NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG THUẬT TOÁN TỐI ƯU HÓA DIỆN TÍCH CHỊU LỰC CỦA CỘT CHỐNG TRONG THI CÔNG SÀN BẰNG TỔ HỢP ĐÀ GIÁO VÁN KHUÔN

Từ Sỹ Quân[1]*, Nguyễn Quang Thuận[2], Nguyễn Hải Thanh[3]

Tóm tắt: *Việc tối ưu hóa số lượng thiết bị trong công tác thi công có ý nghĩa rất quan trọng, đặc biệt khi khối lượng thi công lớn, vị trí thi công nằm xa bãi tập kết, làm tăng giá thành vận chuyển, tăng số giờ thao tác của công nhân. Để thi công một ô sàn có rất nhiều phương án lắp đặt thiết bị. Việc lựa chọn thiết bị đôi khi khó khăn, do phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: đặc điểm hình học của ô sàn, thói quen thi công, số lượng dầm và cột chống sẵn có dưới bãi tập kết, năng lực tài chính của nhà đầu tư, yêu cầu về chất lượng và tiến độ…Cho nên việc phát triển một thuật toán là hết sức cần thiết và tiện dụng, xét trên phương diện kỹ thuật cũng như kinh tế. Nhờ đó, ta có thể liệt kê tất cả các giải pháp và chỉ ra giải pháp tối ưu trong từng trường hợp. Nhằm đơn giản hóa điều này, thuật toán giới thiệu trong bài báo sẽ cho phép liệt kê, phân tích và đưa ra đánh giá về các phương án trên trên cơ sở thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật (số lượng dầm chính, dầm phụ, cột chống, tổng khối lượng thiết bị) đồng thời giảm thiểu chi phí thi công cho nhà thầu.*

Từ khóa: *Thuật toán tối ưu hóa; cột chống; ván khuôn; hệ đà giáo; Peri Skydeck; Harsco Superdeck; Fuvi Honey S.*

Summary: *Optimizing the quantity of equipment in the execution phase is very important, especially when amount of work is great, site of construction is far from the equipment yard, increasing transport costs, increasing the number of hour operating of workers.For construction of a cell floor, we have a lot of methods for equipment installation. The choice of installation equipment is sometimes difficult, because depending on many factors such as geometric characteristics of the cell floor, construction habits, quantity of beams and shorings are available under the yard, the financial capacity of investors, required quality and progress…Therefore, the development of an algorithm is essential and handy, in terms of technical and economic. Thus, we can list all the solutions and the optimal solution in each case. In order to simplify this subject, algorithms introduced in the paper will allow to list, to analyze and give us an assessment of solutions based on satisfying the technical requirements (the amount of the main beam, secondary beam, shoring, the total of the equipment) and also minimizing costs for construction contractors.*

Keywords: *Optimization algorithm; shoring; formwork; scaffolding system; Peri Skydeck; Harsco Superdeck; Fuvi Honey S.*

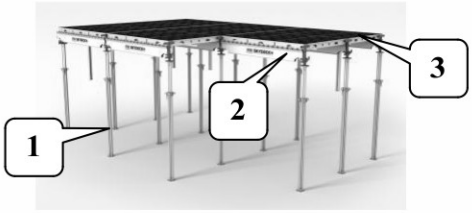
Nhận ngày 13/9/2016, chỉnh sửa ngày 23/11/2016, chấp nhận đăng 16/01/2017

1. Giới thiệu về công nghệ thi công sàn bằng tổ hợp đà giáo ván khuôn

So với cốp pha truyền thống, cốp pha công nghiệp có nhiều ưu điểm nổi trội như: có tính mô đun, dễ tháo lắp, vận chuyển, được chuẩn hóa về tính năng chịu lực cũng như các thao tác thi công, nâng cao an toàn lao động... Đặc biệt với cốp pha công nghiệp ta có thể tái sử dụng nhiều lần và đẩy nhanh tiến độ thi công bằng cách quay vòng thiết bị trên công trường. Tùy vào các hãng cung cấp thiết bị, tổ hợp đà giáo, ván khuôn thường bao gồm các bộ phận như dầm chính, dầm phụ, tấm panel, cột chống, ván khuôn, hệ thống hành lang an toàn… (Hình 1). Trên cơ sở công năng của từng bộ phận, vật liệu chế tạo nên bộ thiết bị tương đối đa dạng: thép không gỉ, gỗ công nghiệp, nhựa cứng…

