

# Lựa chọn phương án thiết kế hệ đỡ giàn giáo bao che bằng phân tích thứ bậc phân cấp (AHP)

Selecting the alternatives of support system for scaffoldings covering building projects using Analytic Hierarchy Process (AHP)

> NGUYỄN THANH TRÚC<sup>1</sup>, PGS.TS HÀ DUY KHÁNH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SV Khoa Xây dựng, Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

<sup>2</sup>GV Khoa Xây dựng, Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM,  
Email: khanhhd@hcmute.edu.vn)

## TÓM TẮT:

Trong nhiều năm qua, các công trình xây dựng thường hay xảy ra tai nạn do hệ giàn giáo không đảm bảo. Có những tai nạn gây ra hậu quả rất lớn về kinh tế và thậm chí là chết người. Khi thi công nhà nhiều tầng, hệ thống giàn giáo bao che được sử dụng với mục đích hoàn thiện và đảm bảo an toàn công trình. Hiện có hai phương án thi công hệ đỡ của giàn giáo này là có cáp và không cáp. Mỗi phương án trên có ưu và nhược điểm khác nhau. Các tiêu chí chính dùng để lựa chọn phương án gồm kỹ thuật, tiến độ và chi phí. Trước tiên, nghiên cứu này tính toán thiết kế hệ đỡ giàn giáo cho một trường hợp điển hình. Sau đó, sử dụng phương pháp thứ bậc phân cấp (AHP) để so sánh lựa chọn phương án theo 03 tiêu chí trên. Kết quả phân tích cho thấy phương án có cáp có khả năng lựa chọn 66.5% và phương án không có cáp là 33.5%. Ngoài ra, kết quả phân tích độ nhạy cho thấy phương án có cáp luôn luôn được lựa chọn trừ các trường hợp sau: (1) giá trị kỹ thuật dưới 40.5%, và (2) giá trị chi phí dưới 3.9%.

**Từ khóa:** Giàn giáo; hệ đỡ; phân tích thứ bậc phân cấp; xây dựng

## ABSTRACT:

In recent years, construction works often have had accidents due to inadequate scaffolding systems. Some accidents have caused enormous economic and human consequences. When constructing a multi-story building, the scaffolding system is used to ensure the safety and finishing of the work. There are two construction options for this scaffolding system: cable and no cable. Each of the above options has different advantages and disadvantages. The criteria used to select options include technique, schedule, and cost. First, this study designs the scaffolding support system for a typical case. Then, the analytic hierarchy process (AHP) method compares the selection of options according to the three criteria above. The analysis results show that the with-cable option has 66.5% of the selection potential, and the without-cable option is 33.5%. In addition, the sensitivity analysis results show that the with-cable option is always selected except for the following cases: (1) technique value below 40.5%, and (2) cost value below 3.9%.

**Keywords:** Scaffolding, bracket; Analytic Hierarchy Process; construction

## 1. GIỚI THIỆU

Hệ đỡ Bracket là hệ thống để đỡ giàn giáo bao che xung quanh bên ngoài các công trình xây dựng để đảm bảo an toàn tuyệt đối trong quá trình thi công công trình. Giàn giáo bao che là một hệ thống giàn giáo vững chắc, được sử dụng để hỗ trợ con người, cũng như các vật liệu xây dựng khi làm việc trong độ cao lớn, vượt qua phạm vi con người. Để giữ cho giàn giáo bên trên vững chắc thì cần hệ đỡ bên dưới đủ khả năng chịu lực, đa số các sự cố do giàn giáo bao che đều liên quan đến hệ đỡ, cụ thể là dầm I neo vào dầm biên công trình. Dầm I là phụ kiện quan trọng trong hệ giàn giáo bao che, chuyên dùng đỡ khung giàn giáo bao che bên ngoài công trình.

Hiện nay, vấn đề an toàn lao động trong việc thi công xây dựng các công trình nhà cao tầng là vấn đề rất được quan tâm. Khi sự cố trong giàn giáo xây dựng ngày càng gia tăng, đòi hỏi các nhà thầu phải lưu tâm đến vấn đề giàn giáo tại các công trường. Giàn giáo bao che bên ngoài công trình là thiết bị xây dựng hết sức cần thiết trong xây dựng, nó quyết định đến độ an toàn của công trình, đặc biệt là đối với các tòa nhà cao tầng. Bởi công trình cao tầng luôn tiềm ẩn những nguy cơ về an toàn lao động. Các công trình dân dụng cao tầng, có yêu cầu thực hiện các công đoạn thi công hoàn thiện như: xây, tô, trát bột, sơn nước, lắp dựng cửa,... Trong đó yêu cầu sử dụng hệ giàn giáo bao che quanh công trình để đảm bảo an toàn lao động và thuận lợi trong quá trình thi công.

