

PHÂN TÍCH THIẾT KẾ TỐI ƯU HỆ KHUNG DẪO

ANALYSIS OF THE OPTIMAL PLASTIC FRAME A TWO-SPAN FLOOR

Thạch Sôm Sô Hoách

Tóm tắt:

Phân tích hệ kết cấu chịu tải trọng thiết kế là rất quan trọng để nghiên cứu khả năng làm việc của nó trong giai đoạn đàn hồi. Tuy nhiên, nếu tải trọng tăng lên cho đến khi xuất hiện biến dạng dẻo tại một số vị trí, hệ kết cấu làm việc trong giai đoạn đàn-dẻo. Khi tăng tải trọng thêm, các khớp dẻo được hình thành. Mục tiêu chính của phân tích dẻo là xác định cơ cấu phá hủy của hệ kết cấu khi không còn đủ khả năng chịu lực. Trong bài báo này, tác giả trình bày thiết kế tối ưu hệ khung một tầng hai nhịp dựa trên nền tảng lý thuyết dẻo, với các mô men dẻo được giới hạn trong hệ khung cho trước.

Từ khóa: *Thiết kế kết cấu tối ưu, Thiết kế tối ưu hệ khung dẻo, Phân tích dẻo.*

Abstract:

Elastic analysis of a structure is important to study its performance, especially in relation to serviceability, under the loading for which the structure is designed. However, if the load is increased until yielding occurs at some locations, the structure undergoes elastic-plastic deformation. On further, the load is increased, the plastic hinges are formed. The main object of plastic analysis is to determine the collapse load of a structure when resisting capacities of its member are failed. In this article, the author presents an analysis of the optimal design of plastic frame a two-span floor based on the plastic theory approach with plastic moments are limited in the frame.

Keywords: *Optimum structural design, The optimal design of plastic frame structure, Plastic analysis.*

ThS. Thạch Sôm Sô Hoách

Khoa Xây dựng - Trường ĐHXD Miền Tây

Email: mtthoach@mtu.edu.vn

ĐT: 0918322435

Ngày nhận bài:/...../2020

Ngày gửi phản biện:/...../2020

Ngày chấp nhận đăng:/...../2020

1. Thiết lập bài toán thiết kế tối ưu dẻo sử dụng phương pháp tĩnh học [1], [2], [3]

1.1. Cơ sở lý thuyết

Khung phẳng làm từ vật liệu ứng xử cứng tuyệt đối dẻo. Thiết kế tối ưu dẻo hệ khung dựa trên những phân tích dẻo. Bài toán có thể được trình bày trong dạng quy hoạch tuyến tính dưới các giả thuyết sau:

- Các khớp dẻo có thể xảy ra ở các mặt cắt nguy hiểm, với tính dẻo uốn là không giới hạn.

- Các phương trình cân bằng đề cập đến tính chất hình học không bị biến đổi.

- Tải trọng tác dụng lên kết cấu được giả thiết tăng tỷ lệ.

- Các điều kiện ràng buộc chỉ liên quan đến điều kiện chảy dẻo về moment uốn và những lý do thiết kế. Trong mỗi cấu kiện hình lăng trụ của kết cấu, cường độ của mô men uốn có thể bằng mô men dẻo.

- Hàm mục tiêu diễn tả trọng lượng và có thể biểu diễn trong một tổ hợp tuyến tính của các mô men dẻo.

- Mục tiêu của bài toán là thiết kế để cho trọng lượng tổng cộng của sơ đồ khung được phân công là nhỏ nhất.

1.2. Công thức tổng quát

Với các giả thiết trên, ta giả sử một quan hệ tuyến tính giữa khả năng mô men dẻo M_{pi} và trọng lượng của một nhóm các phần tử I , khi đó hàm mục tiêu có thể được thiết lập:

$$Z = \sum_{i=1}^I l_i M_{pi} \quad (1.1)$$

Trong đó l_i là chiều dài tổng cộng của tất cả những cấu kiện (phần tử) có cùng mô men dẻo M_{pi} . Giả sử rằng các tiết diện nguy hiểm hình thành I nhóm trong đó tất cả các tiết diện trong một nhóm cho trước cần có cùng mô men dẻo M_{pi} . Phương trình (1.1) có thể biểu diễn như sau:

$$Z = \{l\}^T \{M_p\} \quad (1.2)$$

Với $\{l\}$ và $\{M_p\}$ tương ứng là các véc tơ của l_i và M_{pi} .