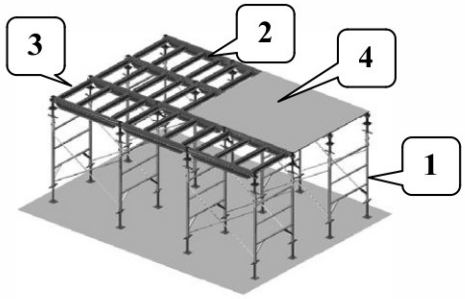
Bên cạnh đó, cốp pha công nghiệp cũng có những hạn chế nhất định: trọng lượng lớn, giá thành sản xuất cao, đặc biệt kém linh hoạt về mặt hình học do có tính định hình lớn. Để khắc phục tình trạng trên, các hãng sản xuất thường cung cấp các bảng tra trong catalogue cho phép người sử dụng xác định những tổ hợp dầm và cột chống cho một ô sàn nhất định (Hình 2). Tuy nhiên, khi diện tích ô sàn càng lớn, số tổ hợp càng nhiều, khâu tra bảng trong catalogue trở nên bất tiện (tốn nhiều công sức, khó đạt yêu cầu như mong muốn...).

[1]TS, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Giao thông Vận tải.
[2]TS, Viện Toán ứng dụng và Tin học, Trường Đại học Bách khoa.
[3]PGS.TS, Khoa Đào tạo Quốc tế, Trường Đại học Quốc gia.
**Tác giả chính. E-mail: tusyquan@utc.edu.vn.*

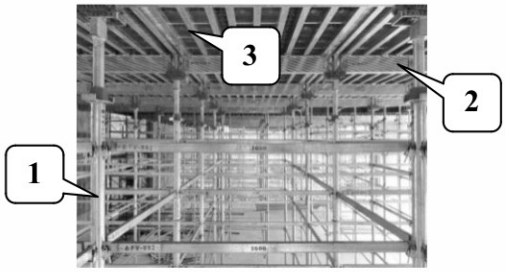


SkyDeck (PERI - Đức) [4]
1) Cột chống; 2) Dầm chính; 3) Tấm panel

TopDalle (ALPHI - Pháp) [8]
1) Cột chống; 2) Dầm chính; 3) Dầm phụ



SuperDeck (HARSCO Infrastructure - USA) [6]
1) Cột chống; 2) Dầm chính; 3)Dầm phụ; 4) Ván khuôn



Cốp pha nhựa HONEY™ S (FUVI - Việt Nam) [3]
1) Cột chống; 2) Dầm chính; 3)Tấm panel

Hình 1. *Mô hình không gian các dòng thiết bị thi công sàn bằng tổ hợp đà giáo ván khuôn*

Như vậy, với một khoảng cách cốt chặn bất kỳ ta có nhiều phương án lựa chọn lắp đặt thiết bị. Trong trường hợp mặt bằng tầng điển hình lớn, khối lượng thiết bị nhiều, việc phân loại các giải pháp, lựa chọn phương án thi công phù hợp đôi khi cảm tính, dẫn đến việc gia tăng chi phí không cần thiết.

Maillage pour les poutrelles primaires

P200	P180	P150	P110	P90	longueurs entre murs
1	1	1	3	0	940,00
1	1	0	1	4	940,00
0	4	1	0	0	940,00
0	2	2	1	1	940,00
0	2	0	2	3	940,00
0	0	5	1	0	940,00
0	0	3	2	2	940,00
0	0	2	5	0	940,00
0	0	2	0	6	940,00
0	0	1	3	4	940,00
0	0	0	6	2	940,00
0	0	0	1	8	940,00
3	0	0	0	3	950,00
2	1	2	0	0	950,00
2	1	0	1	2	950,00
1	2	0	2	1	950,00
1	0	3	2	0	950,00
1	0	2	0	4	950,00
1	0	1	3	2	950,00
1	0	0	6	0	950,00
1	0	0	1	6	950,00
0	3	1	0	2	950,00
0	3	0	3	0	950,00

