tra điều kiện ứng suất pháp lớn nhất và nhỏ nhất tại tiết diện cây chống:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} = \frac{0.06 \times 10^2}{5.37} + \frac{0.691 \times 10^4}{7.29} = 948.99 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \leq f_{yc} = 2300 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$
$$\sigma = \frac{N}{A} - \frac{M}{W_x} = \frac{0.06 \times 10^2}{5.37} - \frac{0.691 \times 10^4}{7.29} = -946.76 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \leq f_{yc} = 2300 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

$$\frac{\sigma_{\max(\min)}}{f_{yc}} = \frac{948.99}{2300} \times 100 = 44.26\% \rightarrow \text{Tận dụng 44.26\%}$$

sự làm việc của của vật liệu.

Kiểm tra điều kiện ứng suất pháp lớn nhất và nhỏ nhất tại tiết diện giằng ngang:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} = \frac{0.08 \times 10^2}{2.51} + \frac{0.048 \times 10^4}{2.4} = 203.19 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \leq f_{yc} = 2300 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$
$$\sigma = \frac{N}{A} - \frac{M}{W_x} = \frac{0.08 \times 10^2}{2.51} - \frac{0.048 \times 10^4}{2.4} = -196.81 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \leq f_{yc} = 2300 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

$$\frac{\sigma_{\max}}{f_{yc}} = \frac{203.19}{2300} \times 100 = 8.83\% \rightarrow \text{Tận dụng 8.83\%}$$

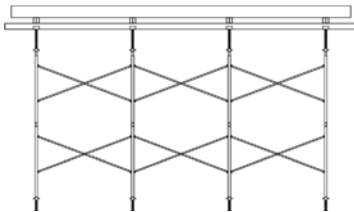
sự làm việc của của vật liệu.

Bảng 4.5:

Các TH tối ưu giàn giáo nêm

Giàn giáo nêm					
Dạng kết cấu	Δ (mm)	Hệ	Đặc điểm nội lực	σ	$\frac{\sigma}{[\sigma]}$ (%)
TH1	1.85	Cây chống	$M_{\max}$ $N_{\min}$	948.99	41.26
			$M_{\min}$ $N_{\max}$	76.00	3.30
			M_0 $N_{\max}$	1.49	0.07
		Giằng ngang	$M_{\max}$ $N_{\min}$	203.19	8.83
			$M_{\min}$ $N_{\max}$	236.52	10.28
			M_0 $N_{\max}$	89.66	3.90
TH2	1.98	Cây chống	$M_{\max}$ $N_{\min}$	969.75	42.16
			$M_{\min}$ $N_{\max}$	86.35	3.75
			M_0 $N_{\max}$	2.61	0.11
		Giằng ngang	$M_{\max}$ $N_{\min}$	203.98	8.87
			$M_{\min}$ $N_{\max}$	245.65	10.68
			M_0 $N_{\max}$	95.39	4.15
TH3	3.06	Cây chống	$M_{\max}$ $N_{\min}$	1107.55	48.15
			$M_{\min}$ $N_{\max}$	325.85	14.17
			M_0 $N_{\max}$	165.21	10.73
		Giằng ngang	$M_{\max}$ $N_{\min}$	311.44	13.54
			$M_{\min}$ $N_{\max}$	272.24	11.84
			M_0 $N_{\max}$	311.44	13.54
TH4	2.08	Cây chống	$M_{\max}$ $N_{\min}$	958.97	41.69
			$M_{\min}$ $N_{\max}$	55.06	2.39

4.2.2. Giàn giáo thường



Hình 4.2:

Hệ chống – giằng giàn giáo thường

Kiểm tra chuyển vị đứng:

$$\Delta = 5.77 \text{ (mm)} < \frac{H}{300} = \frac{3200}{300} = 10.67 \text{ (mm)}$$

Kiểm tra ứng suất:

Bảng 4.6: Các tổ hợp nội lực trong giàn giáo thường

Hệ		Cây chống		Giằng ngang	
TH	Đặc điểm nội lực	M (kN.m)	N (kN)	M (kN.m)	N (kN)
1	$M_{\max}$, $N_{\min}$, Q_{tr}	0.654	-0.510	0.009	-0.850
2	$M_{\min}$, N_{tr} , Q_{tr}	-0.142	-0.520	-0.010	-1.420
3	$N_{\max}$, M_{tr} , Q_{tr}	0.000	-0.730	0.003	-1.460

