

MÔ HÌNH GIÀN ẢO CHO DẦM CAO CÓ LỖ MỜ - THIẾT KẾ VÀ THỰC NGHIỆM

STRUT AND TIE MODEL FOR DEEP BEAM WITH OPENING – DESIGN AND EXPERIMENT

Đào Ngọc Thế Lực, Trương Hoài Chính

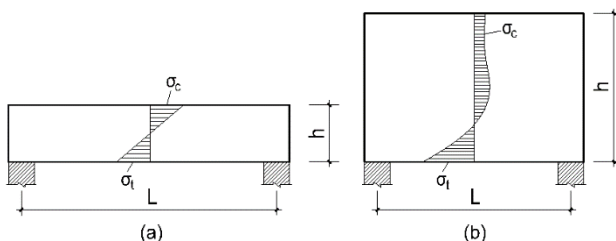
Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; dntluc@dut.udn.vn, thchinh@dut.udn.vn

Tóm tắt - Mô hình giàn ảo (strut and tie model) là công cụ tính toán thiết kế hữu hiệu, được thừa nhận và áp dụng tại nhiều nước trên thế giới để phân tích các hư hỏng hay thiết kế mới kết cấu bê tông cốt thép, đặc biệt là các khu vực chịu lực cục bộ, các khu vực không liên tục về mặt hình học hay tải trọng. Hiện nay, phương pháp này đã được đưa vào trong các tiêu chuẩn thiết kế như EuroCode 2, ACI, AASHTO, v.v... Ở Việt Nam, mô hình giàn ảo được đưa vào trong tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN-272-01. Tuy nhiên, hiện các tiêu chuẩn vẫn chưa có hướng dẫn cụ thể cho việc thiết kế dầm cao khoét lỗ, cũng như việc xác thực giữa thiết kế dầm cao khoét lỗ theo mô hình giàn ảo với các kết quả thí nghiệm. Bài viết này sẽ cung cấp một trình tự thiết kế cho dầm cao có lỗ mờ theo mô hình giàn ảo, từ đó thực hiện tính toán và thí nghiệm để đánh giá kết quả thiết kế.

Từ khóa - dầm cao; mô hình giàn ảo; dầm cao có lỗ mờ; ACI318-11; dầm bê tông cốt thép

1. Đặt vấn đề

Trong thiết kế, tính toán dầm bê tông cốt thép thông thường thì giả thiết Bernulli là một giả thiết quan trọng. Tuy nhiên, giả thiết này không còn chính xác với các dầm cao do phân bố biến dạng trong dầm cao là phi tuyến. Do đó, phương pháp tính toán như dầm thông thường không còn phù hợp đối với tính toán dầm cao, cần một phương pháp khác. Một phương pháp được áp dụng rộng rãi để thiết kế, tính toán dầm cao là phương pháp mô hình “giàn ảo” [1-6]. Phương pháp này cũng rất hiệu quả khi sử dụng để phân tích các hư hỏng cũng như thiết kế mới kết cấu bê tông cốt thép, đặc biệt là các khu vực chịu lực cục bộ (khu vực không liên tục) trong kết cấu như: bộ cọc, khu vực neo dự ứng lực đầu dầm, khu vực đặt gối xà mũ trụ...



Hình 1. Ứng suất trong (a) dầm thường, (b) dầm cao

Mặc dù đã được khởi đầu từ cuối thế kỷ 19, nhưng mô hình tính kết cấu này mới được nghiên cứu và phát triển mạnh mẽ ở châu Âu và Bắc Mỹ trong thời gian gần đây, và đã được cập nhật trong nhiều tiêu chuẩn thiết kế tiên tiến trên thế giới như EuroCode 2, ACI, AASHTO, v.v... Ở Việt Nam, trong những năm gần đây, phương pháp này đã được một số nhà khoa học ở các cơ quan nghiên cứu, đào tạo và tư vấn thiết kế lớn bước đầu nghiên cứu tiếp cận và triển khai áp dụng. Các nghiên cứu áp dụng này đã khẳng định tính hiệu quả của phương pháp cũng như sự cần thiết

Abstract - Strut and tie model, an effective tool, has been widely recognized and applied in many countries in the world to analyze damage or design new reinforced concrete structures, especially for structures with discontinuity in geometry or load, etc. Today, this method has been introduced in many design standards such as EuroCode 2, ACI, ASSHTO, etc. and 22TCN-272-01 in Vietnam. However, these standards do not provide detailed instructions for design of deep beam with opening as well as comparisons between design and experimental results. This paper provides detailed instructions for design of deep beam with opening using strut and tie model, and then carries out experimental research to evaluate the design results.