P200	P180	P150	P110	P90	longueurs entre murs
1	0	4	0	1	970,00
1	0	2	1	3	970,00
1	0	1	4	1	970,00
1	0	0	2	5	970,00
0	5	0	0	0	970,00
0	3	1	1	1	970,00
0	1	4	1	0	970,00
0	1	2	2	2	970,00
0	1	1	5	0	970,00
0	1	1	0	6	970,00
0	1	0	3	4	970,00
4	0	0	1	0	980,00
2	2	1	0	0	980,00
2	0	2	1	1	980,00
2	0	0	2	3	980,00
1	1	2	2	0	980,00
1	1	1	0	4	980,00
1	1	0	3	2	980,00
0	4	0	0	2	980,00
0	2	3	0	1	980,00
0	2	1	1	3	980,00
0	2	0	4	1	980,00
0	0	6	0	0	980,00

Hình 2. *Bảng tra tổ hợp dầm TopDalle (ALPHI-Pháp) [8]*

2. Nguyên lý hoạt động chung của tổ hợp đà giáo ván khuôn

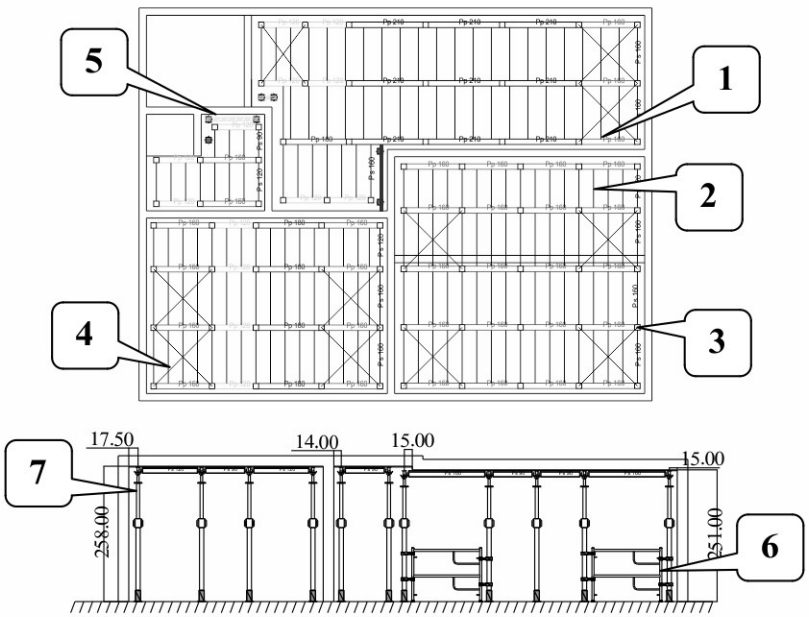
Công trình nhà cao tầng thường có nhiều tầng có đặc điểm tương tự nhau. Trong thi công, người ta thường chọn tầng phức tạp nhất và lặp đi lặp lại nhiều nhất để lập biện pháp thi công, gọi là tầng điển hình. Khi đổ sàn tầng điển hình, người ta thường chia nhỏ diện tích thi công ra làm nhiều phân khu. Việc chia nhỏ phân khu dựa trên nhiều yếu tố như năng lực thi công của nhà thầu, đặc điểm hình học, cấu trúc vật liệu và vai trò chịu lực của từng cấu kiện trong kết cấu tổng thể.

Hình 3. *Công nhân đang tiến hành lắp đặt hệ thống Superdeck trên công trường [6]*
1) Lắp đặt hệ thống dầm; 2) Lắp đặt tấm panel; 3) Lắp đặt ván khuôn gỗ;
4) Hệ thống dầm và tấm panel nhìn từ phía trên

Lựa chọn tổ hợp dầm đỡ và cột chống phụ thuộc chủ yếu vào bề dày sàn công tác, khối lượng riêng của loại bê tông cần sử dụng cũng như chiều cao của tầng thi công (Hình 3). Tùy theo kích thước của sàn sườn toàn khối, tải trọng sẽ truyền vào hệ thống ván khuôn, kế đến là hệ thống dầm phụ, dầm chính và cuối cùng là cột chống, cụ thể như sau: Dầm phụ và tấm panel hoạt động như một dầm giản đơn mà hai gối là 2 dầm chính kề nhau. Tương tự dầm chính cũng hoạt động như một dầm giản đơn với 2 gối là 2 đầu cột chống kề nhau. Để tránh lực xô ngang, các cột chống được giằng với nhau bởi các thanh xiên và thanh ngang, bố trí theo hai phương vuông góc. Trên thực tế, người ta thường lắp các tổ hợp cột chống, hệ thống giằng rồi mới đến lớp ván khuôn phía bên trên.