Kiểm tra điều kiện ứng suất pháp lớn nhất và nhỏ nhất tại tiết diện cây chống:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} = \frac{0.51 \times 10^2}{2.51} + \frac{0.654 \times 10^4}{2.4} = 2745.32 \text{ (daN/cm}^2\text{)} > f_{yc} = 2300 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$
$$\sigma = \frac{N}{A} - \frac{M}{W_x} = \frac{0.51 \times 10^2}{2.51} - \frac{0.654 \times 10^4}{2.4} = 2704.68 \text{ (daN/cm}^2\text{)} > f_{yc} = 2300 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

Kiểm tra điều kiện ứng suất pháp lớn nhất và nhỏ nhất tại tiết diện giằng chéo:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} = \frac{0.85 \times 10^2}{0.628} + \frac{0.009 \times 10^4}{0.3} = 435.35 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \leq f_{yc} = 2300 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$
$$\sigma = \frac{N}{A} - \frac{M}{W_x} = \frac{0.85 \times 10^2}{0.628} - \frac{0.009 \times 10^4}{0.3} = 164.65 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \leq f_{yc} = 2300 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

$$\frac{\sigma_{\max(\min)}}{f_{yc}} = \frac{435.35}{2300} \times 100 = 18.93\% \rightarrow \text{Tận dụng 18.93\%}$$

sự làm việc của của vật liệu.

Bảng 4.7: Nội lực trong hệ chống – giằng giàn giáo thường

Giàn giáo thường					
Dạng kết cấu	Δ (mm)	Hệ	Đặc điểm nội lực	σ	$\frac{\sigma}{[\sigma]}$ (%)
	1.85	Cây chống	$M_{\max}$ $N_{\min}$	948.99	41.26
			$M_{\min}$ $N_{\max}$	76.00	3.30
			M_0 $N_{\max}$	1.49	0.07
		Giằng ngang	$M_{\max}$ $N_{\min}$	203.19	8.83
			$M_{\min}$ $N_{\max}$	236.52	10.28
			M_0 $N_{\max}$	89.66	3.90

Đối với giàn giáo thường, quy định về việc có đầy đủ hai cây giằng chéo là bắt buộc nên sẽ không thể tối ưu về hệ giằng (trừ việc thay đổi khoảng cách các điểm giằng làm thay đổi chiều dài làm việc của giàn giáo, từ đó tăng tính ổn định).

4.2.3. Giàn giáo Ring Lock

Giàn giáo thường					
Dạng kết cấu	Δ (mm)	Hệ	Đặc điểm nội lực	σ	$\frac{\sigma}{[\sigma]}$ (%)
	1.85	Cây chống	$M_{\max}$ $N_{\min}$	948.99	41.26
			$M_{\min}$ $N_{\max}$	76.00	3.30
			M_0 $N_{\max}$	1.49	0.07
		Giằng ngang	$M_{\max}$ $N_{\min}$	203.19	8.83
			$M_{\min}$ $N_{\max}$	236.52	10.28
			M_0 $N_{\max}$	89.66	3.90

Hình 4.3: Hệ chống – giằng thông thường giàn giáo Ringlock

Kiểm tra chuyển vị đứng:

$$\Delta = 1.65 \text{ (mm)} < \frac{H}{300} = \frac{2500}{300} = 8.33 \text{ (mm)}$$

Kiểm tra ứng suất:

Bảng 4.8: Các tổ hợp nội lực trong giàn giáo Ringlock

TH	Đặc điểm nội lực	Cây chống	Giằng ngang
1	M _{max} , N _{tr} , Q _{tr}	M (kN.m) N (kN)	M (kN.m) N (kN)
2	M _{min} , N _{tr} , Q _{tr}	-0.614 -0.060	-0.060 -0.048
3	N _{max} , M _{tr} , Q _{tr}	0.000 -0.200	0.024 -1.510