Key words - deep beam; strut and tie model; openings in deep beam; ACI318-11, reinforced concrete beam

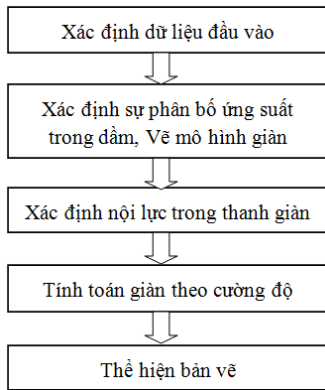
của việc áp dụng nó trong thiết kế kết cấu bê tông cốt thép. Phương pháp đã chính thức được đưa vào tiêu chuẩn thiết kế cầu 22TCN-272-01 và được cập nhật lại vào năm 2005.

Hiện nay, tại Việt Nam, các công trình nhà cao tầng, kết cấu dầm cao được sử dụng phổ biến để thay đổi hệ kết cấu đứng (kết cấu khung bên dưới và kết cấu vách bên trên). Trên chiều cao dầm có bố trí các lỗ mờ để cho hệ thống đường ống kỹ thuật đi qua, lúc đó sự phân bố ứng suất trong dầm phức tạp hơn, mô hình giàn ảo sẽ hiệu quả với trường hợp này. Tuy nhiên, hiện các tiêu chuẩn chưa có hướng dẫn cụ thể cho việc thiết kế dầm cao khoét lỗ, cũng như xác thực giữa thiết kế dầm cao khoét lỗ theo mô hình giàn ảo với các kết quả thí nghiệm. Bài viết này sẽ trình bày các bước thiết kế chi tiết để chỉ dẫn cho việc tính toán dầm cao có lỗ mờ sử dụng mô hình giàn ảo và tiến hành thí nghiệm để kiểm tra các thiết kế.

2. Thiết lập quy trình thiết kế dầm cao có lỗ mờ theo mô hình giàn ảo

Mô hình giàn ảo có thể được hiểu như sau: Ở trạng thái ban đầu, kết cấu làm việc đàn hồi, một trường ứng suất đàn hồi tồn tại có thể xác định bằng cách sử dụng phương pháp phân tích đàn hồi. Khi hình thành vết nứt, trường ứng suất này sẽ thay đổi, gây ra sự phân bố lại các thành phần nội lực. Khi đó có thể tưởng tượng kết cấu bê tông cốt thép được mô phỏng bằng một kết cấu giàn ảo, bao gồm các thanh chịu nén, các thanh giằng chịu kéo và các mối nối của các thanh đó là vùng nứt của giàn ảo. Nếu có sẵn bức ảnh về các mẫu vết nứt, thì có thể giúp ta chọn một mô hình giàn ảo tốt nhất hoặc có thể căn cứ vào trường phân bố ứng suất đàn hồi. Các thanh chống có cốt thép nằm ngang để chống nứt có thể chịu tải trọng lớn hơn và sẽ hư hỏng do bị nén vỡ. Sự hư hỏng cũng có thể do sự chảy dẻo của các thanh giằng chịu kéo có chiều hướng phá hoại dẻo.

cụ thể và được tóm tắt bằng giản đồ sau:

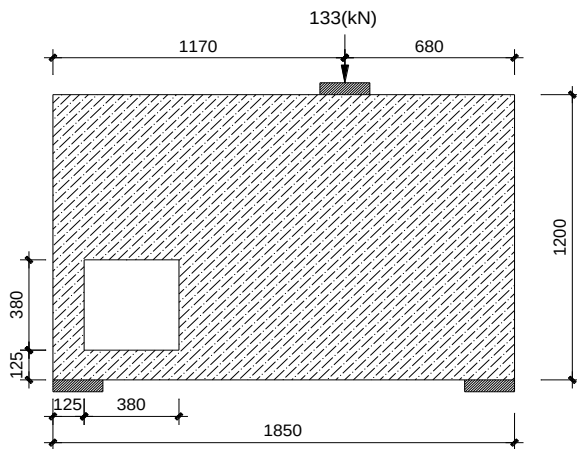


Hình 3. Sơ đồ thực hiện thiết kế dầm có khoét lỗ

3. Thiết kế mẫu và thí nghiệm dầm cao có lỗ mở theo mô hình giàn ảo

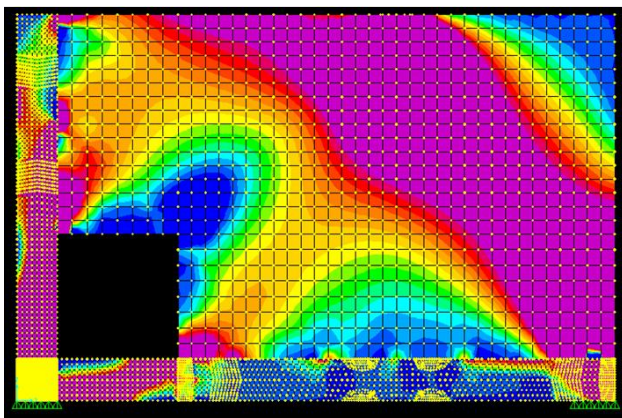
a. Thiết kế mẫu

Cho dầm cao có chiều dài dầm $l=1.850$ mm, chiều cao $d=1.200$ mm, chiều dày $b=120$ mm. Khoét lỗ kích thước $380\text{ mm}\times 380$ mm. Lực tập trung là $P=133$ kN, sử dụng bê tông có $f'_c=11,5$ MPa, cốt thép có $f_y=280$ MPa, kích thước gối tựa và gối đặc tải trọng là $200\text{ mm}\times 120$ mm.



Hình 4. Sơ đồ thực hiện thiết kế dầm có khoét lỗ

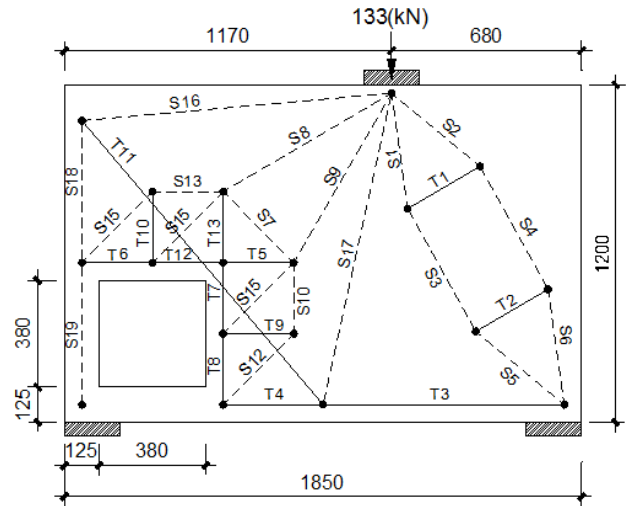
Bước 2: Sử dụng SAP xây dựng mô hình xác định trạng thái ứng suất trong dầm.



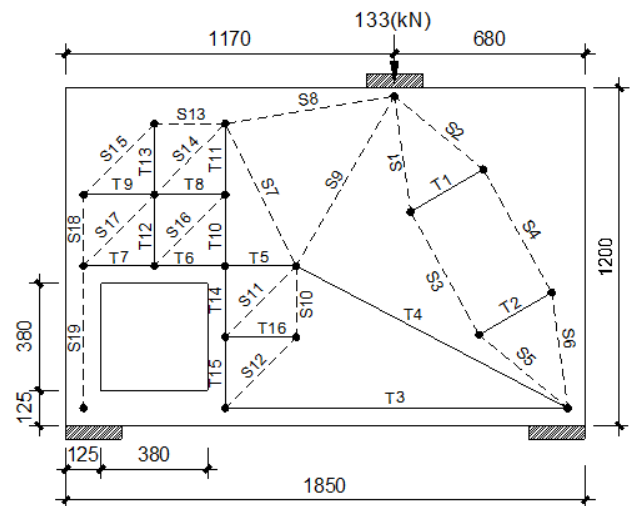
Hình 5. Phổ phân bố ứng suất trong dầm

Như đã biết với một kết cấu phân tích theo mô hình giàn

ảo có thể hiện phân tích thành nhiều mô hình giàn, dưới đây là hai mô hình giàn ứng với phổ ứng suất trong Hình 5.