2.1 Tổ hợp dầm thỏa mãn điều kiện hình học

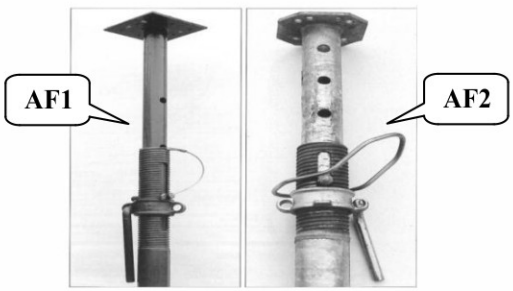
Theo yêu cầu của nhà sản xuất, so với hệ thống ván khuôn, khe hở do tổ hợp dầm và cột chống để lại không được lớn hơn 15cm. Trong trường hợp không thể thỏa mãn yêu cầu hình học đề ra, người ta phải bổ sung thêm vào khoảng trống các cột chống đơn và dầm gỗ nhằm đảm bảo tính ổn định của hệ thống ván khuôn phía bên trên. Trong bản vẽ theo hai phương, để dễ quan sát, người ta thường sử dụng các cụm hình với màu sắc khác nhau để phân biệt chiều dài nhịp của các dầm (Hình 4).



Hình 4. *Mô hình bản vẽ thi công sàn bằng Superdeck*
1) Dầm chính; 2) Dầm phụ; 3) Cột chống; 4) Khung giằng cột chống; 5) Dầm gỗ và cột chống đơn;
6) Hình chiếu đứng khung giằng; 7) Hình chiếu đứng cột chống

2.2. Lựa chọn loại cột chống thích hợp

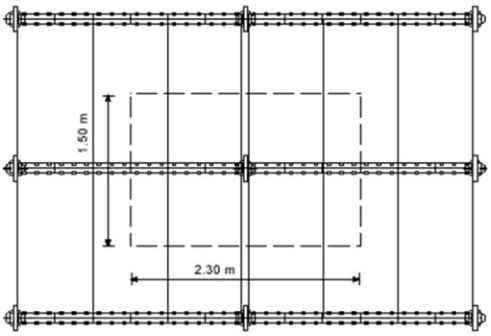
Cột chống nhìn chung chiều dài có thể thay đổi bằng cách dùng kích hoặc chân trượt ở hai đầu, sao cho phù hợp với chiều cao tầng thi công. Ngoài ra ta cũng có thể vi chỉnh bằng cách dùng con kê gỗ ở phía dưới. Tương tự như dầm, cột chống cũng được phân loại dựa trên đặc điểm hình học, trọng lượng, khả năng chịu tải và thay đổi chiều dài…, chẳng hạn như đối với bộ SuperDeck, ta có cột chống AF1, AF2 và Renobloc (Hình 5):



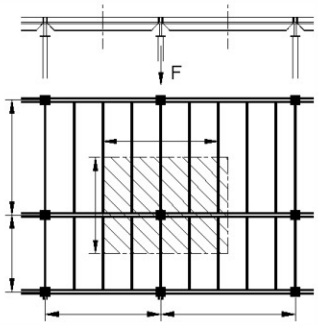
Chủng loại	Chiều dài chân trượt		Trọng lượng	Mã thiết bị
	Min	Max		
AF1	1,7m	2,9m	14,4kg	600290
AF2	1,9m	3,4m	16,7kg	600340

Hình 5. *Đặc tính kỹ thuật của cột chống AF1 và AF2 [7]*

Với mỗi cột chống, khi chiều cao thi công tăng thì khả năng chịu tải của cột chống giảm do tính mất ổn định theo phương ngang. Đối với bộ SuperDeck, tải trọng cực đại khi sử dụng được tính theo tiêu chuẩn Eurocode 3, hệ số an toàn được lấy bằng 1,65. Khi thi công, trong một ô sàn, loại cột chống được sử dụng là đồng nhất. Xét trên khía cạnh chịu lực, ta có 3 loại cột chống khác nhau: cột góc, cột biên và cột trung tâm. Trong đó cột trung tâm chịu tải trọng lớn nhất, phụ thuộc vào tổng chiều dài nhịp 2 dầm chính và tổng chiều dài nhịp 2 dầm phụ gác lên nó (Hình 6).