Kiểm tra điều kiện ứng suất pháp lớn nhất và nhỏ nhất tại tiết diện cây chống:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_c} = \frac{0.06 \times 10^2}{4.52} + \frac{0.614 \times 10^4}{6.23} = 986.88 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \leq f_{yc} = 2300 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$
$$\sigma = \frac{N}{A} - \frac{M}{W_c} = \frac{0.06 \times 10^2}{4.52} - \frac{0.614 \times 10^4}{6.23} = -984.23 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \leq f_{yc} = 2300 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

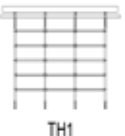
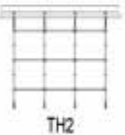
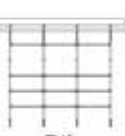
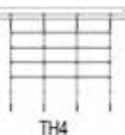
$\frac{\sigma_{max}}{f_{yc}} = \frac{986.88}{2300} \times 100 = 42.91\% \rightarrow$ Tận dụng 42.91% sức làm việc của của vật liệu.

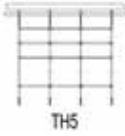
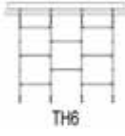
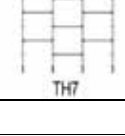
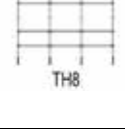
Kiểm tra điều kiện ứng suất pháp lớn nhất và nhỏ nhất tại tiết diện giằng ngang:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_c} = \frac{0.05 \times 10^2}{2.51} + \frac{0.048 \times 10^4}{2.4} = 201.99 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \leq f_{yc} = 2300 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$
$$\sigma = \frac{N}{A} - \frac{M}{W_c} = \frac{0.05 \times 10^2}{2.51} - \frac{0.048 \times 10^4}{2.4} = -198.01 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \leq f_{yc} = 2300 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

$\frac{\sigma_{max}}{f_{yc}} = \frac{201.99}{2300} \times 100 = 8.78\% \rightarrow$ Tận dụng 8.78% sức làm việc của của vật liệu.

Bảng 4.9: Các TH tối ưu giàn giáo Ringlock

Giàn giáo Ring Lock					
Dạng kết cấu	Δ (mm)	Hệ	Đặc điểm nội lực	σ	$\frac{\sigma}{[\sigma]}$ (%)
 TH1	1.65	Cây chống	M _{max} N _{tr}	986.88	42.91
			M _{min} N _{tr}	96.53	4.20
			M _{tr} N _{max}	4.42	0.19
			M _{tr} N _{min}	201.99	8.78
			M _{tr} N _{tr}	230.36	10.02
		Giằng ngang	M _{max} N _{tr}	160.56	6.96
			M _{min} N _{tr}	1011.17	43.96
			M _{tr} N _{max}	54.29	2.36
			M _{tr} N _{min}	3.31	0.14
			M _{tr} N _{tr}	222.42	9.67
 TH2	1.77	Cây chống	M _{max} N _{tr}	54.29	2.36
			M _{min} N _{tr}	3.31	0.14
			M _{tr} N _{max}	222.42	9.67
			M _{tr} N _{min}	246.63	10.72
			M _{tr} N _{tr}	52.91	52.92
		Giằng ngang	M _{max} N _{tr}	1004.31	43.67
			M _{min} N _{tr}	38.74	1.68
			M _{tr} N _{max}	3.31	0.15
			M _{tr} N _{min}	193.65	8.42
			M _{tr} N _{tr}	222.03	9.65
 TH3	2.20	Cây chống	M _{max} N _{tr}	1000.38	43.50
			M _{min} N _{tr}	83.68	3.64
			M _{tr} N _{max}	3.31	0.15
			M _{tr} N _{min}	257.42	11.20
			M _{tr} N _{tr}	278.25	12.10
		Giằng ngang	M _{max} N _{tr}	278.25	12.10
			M _{min} N _{tr}	278.25	12.10
			M _{tr} N _{max}	278.25	12.10
			M _{tr} N _{min}	278.25	12.10
			M _{tr} N _{tr}	278.25	12.10
 TH4	2.90	Cây chống	M _{max} N _{tr}	1000.38	43.50
			M _{min} N _{tr}	83.68	3.64
			M _{tr} N _{max}	3.31	0.15
			M _{tr} N _{min}	257.42	11.20
			M _{tr} N _{tr}	278.25	12.10
		Giằng ngang	M _{max} N _{tr}	278.25	12.10
			M _{min} N _{tr}	278.25	12.10
			M _{tr} N _{max}	278.25	12.10
			M _{tr} N _{min}	278.25	12.10
			M _{tr} N _{tr}	278.25	12.10