Dùng phương pháp tĩnh học, một tập hợp m phương trình cân bằng độc lập được thiết lập:

$$[C]\{M\} = \{P_u\} \quad (1.3)$$

Các phần tử của ma trận $[C]$ chỉ phụ thuộc vào hệ hình học không biến đổi của khung; vì vậy chúng là hằng số trong quá trình tối ưu hóa các tiết diện ngang. $\{M\}$ là một véc tơ của các mô men $M_j, (j=1 \div J)$, trong trường mô men khả dĩ tĩnh tương ứng với sự phá hủy và J là số tiết diện nguy hiểm nơi khớp dẻo có thể hình thành. $\{P_u\}$ là một véc tơ mô tả tải trọng tối đa, hay là một hệ số tải trọng cho trước. $\{P_u\}$ cũng có thể trình bày các tải trọng ngoài không đổi hoặc trọng lượng bản thân biểu diễn qua những số hạng tuyến tính của các mô men dẻo M_{pi} .

NR là số bậc siêu tĩnh (liên kết thừa) của kết cấu, khi đó số phương trình cân bằng độc lập m liên quan đến các mô men $\{M\}$ chưa biết là:

$$m = J - NR \quad (1.4)$$

Như vậy phương trình (1.3) trình bày một hệ m phương trình với J ẩn số.

Các mô men $\{M\}$ phải thỏa mãn điều kiện chảy dẻo:

$$-[T]\{M_p\} \leq \{M\} \leq [T]\{M_p\} \quad (1.5)$$

Trong đó $[T]$ là một ma trận $J \times I$ của các phần tử 0, 1.

Nếu $T_{ji} = 0$, mô men dẻo thứ i không ảnh hưởng tiết diện j . Phương trình (1.5) đòi hỏi rằng các mô men khả dĩ không được vượt quá khả năng mô men dẻo của cấu kiện. Chính xác là, những ràng buộc này phải tác động ở bất cứ điểm nào trong kết cấu, nhưng trong thực tế cần phải giới hạn đối với J vị trí khớp dẻo có thể xảy ra. Điều này có thể đạt được bởi việc xem xét các mô men chỉ ở các đầu mút của cấu kiện và ở vị trí mô men lớn nhất trong các cấu kiện chịu tải.

Dựa trên lý thuyết tĩnh (biên dưới) của phân tích giới hạn điều kiện cân bằng (1.3) và điều kiện chảy dẻo (1.5) trình bày một điều kiện cần và đủ cho $\{M_p\}$ thiết kế có khả năng chịu được những tải trọng cho trước. Vì vậy, những thiết kế thỏa mãn điều kiện cân bằng và chảy dẻo là an toàn trong ý nghĩa rằng hệ số tải trọng ở phá hoại dẻo phải lớn hơn hoặc bằng với hệ số tải trọng cần thiết.

Dựa trên những phương trình (1.2), (1.3) và (1.5), chúng ta có thể lập công thức cho bài toán quy hoạch tuyến tính sau: tìm $\{M_p\}$ và $\{M\}$ để:

$$Z = \{l\}^T \{M_p\} \rightarrow \min \quad (1.6)$$

$$[C]\{M\} = \{P_u\} \quad (1.7)$$

$$-[T]\{M_p\} \leq \{M\} \leq [T]\{M_p\} \quad (1.8)$$

Bài toán quy hoạch tuyến tính hiện tại có $I+J$ biến, m phương trình, và $2J$ ràng buộc bất phương trình. Từ những mô men $\{M\}$ không hạn chế những giá trị không âm, chúng ta có thể biến đổi phương trình (1.8):

$$\{0\} \leq \{M\} + [T]\{M_p\} \leq 2[T]\{M_p\} \quad (1.9)$$

Định nghĩa biến thiết kế mới $\{X\}$:

$$\{X\} = \{M\} + [T]\{M_p\} \quad (1.10)$$

Thay vào phương trình (1.9):

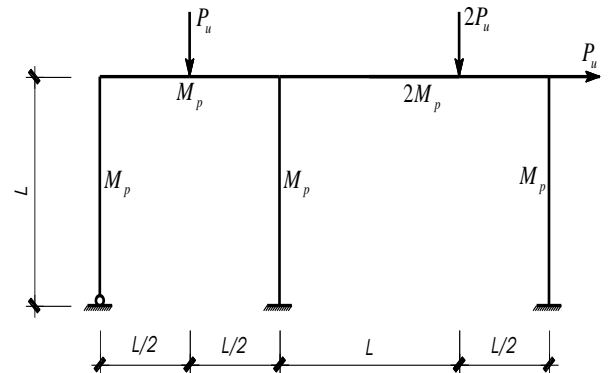
$$\{0\} \leq \{X\} \leq 2[T]\{M_p\} \quad (1.11)$$

Biến $\{X\}$ và các bất phương trình (1.11) có thể dùng thay cho $\{M\}$ và những ràng buộc của phương trình (1.8).