SkyDeck (PERI) [5]



SuperDeck (HARSCO) [7]

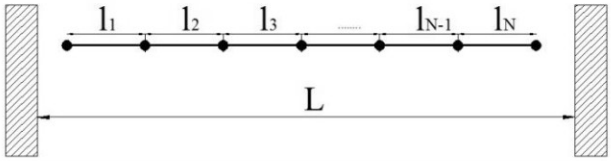
Hình 6. *Mô hình hóa diện tích chịu lực của cột chống trung tâm đối với SkyDeck (PERI) và SuperDeck (HARSCO)*

Trên thực tế, người ta thường căn cứ vào giá trị cực đại của tải trọng tác dụng lên cột chống trung tâm để lựa chọn chủng loại cột chống cho một ô sàn, chẳng hạn như với dòng Superdeck ta có 3 loại cột chống là AF1, AF2 và Renobloc với khối lượng tương ứng là 14,4 kg,16,7 kg và 37,4kg. Một cách định tính, ta dễ dàng nhận thấy, cột chống càng to, khả năng chịu lực càng cao thì khối lượng càng lớn, khiến giá thành vận chuyển, chi phí nhân lực, kho bãi cũng tăng theo. Để giải quyết vấn đề này, trong thi công người ta luôn cố gắng phân bố thứ tự tổ hợp các dầm sao diện tích chịu lực của các cột chống là đồng đều nhất. Bên cạnh đó, ta cũng lưu ý rằng, số lượng cột chống theo mỗi phương phụ thuộc vào số lượng dầm gác lên nó. Hay nói cách khác khi số lượng dầm theo một phương tăng thêm một đơn vị, ta phải bổ sung thêm một hàng cột chống và làm tăng thêm mật độ cột chống. Điều này cũng ảnh hưởng trực tiếp đến khối lượng tổng thể của bộ thiết bị.

3. Thuật toán tối ưu hóa và cách thức sắp xếp thứ tự các dầm

3.1 Xác định hàm mục tiêu của bài toán

Xét một ô sàn hình chữ nhật với kích thước giả định LxW (chiều dài L cm và chiều rộng W cm). Nhiệm vụ của bài toán là phải sắp xếp thứ tự dầm chính và dầm phụ tương ứng theo các phương sao cho hợp lý. Trong ví dụ này, ta sử dụng các thông số của Superdeck cho chiều dài của dầm (cách làm tương tự đối với những dòng sản phẩm khác). Như vậy, dầm chính có 4 loại chiều dài 210cm, 180cm, 160cm và 120cm, dầm phụ tương ứng có bốn loại chiều dài khác nhau 180cm, 160cm, 120cm và 90cm. Vì hai phương có vai trò tương đương nên ta có thể đưa bài toán 2D về bài toán 1D để giải quyết. Gọi N là số dầm chính cần thiết để sử dụng cho chiều dài L. Ta có thể chia L ra làm N đoạn nhỏ mà chiều dài của mỗi đoạn nhỏ là một trong bốn giá trị cụ thể 210cm,180cm,160cm và 120cm với lưu ý có thể tồn tại khoảng trống giữa tổ hợp dầm và tường chặn của hai phía đối diện (Hình 7).



Hình 7. *Cách bố trí dầm chính với khoảng cách L cho trước*

Gọi N_1: số lượng dầm 210 cm có sẵn; N_2: số lượng dầm 180 cm có sẵn

N_3: số lượng dầm 160 cm có sẵn; N_4: số lượng dầm 120 cm có sẵn

l_i: chiều dài của đoạn nhỏ thứ i (cm) $i = \overline{1,N}$

$$x_i = \begin{cases} 1 & x_i = 1 \text{ nếu chiều dài là 210 cm} \\ 0 & x_i = 0 \text{ nếu chiều dài khác 210 cm} \end{cases} \qquad y_i = \begin{cases} 1 & y_i = 1 \text{ nếu chiều dài là 180 cm} \\ 0 & y_i = 0 \text{ nếu chiều dài khác 180 cm} \end{cases}$$

$$z_i = \begin{cases} 1 & z_i = 1 \text{ nếu chiều dài là 160 cm} \\ 0 & z_i = 0 \text{ nếu chiều dài khác 160 cm} \end{cases} \qquad t_i = \begin{cases} 1 & t_i = 1 \text{ nếu chiều dài là 120 cm} \\ 0 & t_i = 0 \text{ nếu chiều dài khác 120 cm} \end{cases}$$