Trong quá trình thi công xây dựng công trình, việc lựa chọn phương án thiết kế phù hợp với công trình quyết định tới thành công của dự án. Chúng ta thường xuyên đứng trước việc phải so sánh các phương án thiết kế khác nhau trong một công trình để tìm ra phương án tối ưu nhất. Có rất nhiều tiêu chí được đưa ra để so sánh như: kỹ thuật, chi phí, tiến độ, an toàn,... Trong các tiêu chí đưa ra, có rất nhiều tiêu chí khó hoặc không định lượng được do không có đầy đủ số liệu cụ thể. Phương pháp phân tích thứ bậc phân cấp (Analytical Hierarchy Process-AHP) là một phương pháp phân tích định lượng, thay vì yêu cầu một khối lượng dữ liệu lớn nó chỉ sử dụng ý kiến đánh giá của các chuyên gia mà không cần quá nhiều dữ liệu bằng số. Do đó, mục đích chính của nghiên cứu này là xây dựng mô hình lựa chọn phương án thiết kế đảm bảo hệ giàn giáo cho công trình xây dựng bằng phân tích thứ bậc phân cấp AHP.

**2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN HỆ ĐỠ GIÀN GIÁO**

Hệ bracket bao gồm dầm I, bu lông, ty chuẩn, giàn giáo, lưới bao che,... được tính toán thỏa mãn các điều kiện sau:

❖ **Kiểm tra dầm I**

- Kiểm tra độ bền chịu uốn:  $\sigma = \frac{M_{max}}{W_x} < \gamma_c f$  (2.1)

Trong đó:

$M_{max}$ : Momen lớn nhất trong dầm

$W_x$ : Momen kháng uốn của dầm I

$\gamma_c$ : Hệ số điều kiện làm việc của thép

f: Cường độ tính toán chịu kéo của thép

- Kiểm tra độ bền chịu cắt:  $\tau = \frac{Q_{max} \times S_x}{t_w \times I_x} < \gamma_c f_v$  (2.2)

Trong đó:

$Q_{max}$ : Lực cắt lớn nhất trong dầm

$S_x$ : Momen tĩnh của diện tích bị cắt đối với trục trung hòa

$t_w$ : Bề rộng cánh tiết diện chữ I

$I_x$ : Momen quán tính

$\gamma_c$ : Hệ số điều kiện làm việc của thép

$f_v$ : Cường độ tính toán chịu cắt của thép

- Ứng suất tương đương:  $\sigma_{td} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} < 1.15\gamma_c f$

Trong đó:

$\sigma$ : Ứng suất pháp tại điểm cần tính

$\tau$ : Ứng suất tiếp tại điểm cần tính

$\gamma_c$ : Hệ số điều kiện làm việc của thép

f: Cường độ tính toán chịu kéo của thép

- Độ võng lớn nhất:  $f_{max} < [f] = L/150$  (2.3)

Trong đó:

$f_{max}$ : Độ võng lớn nhất của dầm

[f]: Độ võng cho phép của dầm

❖ **Kiểm tra đường hàn**

- Xác định chiều cao đường hàn:  $h_{fmin}, h_{fmax} = 1.2t_{min}$

- Kiểm tra cường độ đường hàn:  $\tau = \sqrt{\tau_V^2 + \tau_M^2} < \gamma_c f_{wf}$

Trong đó:

$\tau_V$ : Ứng suất tiếp do lực cắt gây ra,  $\tau_V = \frac{V}{2(\beta_f h_f) l_w}$

$\tau_M$ : Ứng suất tiếp do momen gây ra,  $\tau_M = \frac{M}{W_p} = \frac{P \times a}{2(\beta_f h_f) \frac{l_w^2}{6}}$

V: Lực cắt trong đường hàn

$\beta_f$ : Hệ số đường hàn

$h_f$ : Chiều cao đường hàn

$l_w$ : Chiều dài đường hàn

❖ **Kiểm tra bu lông**

- Khả năng chịu kéo của một bulong:  $[N]_{tb} = f_{tb} \times A_{bn}$

Trong đó:

$f_{tb}$ : Cường độ tính toán chịu kéo của bu lông

$A_{bn}$ : Tiết diện thực của thân bu lông (đã trừ giảm yếu do ren)

- Lực kéo của một bulong:  $N = \frac{M}{l} < [N]_{tb}$

Trong đó:

M: Momen tác dụng vào bu lông

l: khoảng cách giữa các bu lông trên 1 hàng

- Khả năng chịu cắt của một bulong:  $[N]_{cb} = \gamma_b \times f_{vb} \times A_b \times n_v$

Trong đó:

$\gamma_b$ : Hệ số điều kiện làm việc

$f_{vb}$ : Cường độ tính toán chịu cắt của bu lông

$A_b$ : Tiết diện của thân bu lông (không trừ giảm yếu do ren)

$n_v$ : Số mặt phẳng cắt qua thân bu lông

- Khả năng chịu ép mặt của một bulong:

$[N]_{cb} = \gamma_b \times f_{cb} \times d \times \left(\sum t\right)_{min}$

Trong đó:

$\gamma_b$ : Hệ số điều kiện làm việc

$f_{cb}$ : Cường độ tính toán chịu ép mặt của bu lông

d: Đường kính bu lông

$\left(\sum t\right)_{min}$ : Tổng chiều dày nhỏ nhất của các tấm thép bị ép mặt

cùng phía

- Lực cắt tác dụng lên một bulong:

$N = \frac{V}{n} < [N]_{bmin} = \min([N]_{cb}, [N]_{tb})$

Trong đó:

V: Lực cắt tác dụng vào bu lông

n: Số bu lông

❖ **Kiểm tra ty chuẩn**

- Kiểm tra bám dính giữa bê tông và ty chuẩn:

$T_{tb} = \frac{N}{\pi \times d \times l} < T_{max} = \frac{R_b}{m}$

Trong đó:

N: Lực kéo tác dụng vào ty chuẩn

d: Đường kính của ty chuẩn

l: Chiều dài ngấp sâu của ty chuẩn vào bê tông

$T_{max}$ : Cường độ chịu kéo của ty chuẩn

$R_b$ : Cường độ chịu nén của bê tông

m: Hệ số phụ thuộc vào bề mặt ty chuẩn

❖ **Kiểm tra cáp**

$Q_c < [T]$  (2.4)

Trong đó:

$Q_c$ : Lực kéo tác dụng vào cáp

[T]: Lực kéo giới hạn của cáp

Tính toán dầm I trường hợp không cáp khác với trường hợp có cáp về sơ đồ tính và không cần kiểm tra cáp, còn lại cả 2 trường hợp có cáp và không cáp đều phải kiểm tra các điều kiện tính toán đã nêu trên.

**3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

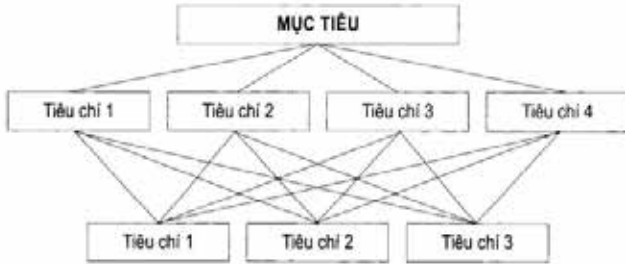
**3.1. Cách tiếp cận**

Khảo sát và tính toán thiết kế hệ Bracket cho một dự án nhà nhiều tầng điển hình với 2 trường hợp có cáp và không có cáp. Từ

đó ghi nhận số liệu và tiến hành so sánh sự làm việc của dầm Bracket chữ I theo các tiêu chí yêu cầu của công trình. Nghiên cứu này khảo sát chuyên gia và lựa chọn phương án thiết kế bằng phần mềm Expert Choice. Các bước tính toán của AHP như sau:

➤ **Bước 1:** Thiết lập cây cấu trúc phân tích [2]

Trước khi thiết lập cây cấu trúc cần tiến hành phân rã vấn đề thành các thành phần nhỏ, cây phân cấp AHP sẽ được dựa trên các tiêu chí và các khả năng lựa chọn. Việc thiết lập cây cấu trúc phân tích nhằm xác định các chỉ tiêu đặc trưng cho các phương án lựa chọn, các tiêu chí cần được sự đồng thuận của các chuyên gia.



Hình 1. Cây cấu trúc phân tích AHP [1]

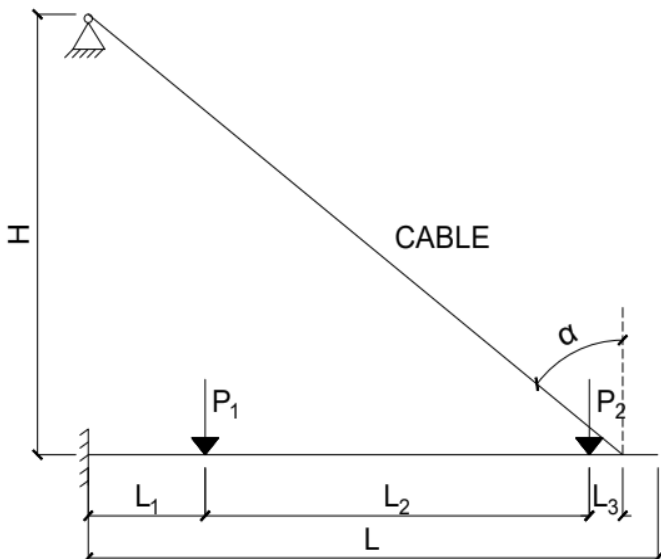
Dưới đây là thang điểm so sánh mức độ ưu tiên (mức độ quan trọng) của các chỉ tiêu [3]:

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
—	—	—	—	—	—	—	—	—
Vô cùng ít quan trọng	Rất ít quan trọng	ít quan trọng hơn	ít quan trọng hơn	quan trọng như nhau	quan trọng hơn	quan trọng nhiều hơn	Rất quan trọng hơn	Vô cùng quan trọng hơn

➤ **Bước 4:** Mô hình AHP bằng Expert Choice [2]

Giá trị hữu ích tương đối của công trình theo mỗi phương án được xác định bằng cách nhân ma trận độ lớn tương đối của các chỉ tiêu, nghiên cứu này dùng phần mềm Expert Choice để lấy kết quả.

**3.2. Mô hình nghiên cứu**  
**3.2.1. Trường hợp có cáp**



Hình 2. Sơ đồ tính có cáp

❖ **Tải trọng**

➤ **Bước 2:** Lập bảng định lượng các tiêu chí [2]

Để việc so sánh các tiêu chí được rõ ràng cần lập bảng định lượng các tiêu chí bao gồm định nghĩa và giá trị của từng tiêu chí cụ thể.

