

XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC HỢP LÝ MÁI CHÍNH CỦA GIÁ KHUNG THỦY LỰC DI ĐỘNG DÙNG TRONG KHAI THÁC HÀM LÒ VÙNG QUẢNG NINH

DETERMINE THE SUITABLE DIMENSION OF THE MAIN ROOF OF THE MOBILE HYDRAULIC FRAME RACK USED IN UNDERGROUND MINING IN QUANG NINH REGION

TS. Lê Quý Chiển, TS. Bùi Thanh Nhu, ThS. Nguyễn Thành Trung
Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

TÓM TẮT

Có nhiều phương pháp tính toán các chi tiết và máy. Nội dung bài báo này, nhóm tác giả trình bày phương pháp xác định kích thước hợp lý mái chính của giá khung thủy lực di động dùng trong khai thác mỏ hàm lò vùng Quảng Ninh bằng phương pháp giải tích và mô phỏng số trên phần mềm ABAQUS [5] dựa vào điều kiện địa chất mỏ và các yếu tố khác như vật liệu chế tạo, công nghệ khai thác mỏ. Khi thiết kế các chi tiết và máy nói chung cần phải lựa chọn một số thông số và đặt tải trọng tác động lên cơ cấu, sử dụng phương pháp giải tích, xây dựng mô hình mô phỏng để tính toán kiểm nghiệm khả năng chịu tải của kết cấu, cụm chi tiết. Từ đó, ta xác định được vị trí chịu ứng suất lớn nhất. Theo đó sẽ đưa ra được thông số đầu vào cho việc tính toán, lựa chọn vật liệu, hình dáng, kích thước của kết cấu theo hướng hợp lý, tiết kiệm và an toàn.

Từ khóa: Giá khung thủy lực di động; Chi tiết máy; Khai thác mỏ; Mô phỏng; Thiết kế; Kích thước hợp lý mái trên.

ABSTRACT

There are many methods of calculating parts and machines. In the content of this paper, the authors present a method to determine the suitable dimension of the main roof of the mobile hydraulic frame rack used in underground mining in Quang Ninh region by means of analysis and numerical simulation on software ABAQUS is based on the geological conditions of the mine and other factors such as manufacturing materials, mining technology. When designing parts and machines in general, it is necessary to select a number of parameters and set loads acting on the structure, use analytical methods, build simulation models to calculate and test load capacity of structures, detail clusters. From there, determine the position subject to the maximum stress. Accordingly, input parameters for the calculation and selection of materials, shapes and dimension of the structure will be given in a reasonable, economical and safe manner.

Keywords: Mobile hydraulic frame rack; Machine details; Mining; Simulation, Design; Suitable dimension roof top. 

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mái chính là một chỉnh thể được hàn liên kết với nhau, chiều dài 2,4m, chiều rộng 0,81m (ta xét giá chống ZH1800-16/24). Tác dụng của mái là chống đỡ và che kín nóc lò chợ, giữa hai mái giá chống cách nhau 0,2m để tránh hai giá chống cọ sát vào nhau trong quá trình di chuyển, các khe hở này được làm kín bằng các tấm đẩy cạnh [2].

Khi làm việc bình thường, mái chính chịu tác động trực tiếp của đá vách và được đỡ bằng 04 cột chống, phần đuôi liên kết khớp với xà phá hỏa. Toàn bộ bề mặt mái chính chịu tải trọng phân bố hình thang (hình 1) [2].

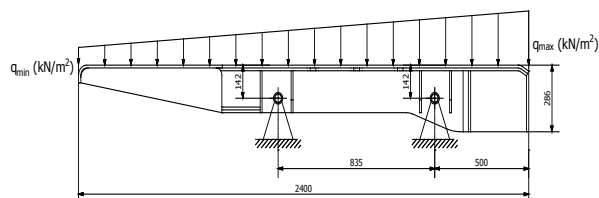
Để tính toán mái chính, ta xây dựng mô hình như sau [2]:

- Mái chính chịu lực thẳng đứng do áp lực mỏ với lực lớn nhất $Q = 1800\text{kN}$ và phân bố theo dạng hình thang trên toàn diện tích xà mái với lực lớn nhất tại điểm gần mái phá hỏa và nhỏ dần về phía tấm chắn gương;

- Mái chính chịu lực đẩy của 04 xylanh cột chống thủy lực với lực chống là P1, P2 (Hình 2);

- Mái phá hỏa không chịu lực do đất đá nổ rời tác động.