2. Ví dụ tính toán thiết kế tối ưu khung dẻo

2.1. Thiết kế theo phương pháp tổ hợp cơ cấu

Nguyên lý của phương pháp này là tìm cơ cấu phá hủy bằng cách tổ hợp một số cơ cấu cơ bản và độc lập. Tương ứng với mỗi cơ cấu, viết phương trình công ảo, từ đó tìm được phương trình cân bằng mô men. Theo định lý động học, trong số các cơ cấu khả dĩ, cơ cấu thật sẽ có trị số của M_p lớn nhất.

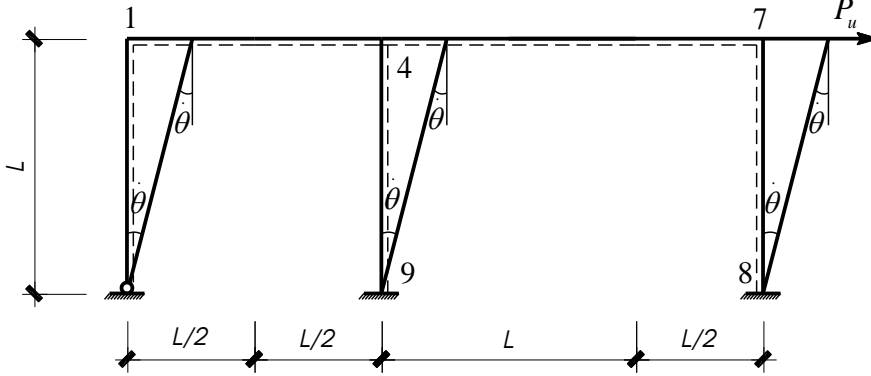


Hình 1. Sơ đồ kết cấu khung

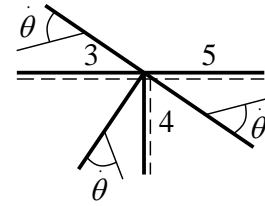
2.2. Thiết kế sử dụng Toolbox Matlab

.....

[Đối với hình ảnh và bảng biểu lớn có thể bố trí như sau]



Hình 2a. Cơ cấu pa nô



Hình 2b. Cơ cấu nút

Bảng 1: Bảng tổ hợp cơ cấu

Cơ cấu	Phương trình cân bằng	W_I / M_P	W_E / PL	α^+
Dầm 1 (a)	$-M_1 + 2M_2 - M_3 = 0.5P_u L$	4	0.5	8.000
Dầm 2 (b)	$-M_5 + 3M_6 - 2M_7 = 2P_u L$	10	2.0	5.000
(a)+(b)+(d)	$-M_1 + 2M_2 - 2M_5 + 3M_6 - 2M_7 = 2.5P_u L$	15	2.5	6.000
(b)-(d)	$-M_3 - M_4 + 3M_6 - 2M_7 = 2P_u L$	10	2	5.000
(a)+(b)+(c)-(d)	$2M_2 - 2M_3 + 3M_6 - 3M_7 + M_8 - M_9 = 3.5P_u L$	15	3.5	4.286

Trong đó:

- W_I là nội công suất ảo,
- W_E là ngoại công suất ảo.

3. Kết luận

Bài viết đã thiết lập bài toán thiết kế tối ưu khung dầm sử dụng phương pháp tĩnh học. Giải bài toán theo phương pháp tổ hợp

cơ cấu xác định được cơ cấu hình thành khớp dầm và biểu đồ mô men uốn. Kiểm chứng kết quả bằng phần mềm Matlab.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Bùi Công Thành, *Cơ kết cấu nâng cao*, NXB Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh, 2010.
- [2]. Garret N. Vanderplaats, *Numerical Optimization Techniques For Engineering Design*, McGraw – Hill Book Company, 1984.

Xác nhận của đơn vị

Vĩnh long, ngày.....tháng.....năm.....

Tác giả bài viết

[Đối với bài viết sau khi chỉnh sửa, phải có xác nhận của chuyên gia thẩm định]

Xác nhận của chuyên gia thẩm định

Vĩnh long, ngày.....tháng.....năm.....

Tác giả bài viết