➤ **Bước 3:** Xây dựng ma trận so sánh các tiêu chí [2]

Việc so sánh này được thực hiện giữa các cặp chỉ tiêu với nhau và tổng hợp lại thành một ma trận gồm n dòng và n cột (n là số chỉ tiêu). Phần tử  $a_{ij}$  thể hiện mức độ quan trọng của chỉ tiêu hàng  $i$  so với chỉ tiêu cột  $j$ .

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Mức độ quan trọng tương đối của chỉ tiêu  $i$  so với  $j$  được tính theo tỷ lệ  $k$  ( $k$  từ 1 đến 9), ngược lại của chỉ tiêu  $j$  so với  $i$  là  $1/k$ . Như vậy  $a_{ij} > 0$ ,  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ,  $a_{ii} = 1$ .

Bảng 1. Tính toán tải trọng tác dụng lên dầm I

Tải trọng	Công thức tính
Người và dụng cụ	$G_1 = g_1 \times S \times \frac{n}{2} \times \frac{1}{2}$
Giàn giáo	$G_2 = g_2 \times n$
Sàn thao tác	$G_3 = g_3 \times \frac{n}{2} \times 3$
Lưới	$G_4 = g_4 \times (n \times S_1 + 3 \times S_2)$
Giằng chéo	$G_5 = g_5 \times 2 \times n$
Cầu thang	$G_6 = g_6 \times \frac{n}{2}$
Tuýp giằng và cùm	$G_7 = g_7 \times n$

Trong đó:

$g_1$ : Tải trọng do người và dụng cụ thi công (theo tiêu chuẩn TCVN 296:2004)

$g_2$ : Tải trọng 1 khung giàn giáo

$g_3$ : Tải trọng bản thân sàn thao tác

$g_4$  là tải trọng bản thân lưới

$g_5$  là tải trọng bản thân giằng chéo

$g_6$  là tải trọng bản thân 1 vế cầu thang

$g_7$  là tải trọng bản thân tuýp giằng và cùm

$S$ : Diện tích truyền tải

$n$ : Số khung giàn giáo

$S_1$  là diện tích truyền tải của lưới bao che

$S_2$  là diện tích truyền tải của lưới hứng vật rơi (lắp cách nhịp 5 tầng khung)

❖ **Tính cáp**

- Lực kéo trong dây cáp trong công thức (2.4) được tính như sau:

$$Q_c = \frac{\left( P_1 L_1^2 + P_2 L_1^2 \right) \left( \frac{L_1}{3} + \frac{L_2}{2} + \frac{L_3}{2} \right) + P_2 L_2^2 \left( L_1 + \frac{L_2}{3} + \frac{L_3}{2} \right) + P_2 L_1 L_2 \left( L_3 + \frac{L_1}{2} \right)}{\frac{1}{3} \cos \alpha (L_1 + L_2 + L_3)^3}$$

❖ **Kiểm tra dầm I**

- Momen lớn nhất trong công thức (2.1) được tính như sau:

$$M_{\max} = \left| P_2^{tt} \times (L_1 + L_2) + P_1^{tt} \times L_1 - Q_c \times \cos \alpha \times (L_1 + L_2 + L_3) + W \times \frac{L^2}{2} \right|$$

Lực cắt lớn nhất trong công thức (2.2) được tính như sau:

$$Q_{\max} = \left| P_1^{tt} + P_2^{tt} - Q_c \times \cos \alpha + W \times L \right|$$

- Độ võng lớn nhất trong công thức (2.3) được tính như sau:

$$f_{\max} = |f_1 + f_2 + f_3 - f_4|$$

Với  $f_1 = \frac{P_1 L_1^2}{6EI} (3L - L_1)$ : Độ võng do  $P_1$  gây ra

$$f_2 = \frac{P_2 (L_1 + L_2)^2}{6EI} (3L - L_1 - L_2)$$

$$f_3 = \frac{WL^4}{8EI}$$

$$f_4 = \frac{Q_c \times \cos \alpha (L_1 + L_2 + L_3)^2}{6EI} (3L - L_1 - L_2 - L_3)$$

$Q_c$  gây ra

**3.2.2. Trường hợp không cáp**

❖ **Tải trọng:** Tính toán như trường hợp có cáp

❖ **Kiểm tra dầm I**

- Momen lớn nhất trong công thức (2.1) được tính như sau:

$$M_{\max} = P_2^{tt} \times (L_1 + L_2) + P_1^{tt} \times L_1 + W \times \frac{L^2}{2}$$