Mô hình mái chính (hình 1) [2]:



Hình 1. Kích thước và mô hình mái chính

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Tính toán, kiểm nghiệm bền mái chính

2.1.1. Lựa chọn vật liệu

- Từ việc phân tích vật liệu của giá chống ZH1800-16/24 tại Công ty Than Nam Mầu được kết quả vật liệu cho mái chính như sau [1], [2]:

Vật liệu chế tạo mái chính bao gồm các loại thép tấm với mác thép Q460C và Q345 theo tiêu chuẩn GB/T 1591-94. Các chi tiết chịu mài mòn dùng loại thép Q460C, còn các chi tiết kết cấu thường dùng loại thép Q345.

Cơ tính của loại thép Q460C theo tiêu chuẩn GB/T 1591-94 như bảng 1 và 2 [1]:

Bảng 1. Thành phần hóa học thép Q460C

Bảng thành phần hóa học (%)										
C ≤	Mn	Si ≤	P ≤	S ≤	V	Nb	Ti	Al ≤	Cr ≤	Ni ≤
0,20	1~1,7	0,55	0,035	0,035	0,02~0,2	0,015~0,06	0,02~0,2	0,015	0,7	0,7

Bảng 2. Cơ tính của thép Q460C

Giới hạn chảy σ_c (Mpa)				Giới hạn bền (Mpa) σ_B	Độ dẫn dài tương đối $\delta_{\%}$
Chiều dày thép (mm)					
≤ 16	$> 16 \sim 35$	$> 35 \sim 50$	$> 50 \sim 100$		
460	440	420	400	550 ~ 720	17

Cơ tính của loại thép Q345 theo tiêu chuẩn GB/T 1591-94 như bảng 3 và 4:

Bảng 3. Thành phần hóa học thép Q345

Bảng thành phần hóa học (%)										
C $\leq$	Mn	Si $\leq$	P $\leq$	S $\leq$	V	Nb	Ti	Al $\leq$	Cr $\leq$	Ni $\leq$
0,20	1~1,60	0,55	0,045	0,045	0,02~0,15	0,015~0,06	0,02~0,2			

Bảng 4. Cơ tính của thép Q345

Giới hạn chảy σ_c (Mpa)				Giới hạn bền (Mpa) σ_B	Độ dẫn dài tương đối $\delta_{\%}$
Chiều dày thép (mm)					
≤ 16	$> 16 \sim 35$	$> 35 \sim 50$	$> 50 \sim 100$		
345	325	295	275	470 ~ 630	21

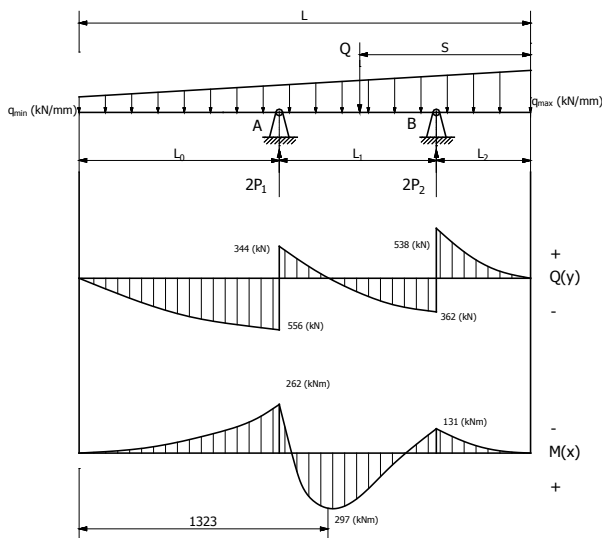
Vậy lựa chọn vật liệu để chế tạo giá chống là các thép Q460C và Q345 theo tiêu chuẩn GB/T 1591-94 của Trung Quốc hoặc các mác thép khác có thành phần hóa học và cơ tính tương đương [1].

Cơ tính của vật liệu chế tạo các chi tiết được sử dụng để tính toán, kiểm nghiệm độ bền mái chính như sau: Thép Q345 có giới hạn bền là $\sigma_b = 470$ (Mpa); thép Q460C có giới hạn bền là $\sigma_b = 550$ (Mpa) [1].

2.1.2. Tính mô-men uốn lớn nhất của mái chính

Trong quá trình chống giữ thông qua các khớp cầu mái chính truyền lực xuống các cột chống tại các gối A, B. Do góc giữa cột chống và phương đứng rất nhỏ nên có thể bỏ qua thành phần lực ngang, vì vậy phản lực liên kết tại gối A, B chỉ gồm hai thành phần phản lực theo phương vuông góc với thanh là P1, P2.