Các biến nhị phân chỉ ra loại dầm được lựa chọn cho đoạn nhỏ thứ i

$$x_i, y_i, z_i, t_i \in \{0,1\} \quad \forall i = \overline{1,N} \tag{1}$$

Với đoạn nhỏ thứ i, ta chỉ lấy một trong bốn loại dầm, từ đó ta có mối quan hệ như sau:

$$x_i + y_i + z_i + t_i = 1 \quad \forall i = \overline{1,N} \tag{2}$$

Đoạn nhỏ thứ i có chiều dài $l_i = 210x_i + 180y_i + 160z_i + 120t_i \quad \forall i = \overline{1,N}$ (3)

Vì số lượng dầm sử dụng là hữu hạn nên ta có điều kiện ràng buộc như sau:

$$\sum_{i=1}^{N} x_i \le N_1; \sum_{i=1}^{N} y_i \le N_2; \sum_{i=1}^{N} z_i \le N_3; \sum_{i=1}^{N} t_i \le N_4 \tag{4}$$

Đầu cột chống Superdeck có đường kính 15cm. Do yêu cầu kỹ thuật của việc lắp đặt giàn giáo, khe hở không vượt quá 15cm. Do vậy, tổng khoảng cách từ cột chống đầu tiên đến cột chống cuối cùng được biểu diễn như sau:

$$L - 30 \le \sum_{i=1}^{N} l_i \le L - 15 \tag{5}$$

Như đã trình bày ở trên, ta cần phải sắp xếp thứ tự các dầm sao cho diện tích chịu lực của cột chống là đồng đều nhất có thể. Từ đó dẫn đến việc ta phải sắp xếp thứ tự các dầm sao cho tổng chiều dài hai dầm kề nhau của tất cả các tổ hợp có thể là bé nhất. Ta có $(N-1)$ cặp dầm kề nhau, mục tiêu cực tiểu hóa có thể biểu diễn như sau:

$$s = \max\left\{\frac{l_i + l_{i+1}}{2}; i = \overline{1,N-1}\right\} \tag{6}$$

Mục tiêu (6) có thể được viết lại thành $\min\{s\}$ với $\frac{l_i + l_{i+1}}{2} \le s \quad i = \overline{1,N-1}$ (7)

Tóm lại ta có bài toán tối ưu hóa như sau: (MIP) $\min\{s\}$ với điều kiện ràng buộc từ (1) đến (5) và (7).

3.2 Thuật toán đề xuất

Bài toán (MIP) là dạng 0-1 quy hoạch nhị phân tuyến tính. Loại bài toán này có thể giải bởi phương pháp nhánh và biên mà trong đó ta sử dụng các bước lặp như trong [2]. Cũng có những công cụ có thể giải trực tiếp bài toán (MIP) như CPLEX, GUROBI [1]. Để giải quyết hiệu quả mô hình toán đề ra, ta chọn phần mềm thương mại CPLEX như công cụ để giải bài toán (MIP). Lưu ý rằng N ban đầu không được xác định trước. Ta cần tìm giá trị nguyên thích hợp nhất của N. Giá trị của N dao động trong khoảng giới hạn như sau:

$\left[\frac{L}{210}\right] \le N \le \left[\frac{L}{120}\right]$ với [u] là số nguyên lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng u

Đặt $N_{\min} = \left[\frac{L}{210}\right]$ và $N_{\max} = \left[\frac{L}{120}\right]$. Đối với những giá trị khác của N (từ N_{min} đến N_{max}):