- Lực cắt lớn nhất trong công thức (2.2) được tính như sau:

$$Q_{\max} = \left| P_1^{tt} + P_2^{tt} + W \times L \right|$$

- Độ võng lớn nhất trong công thức (2.3) được tính như sau:

$$f_{\max} = f_1 + f_2 + f_3$$

Với  $f_1 = \frac{P_1 L_1^2}{6EI} (3L - L_1)$ : Độ võng do  $P_1$  gây ra

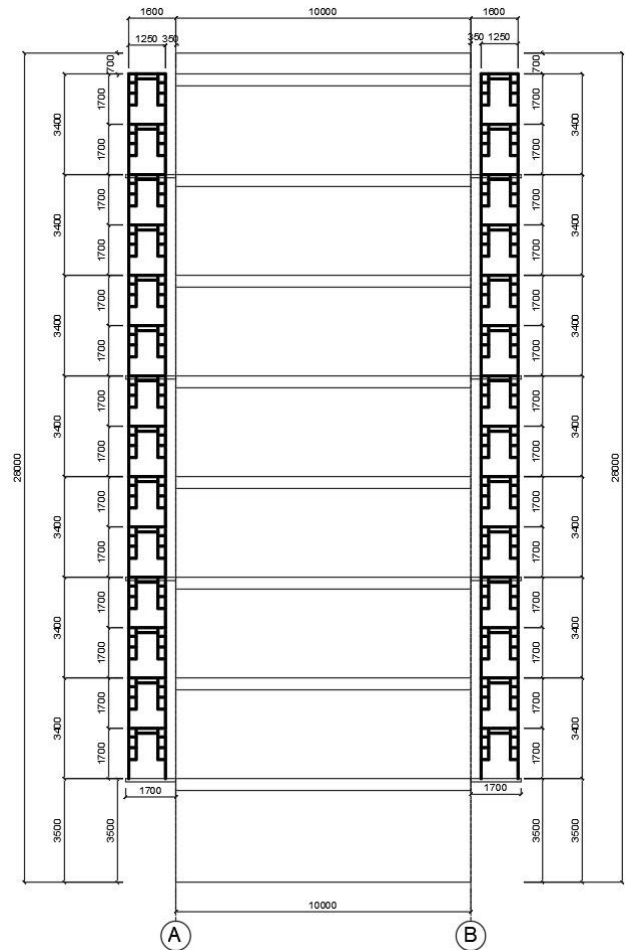
$$f_2 = \frac{P_2 (L_1 + L_2)^2}{6EI} (3L - L_1 - L_2)$$

$$f_3 = \frac{WL^4}{8EI}$$

**4. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH**

**4.1. Thiết kế hệ bracket điển hình**

Để hiểu và cụ thể hóa việc sử dụng phương pháp phân tích thứ bậc AHP để lựa chọn phương án thiết kế dầm I, nghiên cứu này tính toán cho công trình cụ thể dưới đây:



**Hình 3.** Mặt đứng công trình

Nghiên cứu này tính toán thiết kế dầm I với cả 2 trường hợp có cáp và không cáp như lý thuyết tính toán ở mục 2.1 và mục 3.1, từ đó lập bảng so sánh giá trị tính được của 2 trường hợp như sau:

**Bảng 2.** Giá trị tải trọng của hai phương án [4-6]

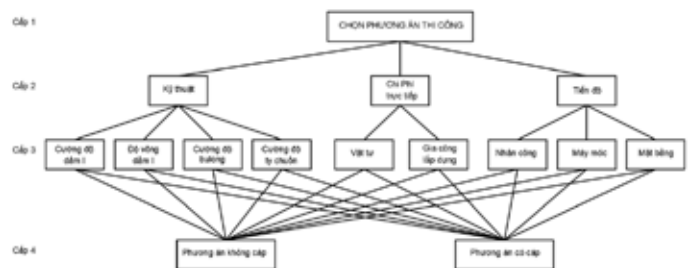
Giá trị phương án có cáp	Giá trị không có cáp
$G_1 = 16.41$ (kN)	$G_1 = 4.68$ (kN)
$G_2 = 1.75$ (kN)	$G_2 = 0.5$ (kN)
$G_3 = 2.058$ (kN)	$G_3 = 0.588$ (kN)
$G_4 = 0.041$ (kN)	$G_4 = 0.012$ (kN)
$G_5 = 0.672$ (kN)	$G_5 = 0.192$ (kN)
$G_6 = 1.407$ (kN)	$G_6 = 0.402$ (kN)
$G_7 = 0.56$ (kN)	$G_7 = 0.16$ (kN)
$P_1^{tc} = 11.43$ (kN)	$P_1^{tc} = 3.265$ (kN)
$P_1^{tt} = 13.39$ (kN)	$P_1^{tt} = 3.826$ (kN)
$P_2^{tc} = 11.45$ (kN)	$P_2^{tc} = 3.271$ (kN)
$P_2^{tt} = 13.41$ (kN)	$P_2^{tt} = 3.832$ (kN)

Bảng 3. Bảng giá trị tính toán hai phương án [4-6]

Tiêu chí		ĐK giới hạn	TH Có cấp	Tính tối ưu có cấp (%)	TH không cấp	Tính tối ưu không cấp (%)
Kiểm tra dầm I	Ứng suất pháp	21	2.033	9.68	3.982	18.96
	Ứng suất tiếp	12.18	1.503	12.34	0.829	6.81
	Điều kiện uốn cắt đồng thời	24.15	2.953	12.23	5.024	20.8
	Độ võng	1.133	0.07	6.18	0.129	11.39
Kiểm tra đường hàn bản mã	Ứng suất tiếp	18	7.61	42.28	14.803	82.24
Kiểm tra bu lông	Lực kéo bulong	40.32	14.318	35.51	28.049	69.57
	Lực cắt, ép mặt bulong	43.434	3.636	8.37	2.005	4.62
Kiểm tra bám dính ty chuẩn	Cường độ chịu kéo	0.288	0.091	31.6	0.179	62.15