Hình 2. Biểu đồ mô-men mái chính

Kết cấu hợp lý của mái chính sao cho trong quá trình làm việc, các xylanh cột chống chịu tải trọng đều nhau. Khi đó, mỗi xylanh chịu áp lực lớn nhất là [2]:

$$P_1 = P_2 = \frac{Q}{4} = 450 \text{ (kN)}; \quad (1)$$

Vị trí của lực tập trung:

$$S = \frac{2}{Q} [P_1(L_1 + L_2) + P_2L_2]$$

Tính giá trị lực tại điểm đầu mái $q_{\min}$, $q_{\max}$ dựa vào các công thức xác định trọng tâm của hình phẳng, ta có phương trình:

$$(q_{\min} + q_{\max}) \frac{L}{2} = Q; \quad (2)$$

$$\frac{q_{\min}}{q_{\max} - q_{\min}} = \frac{2}{3} \frac{3S - L}{L - 2S}$$

Từ đó, ta được:

$$q_{\min} = \frac{4Q}{L} \left(\frac{3S - L}{6S - L} \right); \quad q_{\max} = \frac{2Q}{6S - L}. \quad (3)$$

Vẽ biểu đồ lực cắt Q_y và mô-men uốn M_x

với các ngoại lực tác dụng: Lực phân bố đều dạng

$$\text{hình thang } q = az + b = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{L} z + q_{\min};$$

các phản lực tại hai gối tựa P_1, P_2 .

Giá trị mô-men uốn lớn nhất như sau:

$$\begin{aligned} \text{Max}[M_x(z)] &= \text{Max}[\text{Max}[M_x(z)_1]]; \\ \text{Max}[M_x(z)_2]; \text{Max}[M_x(z)_3]; \end{aligned}$$

Biểu đồ nội lực như trên hình 2. Qua biểu đồ nội lực, ta thấy tại vị trí cách đầu xà $L = 1323\text{mm}$ có mô-men lớn nhất. Ta kiểm tra bền tại vị trí này.

Ứng suất nguy hiểm nhất được xác định:

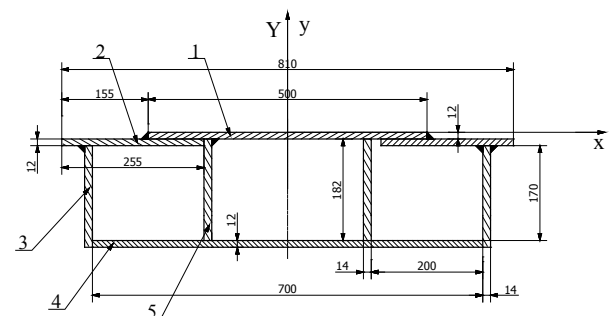
$$\sigma_{u\max} = \frac{\text{Max}[M_x(z)]}{I_x} y_{\max}$$

2.2. Tính mô-men quán tính mặt cắt trên xà ngang

- Xác định mô-men quán tính của chi tiết so với đường trung hòa:

$$J_{zi} = \frac{bh^3}{12} + a_i^2 F_i \quad (4)$$

Giả sử trục tọa độ ban đầu oxy như mô hình (Hình 3).



Hình 3. Tiết diện mặt cắt ngang của xà ngang vị trí nguy hiểm

Diện tích của các chi tiết tại vị trí có mô-men lớn nhất gồm 05 chi tiết có diện tích và tọa độ trọng tâm như sau:

$$F_1 = b_1 h_1; F_2 = b_2 h_2; F_3 = b_3 h_3; F_4 = b_4 h_4; F_5 = b_5 h_5.$$

$$\sum F_i = b_1 h_1 + 2b_2 h_2 + 2b_3 h_3 + b_4 h_4 + 2b_5 h_5$$

Thay các kích thước, ta có diện tích và tọa độ trọng tâm các chi tiết:

Chi tiết số 1 có:

$$F_1 = 6000 \text{ (mm}^2\text{)}; Y_1 = -6 \text{ (mm)};$$

Chi tiết số 2 có:

$$F_2 = 3063 \text{ (mm}^2\text{)}; Y_2 = -18 \text{ (mm)};$$

Chi tiết số 3 có:

$$F_3 = 2380 \text{ (mm}^2\text{)}; Y_3 = -109 \text{ (mm)};$$

Chi tiết số 4 có:

$$F_4 = 8400 \text{ (mm}^2\text{)}; Y_4 = -200 \text{ (mm)};$$

Chi tiết số 5 có:

$$F_5 = 2548 \text{ (mm}^2\text{)}; Y_5 = -103 \text{ (mm)}.$$

$$\sum F_i = 30376 \text{ (mm}^2\text{)}.$$

Trọng tâm của mặt cắt so với trục tọa độ đã chọn là:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^5 F_i x_i}{\sum_{i=1}^5 F_i} = -95 \text{ (mm)}$$

$X = 0$ (do các chi tiết đối xứng).