- Giải (MIP) để tìm giá trị thích hợp của N $sol[N]$
- Tìm giá trị tối ưu hóa của (MIP) tương ứng với giá trị của N, ký hiệu $val[N]$
- So sánh tất cả các giá trị của $val[N]$ để tìm giá trị nhỏ nhất

$$val[N^*] = \min\{val[N] \| N_{\min} \le N \le N_{\max}\}$$

- Chọn kết quả tối ưu $val[N^*]$ tương ứng với $sol[N^*]$

Với mỗi giá trị xác định của N^* ta sẽ có được thứ tự sắp xếp tối ưu của các dầm. Điều này giúp cho việc lựa chọn các phương án trở nên đa dạng và chính xác. Các phương án được liệt kê là rất cần thiết trong trường hợp thiếu hụt thiết bị dưới bãi tập kết. Nếu ta đặt tiêu chí khối lượng cực tiểu của bộ thiết bị lên hàng đầu, giá trị $\min(N^*)$ tương ứng với trường hợp số lượng dầm cực tiểu sẽ được lựa chọn.

4. Ví dụ áp dụng

Giả sử ta phải thi công một tầng có chiều cao 4,1m với diện tích mặt bằng là 2500m^2. Khi thi công, người ta thường chia nhỏ sàn ra làm nhiều phân khu. Ta chọn một phân khu bất kỳ hình chữ nhật với kích thước 25mx15m. Thuật toán chỉ ra tổ hợp dầm chính và dầm phụ tối ưu như trong Bảng 1 và 2.

Bảng 1. *Tổ hợp dầm chính tối ưu với khoảng cách giữa hai cốt chặn 2500cm*

Chiều dài nhịp (cm)	Số lượng	Tổng chiều dài (cm)	Khối lượng
210 160	11 1	2310 160	144,1 9,5
Tổng	12	2470	153,6
Thứ tự sắp xếp tối ưu: 210-160-210-210-210-210-210-**210-210-**210-210-210			

Bảng 2. *Tổ hợp dầm phụ tối ưu với khoảng cách giữa hai cốt chặn 1500cm*

Chiều dài nhịp (cm)	Số lượng	Tổng chiều dài (cm)	Khối lượng
180 160	2 7	360 1120	13,8 42,7
Tổng	9	1480	56,5
Thứ tự sắp xếp tối ưu: 160-160-160-160-160-180-**160-180-**160			

Để tiện so sánh hiệu quả của thuật toán, ta có thể lấy một ví dụ tổ hợp bất kỳ như trong Bảng 3 và 4.

Bảng 3. *Tổ hợp dầm chính bất kỳ với khoảng cách giữa hai cốt chặn 2500cm*

Chiều dài nhịp (cm)	Số lượng	Tổng chiều dài (cm)	Khối lượng
210 160 120	7 1 7	1470 160 840	91,7 9,5 53,2
Tổng	15	2470	154,4
Thứ tự sắp xếp bất kỳ: 210-120-210-120-210-120-120-210-**210-210-**210-120-120-120-160			

Bảng 4. *Tổ hợp dầm phụ bất kỳ với khoảng cách giữa hai cốt chặn 1500cm*

Chiều dài nhịp (cm)	Số lượng	Tổng chiều dài (cm)	Khối lượng
180 160 90	3 3 5	540 480 450	20,7 18,3 15,5
Tổng	11	1470	54,5
Thứ tự sắp xếp bất kỳ:160-90-160-90-160-90-90-180-90-**180-180**			

Từ số liệu trong Bảng 1, 2, 3 và 4, ta có thể xác định được số lượng cột chống cần sử dụng theo công thức $[\text{N° dam chính} + 1] * [\text{N° dam phu} + 1](unit)$

Với diện tích sàn 2500m^2, ta cần số lượng cột chống là: $2500 * \frac{\text{N° cot chong}}{\text{Dien tich o san}}(unit)$

Đối với mỗi tổ hợp dầm, luôn tồn tại nhiều cách sắp xếp thứ tự. Ta thử làm phép so sánh giữa cách sắp xếp thích hợp được chỉ ra bởi thuật toán và cách sắp xếp bất kỳ tuân theo chỉ dẫn của catalogue để tìm ra sự khác biệt (Bảng 5). Giả sử độ dày của sàn $t = 35cm$, trọng lượng riêng của bê tông $\gamma = 2500(\text{daN/m}^3)$.