#### 4.2. Kết quả phân tích AHP

Từ việc khảo sát ý kiến các chuyên gia, nghiên cứu này có được 3 tiêu chí chính gồm: kỹ thuật, chi phí trực tiếp, tiến độ và 9 tiêu chí phụ. Sau đó tiến hành mô hình AHP theo lý thuyết ở mục 2.2:



Hình 4. Sơ đồ cấu trúc phân tích AHP

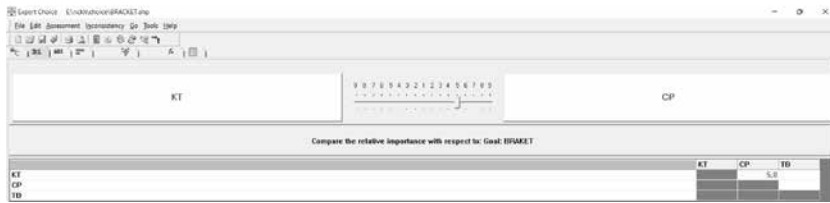
Từ kết quả mục 4.1, các tiêu chí của phương án có cấp và phương án không cấp được định lượng như sau:

Bảng 4. Bảng định lượng các tiêu chí cấp 2

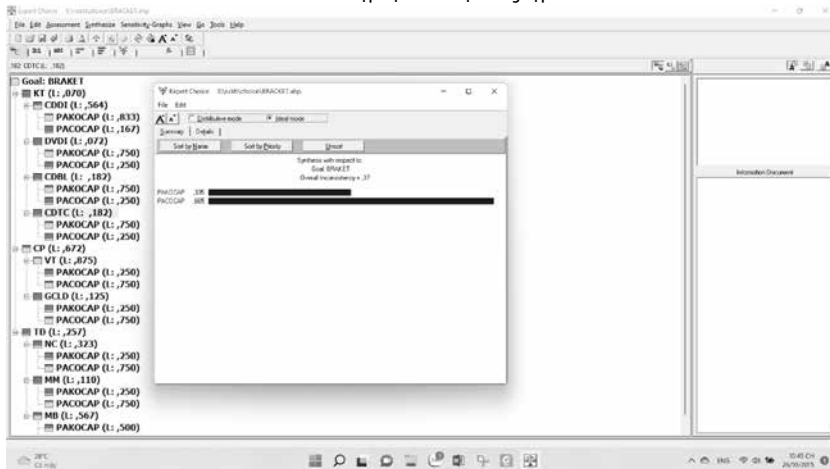
Kí hiệu	Tiêu chí	Định nghĩa	Giá trị	
			Phương án không cấp	Phương án có cấp
KT	Kỹ thuật	Đảm bảo sự hoạt động bình thường và sự an toàn của kết cấu	Chịu được tải trọng trung bình.	Chịu được tải trọng lớn.
CP	Chi phí trực tiếp	Số tiền phải trả cho vật tư, máy móc, gia công lắp dựng	Tốn chi phí hơn do lắp đặt nhiều tầng I vì khả năng chịu lực trung bình.	Tầng I chịu được nhiều tầng giàn giáo nhưng tốn thêm chi phí lắp đặt cáp.
TD	Tiến độ	Thời gian thi công phụ thuộc vào nhân công, máy móc, mặt bằng	Tốn nhiều thời gian hơn do lắp đặt nhiều tầng I.	Tốn thời gian lắp thêm cáp nhưng số tầng I ít hơn.

Bảng 5. Bảng định lượng các tiêu chí cấp 3

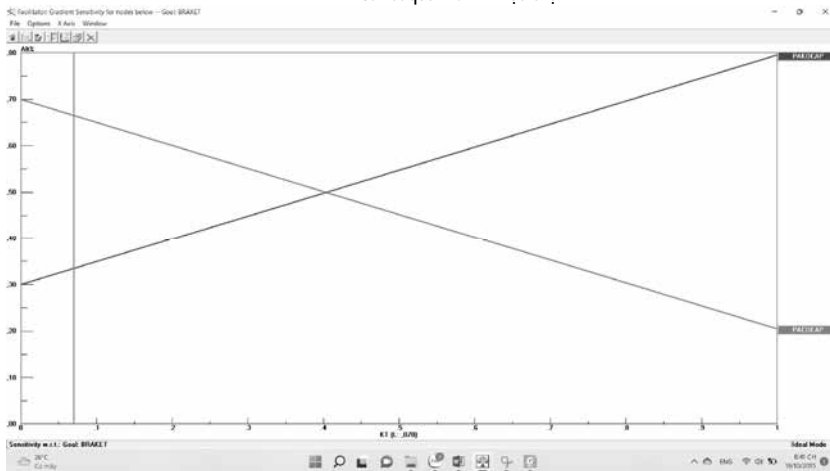
Kí hiệu	Tiêu chí	Định nghĩa	Giá trị	
			Phương án có cấp	Phương án không cấp
CDDI	Cường độ dầm I	Khả năng chịu lực của dầm I	12.23%	20.8%
DVDI	Độ võng dầm I	Chuyển vị của dầm I theo phương thẳng đứng	6.18%	11.39%
CDBL	Cường độ bulong	Khả năng chịu kéo, cắt, ép mặt của bulong liên kết giữa dầm I và dầm bê tông	35.51%	69.57%
CDTC	Cường độ ty chuẩn	Cường độ chịu kéo của ty chuẩn với bê tông	31.6%	62.15%
VT	Vật tư	Các loại vật liệu sử dụng trong quá trình thi công	1,046,978,000vnd	1,586,258,000vnd
GCLD	Gia công lắp dựng	Nhân công, máy móc và quá trình lắp dựng sử dụng trong quá trình thi công	58,809,000vnd	72,489,000vnd
NC	Nhân công	Sức lao động trong quá trình thi công	Tốn nhiều nhân công hơn do lắp đặt nhiều tầng I	Tốn nhân công lắp cáp
MM	Máy móc	Các loại thiết bị sử dụng trong quá trình thi công	-	Thêm máy móc lắp đặt dây cáp
MB	Mặt bằng	Là khoảng không gian của công trình để là khoảng trống đặt vật tư trong quá trình thi công	-	-