 TH5	2.60	Cây chống	M _{max} N _{tr}	222.26	9.66
			M _{min} N _{tr}	993.52	43.20
			M _{tr} N _{max}	88.22	3.84
			M _{tr} N _{min}	3.31	0.15
			M _{tr} N _{tr}	220.83	9.60
		Giằng ngang	M _{max} N _{tr}	250.00	10.87
			M _{min} N _{tr}	188.92	8.21
			M _{tr} N _{max}	1055.90	45.91
			M _{tr} N _{min}	40.79	1.77
			M _{tr} N _{tr}	3.54	0.15
 TH6	3.00	Cây chống	M _{max} N _{tr}	278.80	12.12
			M _{min} N _{tr}	332.96	14.48
			M _{tr} N _{max}	166.83	7.25
			M _{tr} N _{min}	1185.25	54.53
			M _{tr} N _{tr}	175.18	7.62
		Giằng ngang	M _{max} N _{tr}	313.14	13.62
			M _{min} N _{tr}	174.95	7.61
			M _{tr} N _{max}	991.97	43.13
			M _{tr} N _{min}	85.07	3.7
			M _{tr} N _{tr}	3.76	0.16
 TH7	3.30	Cây chống	M _{max} N _{tr}	194.05	8.44
			M _{min} N _{tr}	222.42	9.67
			M _{tr} N _{max}	168.094	
			M _{tr} N _{min}		
			M _{tr} N _{tr}		
		Giằng ngang	M _{max} N _{tr}		
			M _{min} N _{tr}		
			M _{tr} N _{max}		
			M _{tr} N _{min}		
			M _{tr} N _{tr}		
 TH8	2.40	Cây chống	M _{max} N _{tr}		
			M _{min} N _{tr}		
			M _{tr} N _{max}		
			M _{tr} N _{min}		
			M _{tr} N _{tr}		
		Giằng ngang	M _{max} N _{tr}		
			M _{min} N _{tr}		
			M _{tr} N _{max}		
			M _{tr} N _{min}		
			M _{tr} N _{tr}		

công bên dưới cũng như tiết kiệm lượng thanh giằng sử dụng.

Đối với giàn giáo Ringlock: Bố trí hệ giằng như TH2 và TH7 là tối ưu. Đối với TH7, việc bố trí hệ giằng so le giúp tận dụng khả năng chịu lực của vật liệu; đối với TH2, việc bố trí giằng cách tầng hầu như không làm nội lực lớn nhất thay đổi nhưng sẽ giúp tiết kiệm lượng thanh giằng sử dụng cũng như tối ưu không gian sử dụng.

Lời cảm ơn

Bài báo này được tài trợ bởi đề tài nghiên cứu sinh viên mã số SV2022-68 của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM năm 2022. Nghiên cứu này xin được gửi lời cảm ơn đến các công ty xây dựng đã hỗ trợ cho công tác thực nghiệm của nghiên cứu.

Tài liệu tham khảo:

- [1] Sách giáo khoa Vật lý 10 - Bộ Giáo dục & Đào tạo
- [2] TCVN 5575:2012 Kết cấu thép – tiêu chuẩn thiết kế
- [3] Catalogue giàn giáo nôm Công ty giàn giáo xây dựng Phú Hưng
- [4] Catalogue giàn giáo thường Công ty TNHH giàn giáo Việt Nam (VnSC)
- [5] Catalogue giàn giáo ringlock, giàn giáo xây dựng Đức Tài
- [6] Báo Nghệ An, “Những vụ sập giàn giáo khiến dư luận bàng hoàng”, 2015
- [7] Catalogue xe bơm bê tông Trailer-Mounted Concrete pum SYM5123 THB - 9018C-6S(R)



Hiện nay, an toàn lao động khi thi công công trình nhà cao tầng luôn là vấn đề nhức nhối đối với tất cả các dự án