Như đã trình bày ở trên, mục tiêu tối ưu của bài toán chính là $s = \max\left\{\frac{l_i + l_{i+1}}{2} \| i = \overline{1, N-1}\right\}$. Đặt $s_1 = s$ cho trường hợp dầm chính và $s_2 = s$ cho trường hợp dầm phụ. Diện tích chịu lực của cột chống được ký hiệu là A với $A = s_1.s_2.(cm^2)$

Tải trọng chất lên đầu cột chống, ký hiệu là F với $F = A.t.\gamma(daN)$

Bảng 5. *So sánh kết quả giữa cách sắp xếp thích hợp và cách sắp xếp bất kỳ*

	Lựa chọn thích hợp	**Lựa chọn bất kỳ**
s_1	210cm	170cm
s_2	170cm	180cm
A	35700cm^2	37800cm^2
F	3123,75 (daN)	3307,5 (daN)
Số lượng cột chống	13*10*2500/375=867	16*12*2500/375=1280
Loại cột chống	AF2 (16,7kg)	Renobloc (37,4kg)
Tổng khối lượng cột chống	14478 (kg)	47872 (kg)

Với chiều cao tầng là 4,1m, tra bảng trong catalogue ta được khả năng chịu tải tối đa tương ứng của AF1, AF2 và Renobloc tương ứng là 2073 daN, 3299 daN và 3458 daN [6]. Từ đó, ta có thể chọn loại cột chống AF2 cho cách sắp xếp thích hợp và Renobloc cho trường hợp bất kỳ. Như vậy, đối với mặt bằng tầng điển hình 2500m^2, sự chênh lệch về khối lượng cột chống giữa hai phương án là 33394 (kg). Giả thiết rằng, khoảng cách giữa bãi tập kết thiết bị và công trường xây dựng là 50km. Nếu chỉ tính chi phí vận chuyển phát sinh cho 33 tấn thì con số này có thể rơi vào khoảng 20 triệu đồng [9].

5. Kết luận

Thi công sàn bằng tổ hợp đà giáo ván khuôn là công nghệ xây dựng tiên tiến, được áp dụng ngày càng phổ biến trong các công trình xây dựng ở Việt Nam.Tuy nhiên, công tác lắp đặt thiết bị và lựa chọn phương án thi công còn nhiều hạn chế, dẫn đến lãng phi về mặt công sức, thời gian cũng như tiền bạc. Để giải quyết bất cập trên, bài báo đã đề xuất ra thuật toán kết hợp với việc sử dụng phần mềm CPLEX như một công cụ hỗ trợ đắc lực.Việc này hữu ích không chỉ với kỹ sư trực tiếp thi công trên công trường mà còn giúp các hãng sản xuất và cung ứng thiết bị cải tiến cách thức thi công, nâng cao năng xuất lao động.

Tài liệu tham khảo

1. H. D. Mittelmann (2007), "Recent Benchmarks of Optimization Software", *22nd European Conference on Operational Research* (EURO XXII Prague,Czech Republic: Dept of Math and Stats Arizona State University).

2. A. Schrijver (1998), *Theory of linear and integer programming*, John Wiley and Sons.

3. HONEY™S100, *The inovative slab/Beam Formwork System*, FUVI International, 37, Trung Tam Street, Tan Tao Industrial Park,Binh Tan District, Ho Chi Minh City, Vietnam.

4. SKYDECK (2009), *Panel Slab Formwork, Assembly Instructions for Standard Configuration*, PERI Formwork Scaffolding Engineering (89259 Weissenhorn Germany).

5. SKYDECK (2010), *The proven, fast slab formwork made of high strength aluminium*, PERI Formwork Scaffolding Engineering (89259 Weissenhorn Germany).

6. SUPERDECK (2006), *Manuel d'instruction de montage et d'utilisation*, HARSCO Infrastructure France, 256, allée de Fétan - BP 130 - 01600 TREVOUX.

7. SUPERDECKPlus (2010), *Caractéristique des poutres primaires*, HARSCO Infrastructure France, 256, allée de Fétan - BP 130 - 01600 TREVOUX- France.

8. TOPDALLE, *Le coffrage de dalles performant en sécurité*, ALPHI France, 242, rue Maurice Herzog Savoie Hexapole - Actipole 573420 VIVIERS-DU-LAC.

9. http://vantaiduongviet.com/