Hình 5. Nhập hệ số ma trận từng cặp tiêu chí



Hình 6. Kết quả mô hình lựa chọn



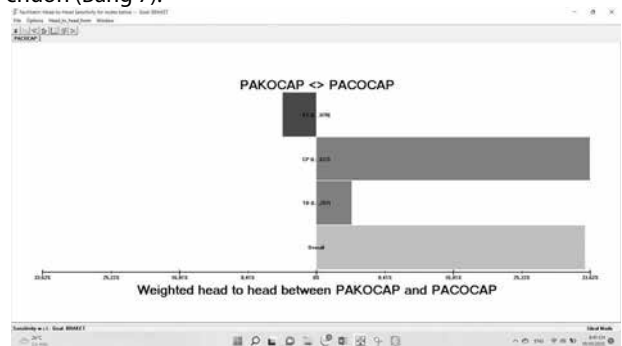
Hình 7. Đồ thị phân tích độ nhạy mức độ tăng giảm của tiêu chí

Sau khi có bảng định lượng, nghiên cứu khảo sát chuyên gia để so sánh mức độ ưu tiên (mức độ quan trọng) của các chỉ tiêu từ đó có được hệ số ma trận theo từng cặp và nhập vào phần mềm Expert Choice.

Qua phần mềm Expert Choice, ta thấy được phương án có cấp (66.5%) tối ưu hơn phương án không cấp (33.5%)

Một chức năng vô cùng hữu ích của phần mềm Expert Choice là phân tích độ nhạy của các chỉ tiêu đối với mỗi phương án thi công. Cụ thể có 2 trường hợp xảy ra: khi tiêu chí biến thiên thì sự lựa chọn phương án thay đổi và khi tiêu chí biến thiên thì sự lựa chọn phương án vẫn không đổi. Kết quả nghiên cứu này cho thấy khi kỹ thuật có giá trị khoảng 40.5% từ phương án có cấp chuyển sang chọn phương án không cấp (Bảng 6). Khi chi phí trực tiếp có giá trị khoảng 3.9% từ phương án không cấp chuyển sang chọn phương án có cấp (Bảng 6). Các tiêu chí luôn chọn phương án có cấp gồm tiến độ, độ võng dầm I, vật tư, gia công lắp dựng, nhân công, máy móc, mặt bằng (Bảng 7). Các tiêu chí luôn chọn phương

án không có cấp gồm cường độ dầm I, cường độ bulong, cường độ ty chuẩn (Bảng 7).



Hình 8. Đồ thị phân tích độ nhạy sự khác biệt giữa 2 tiêu chí

❖ Trường hợp 1: Tiêu chí biến thiên thì phương án thi công thay đổi

Bảng 6. Phân tích độ nhạy của tiêu chí biến thiên thì phương án thi công thay đổi

Tiêu chí	Phương án	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
KT	PAKOCAP	30	35	39.9	49.9	54.8	59.6	59.8	64.7	69.7	74.5	79.5
	PACOCAP	70	65	60.1	59.1	45.2	40.4	40.2	35.3	30.3	25.5	20.5
CP	PAKOCAP	50.9	48.3	45.6	43	40.7	38	35.3	32.3	30.3	27.6	25
	PACOCAP	49.1	51.7	54.4	57	59.3	62	64.7	67.7	69.7	72.4	75

**Trường hợp 2: Tiêu chí biến thiên nhưng phương án thi công không đổi**

Bảng 7. Phân tích độ nhạy của tiêu chí biến thiên nhưng phương án thi công không đổi