Khoảng cách từ trọng tâm các chi tiết đến đường trung hòa:

$$a_i = Y_i - Y$$

Thay vào được: $a_1 = 89 \text{ (mm)}; a_2 = 77 \text{ (mm)}; a_3 = -14 \text{ (mm)}; a_4 = -105 \text{ (mm)}; a_5 = -8 \text{ (mm)}.$

- Xác định mô-men quán tính của các chi tiết:

$$J_i = \frac{bh^3}{12}; \quad (5)$$

Trong đó: b – Chiều rộng chi tiết; h – Chiều cao chi tiết.

- Xác định mô-men quán tính của chi tiết so với đường trung hòa:

$$J_{zi} = \frac{bh^3}{12} + a_i^2 F_i \quad (6)$$

Thay số vào tính được:

$$J_{z1} = 47598000 \text{ (mm}^4\text{)}; J_{z2} = 18179460 \text{ (mm}^4\text{)}; J_{z3} = 505353 \text{ (mm}^4\text{)}; J_{z4} = 92710800 \text{ (mm}^4\text{)}; J_{z5} = 7196401 \text{ (mm}^4\text{)};$$

$$J_z = \sum_{i=1}^5 J_{zi} = 166190015 \text{ (mm}^4\text{)}$$

Điều kiện bền của chi tiết là:

$$\sigma_{u \max} = \frac{\text{Max}[M_x(z)]}{I_x} y_{\max} < [\sigma] \quad (7)$$

Điểm nguy hiểm nhất là điểm xa đường trung hòa nhất tương ứng với tọa độ $y_{\max} = -111 \text{ (mm)}.$

Với việc sử dụng vật liệu Q345 có giới hạn bền $\sigma_b = 470 \text{ (Mpa)}$, hệ số an toàn chọn $n = 1,5$ thì ứng suất cho phép của thép là $[\sigma] = 470/1,5 = 313 \text{ (Mpa)} [1].$

Vậy, ta có: $\sigma_{u \max} = 198,4 \text{ (Mpa)} < [\sigma] = 313 \text{ (Mpa)}.$

Như vậy, kết cấu an toàn trong điều kiện làm việc, để tăng độ tin cậy cho các kết

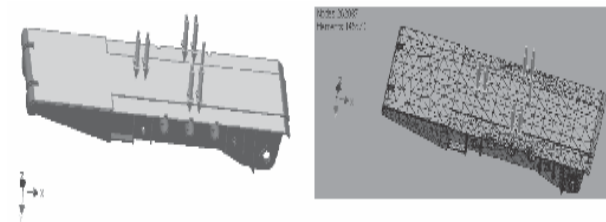
quả tính toán trên, cũng như tối ưu hóa kết cấu mái chính, ta sử dụng phần mềm để phân tích ứng suất của mái chính.

2.3. Mô phỏng số [2]

Mô phỏng quá trình chịu lực của mái chính bằng phương pháp mô phỏng số với vật liệu được sử dụng có mô-đun đàn hồi $E = 2.10^5$ Mpa; hệ số Poát-xông: 0.3; kiểu bài toán: tính toán tĩnh (Static General) [4].

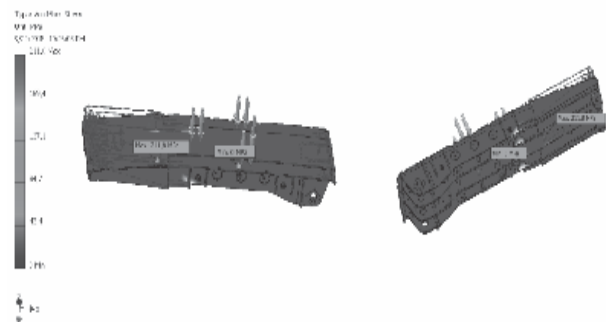
Mô hình mái chính chịu tải trọng phân bố hình thang do tải trọng của đất đá với tải trọng tổng cộng là $Q = 1800$ kN; mái chính được đỡ bởi 04 cột chống bằng liên kết khớp.