Tiêu chí	Phương án	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
TĐ	PAKOCAP	30.7	31.8	32.8	33.9	35.1	36.1	37.1	38.4	39.5	40.5	41.6
	PACOCAP	69.3	68.2	67.2	66.1	64.9	63.9	62.9	61.6	60.5	59.5	58.4
CDDI	PAKOCAP	74.5	75.4	76.2	77.1	78.1	78.9	79.7	80.8	81.7	82.5	83.3
	PACOCAP	25.5	24.6	23.8	22.9	21.9	21.1	20.3	19.2	18.3	17.5	16.7
DVDI	PAKOCAP	79.8	79.4	78.8	78.3	77.8	78.9	77.4	76.6	76.1	75.5	75
	PACOCAP	20.2	20.6	21.2	21.7	22.2	21.1	22.6	23.4	23.9	24.5	25
CDBL	PAKOCAP	80.5	79.9	79.3	78.7	78.4	77.7	77.1	76.8	76.2	75.5	75
	PACOCAP	19.5	20.1	20.7	21.3	21.6	22.3	22.9	23.2	23.8	24.5	25
CDTC	PAKOCAP	80.5	79.9	79.3	78.7	78.4	77.7	77.1	76.8	76.2	75.5	75
	PACOCAP	19.5	20.1	20.7	21.3	21.6	22.3	22.9	23.2	23.8	24.5	25
VT	PAKOCAP	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	PACOCAP	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
GCLD	PAKOCAP	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	PACOCAP	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
NC	PAKOCAP	49.5	47	44.4	42	39.8	37.2	34.7	32.5	30	27.4	25
	PACOCAP	50.5	53	55.6	58	60.2	62.8	65.3	67.5	70	72.6	75
MM	PAKOCAP	43.6	41.8	39.8	37.9	36.3	34.3	32.3	30.7	28.8	26.9	25
	PACOCAP	56.4	58.2	60.2	62.1	63.7	65.7	67.7	69.3	71.2	73.1	75
MB	PAKOCAP	30.5	32.5	34.3	36.3	38.4	40.3	42.1	44.2	46.2	48.1	50
	PACOCAP	69.5	67.5	65.7	63.7	61.6	59.7	57.9	55.8	53.8	51.9	50

Bảng 8. Bảng tổng kết phân tích độ nhạy các tiêu chí

Tiêu chí	Kết quả chọn phương án
Kỹ thuật	Khi kỹ thuật có giá trị khoảng 40.5% từ phương án có cấp chuyển sang chọn phương án không cấp.
Chi phí trực tiếp	Khi chi phí trực tiếp có giá trị khoảng 3.9% từ phương án không cấp chuyển sang chọn phương án có cấp.
Tiến độ	Luôn chọn phương án có cấp
Cường độ dầm I	Luôn chọn phương án không cấp
Độ võng dầm I	Luôn chọn phương án có cấp
Cường độ bu lông	Luôn chọn phương án không cấp
Cường độ ty chuẩn	Luôn chọn phương án không cấp
Vật tư	Luôn chọn phương án có cấp
Gia công lắp dựng	Luôn chọn phương án có cấp
Nhân công	Luôn chọn phương án có cấp
Máy móc	Luôn chọn phương án có cấp
Mặt bằng	Luôn chọn phương án có cấp

**5. KẾT LUẬN**

Việc lựa chọn phương án thiết kế dầm I đỡ hệ giàn giáo bao che gồm nhiều yếu tố tác động như kỹ thuật, chi phí, tiến độ,... Về mặt kỹ thuật thì trường hợp không cấp khả năng chịu lực tốt hơn nhưng chi phí thi công lại tốn kém hơn so với trường hợp có cấp. Nghiên cứu này đã phân tích, xác định 3 tiêu chí chính và 9 tiêu chí phụ ảnh hưởng đến phương án thi công và mức độ quan trọng của từng tiêu chí để lựa chọn phương án thi công tối ưu nhất. Thông qua phương pháp phân tích thứ bậc phân cấp (AHP) cụ thể là phần mềm Expert Choice đã xác định được phương án tối ưu nhất và hiệu quả nhất đó là phương án có cấp (66.5%).

**Lời cảm ơn**

Bài báo này được tài trợ bởi đề tài NC khoa học sinh viên mã số SV2022-70 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 cung cấp số liệu và đóng góp ý kiến.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Lê Hải Quân (2021), “Áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để lựa chọn phương án thi công xây dựng”, Tạp chí Cầu Đường Việt Nam, Số 4/2021, tr. 16-20.
- [2] Trần Ngọc Hiếu Ân (2018), “Lựa chọn nhà cung cấp cốt pha, cốt thép và bê tông cho công trình xây dựng sử dụng quy trình phân cấp thứ bậc AHP”, Luận văn thạc sĩ xây dựng dân dụng và công nghiệp, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM, 10/2018.
- [3] Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill, NY.
- [4] Tài liệu hướng dẫn tính toán giàn giáo bao che. Phòng Kỹ thuật, Công ty Tập đoàn Xây dựng Hòa Bình, 2015.
- [5] Hồ sơ kỹ thuật Công trình: Trung tâm thương mại Co.op Mart Cần thơ (khởi khách sạn). Phòng Kỹ thuật, Tổng Công ty Xây dựng Số 1 (CC1), 2020.
- [6] Hồ sơ kỹ thuật Công trình: Khu căn hộ HT-Ngọc Châu, Phòng Kỹ thuật, Công ty CP Đầu tư Xây dựng COTECCONS, 2020.