Kết quả kiểm nghiệm bền của mái chính được trình bày bởi hình 4, hình 5, hình 6 và 7.



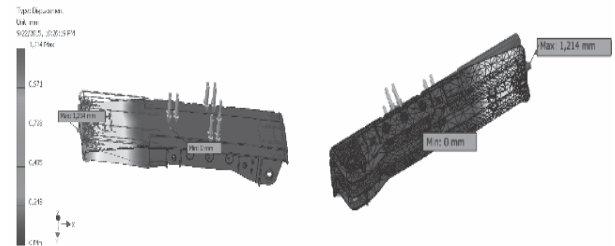
Hình 4. Mô hình mái chính và lực tác dụng [2]

- Kết quả ứng suất trên các phần tử của mái chính:



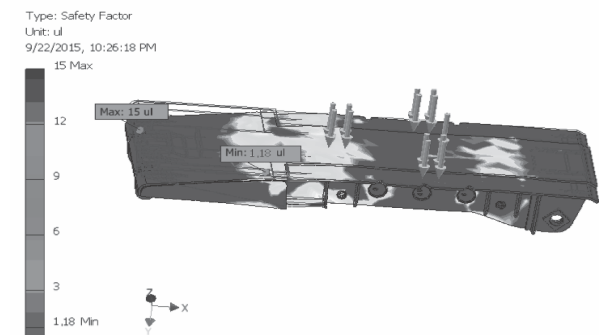
Hình 5. Kết quả ứng suất tương đương Von – Mises [2]

- Kết quả chuyển vị của các phần tử của mái chính:



Hình 6. Mô hình chuyển vị của mái chính [2]

- Hệ số an toàn của các phần tử trên mái chính:



Hình 7. Hệ số an toàn của các phần tử trên mái chính [2]

Sử dụng cả hai phương pháp tính toán bằng giải tích và mô phỏng số đều cho kết quả là kết cấu mái chính an toàn trong quá trình làm việc. Bằng việc sử dụng phương pháp giải tích, tính toán được hình dạng tiết diện ngang hợp lý cho mái chính, từ đó thiết kế mô hình 3D chi tiết và mô phỏng số để kiểm nghiệm lại, làm căn cứ cho việc tính toán xác định kích thước hợp lý về hình dạng kết cấu chi tiết mái chính giá khung thủy lực di động.

3. KẾT LUẬN

Trên cơ sở tính toán bằng phương pháp giải tích, từ kết quả kiểm nghiệm mái chính

dùng phần mềm ABAQUS, đã đạt được những kết quả sau đây:

- Thiết lập được công thức tổng quát để tính toán độ bền của mái, ứng dụng vào trường hợp cụ thể là giá khung ZH1800/16/24Z;

- Sử dụng phương pháp mô phỏng số để kiểm nghiệm lại độ bền của mái trên làm tăng thêm độ tin cậy của các kết quả tính toán;

- Các kết quả tính toán cho thấy mái chính đều đạt điều kiện bền, phương pháp tính toán để lựa chọn ra các thông số hợp lý cho kết cấu mái chính.

Từ kết quả này cho thấy có thể áp dụng phương pháp trên để kiểm nghiệm các chi tiết dạng mái, dầm của các thiết bị chống khác dùng trong khai thác hầm lò ở vùng Quảng Ninh. ❖

Ngày nhận bài: **01/7/2023**

Ngày phản biện: **08/7/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Bá Bảo (1997); *Sổ tay thiết kế cơ khí*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. Bùi Thanh Nhu (2014), *Luận án Tiến sĩ kỹ thuật; Nghiên cứu lựa chọn một số thông số hợp lý của giá khung thủy lực di động dùng trong khai thác than hầm lò có góc dốc đến 25° vùng Quảng Ninh*, Trường Đại học Mỏ – Địa chất.
- [3]. Lê Quang Minh, Nguyễn Văn Vương (2009); *Sức bền vật liệu*, NXB. Giáo dục, Hà Nội.
- [4]. Lê Xuân Huỳnh (2006); *Tính toán kết cấu theo lý thuyết tối ưu*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [5]. Phần mềm ABAQUS 6.10.
- [6]. Докукин А.В. и др. *Механизированные крепи и их развитие*. Издательство Недра. Москва- 1984.