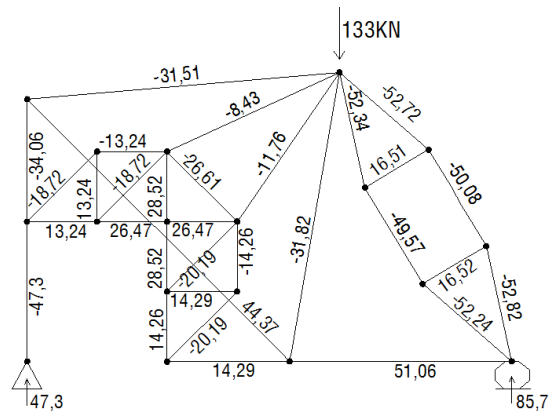
Hình 6. Mô hình giàn ảo trường hợp 1



Hình 7. Mô hình giàn ảo trường hợp 2

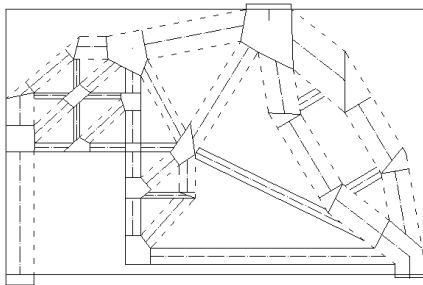
Tính toán giàn theo trường hợp 1

Bước 3: Xác định nội lực trong thanh giàn, sử dụng phần mềm SAP2000 để tính nội lực giàn.

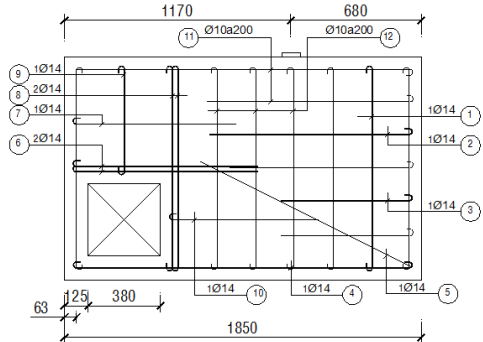


Hình 8. Nội lực trong thanh giàn trường hợp 1

Bước 4: Tính toán giàn theo điều kiện cường độ
Kiểm tra khả năng chịu tải tại vị trí đặt tải và gối tựa:



Hình 12. Mô tả mô hình giàn trường hợp 2



Hình 13. Bố trí cốt thép cho dầm trường hợp 2

b. Mô hình thí nghiệm

Thực hiện chế tạo mẫu để thí nghiệm xác thực kết quả tính toán thiết kế ở trên.



Hình 14. Lắp đặt cốt thép trường hợp 1 và 2



Hình 15. Kết quả thí nghiệm trường hợp 1 và 2

Kết quả thí nghiệm cho thấy tải trọng gây nứt vượt quá giá trị thiết kế $P_{TN} = (1,38 \div 1,65)P_{tk}$. Các vết nứt phân bố trên mẫu cắt ngang qua vị trí các thanh chịu kéo. Bề rộng khe nứt lớn trên mẫu xuất hiện tại vị trí phù hợp với vị trí xuất hiện lực kéo lớn trong thanh giàn. Ngoài ra, mô hình giàn ảo được thiết kế theo trường hợp 1 hiệu quả hơn do khả năng chịu tải trọng lớn hơn với lượng cốt thép sử dụng nhỏ hơn.

Dầm cao	Trọng lượng thép (kg)	P thiết kế (tấn)	P nứt (tấn)
Trường hợp 1	30,41	133	219,5
Trường hợp 2	34,28	133	183,0

4. Kết luận

Bài báo trình bày quy trình tính toán thiết kế cho dầm cao có khoét lỗ sử dụng mô hình giàn ảo và áp dụng quy trình này để thiết kế cho 1 dầm cao cụ thể. Với mỗi dầm cao, có thể có nhiều phương án giàn ảo khác nhau. Bài báo cũng tiến hành thí nghiệm so sánh 2 phương án thiết kế cho cùng 1 dầm cao có khoét lỗ. Kết quả thí nghiệm cho thấy phương pháp thiết kế này cho kết cấu đảm bảo khả năng chịu lực yêu cầu và ứng xử phù hợp với mô hình phân tích. Ngoài ra, kết quả thí nghiệm cũng cho thấy cần tính toán so sánh các phương án giàn ảo khác nhau để đưa ra kết cấu hiệu quả nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] PGS.TS. Nguyễn Việt Trung (Chủ biên), ThS. Dương Tuấn Minh, KS. Nguyễn Thị Tuyết Trinh, *Tính toán kết cấu bê tông cốt thép theo mô hình giàn ảo*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2005.

[2] *Examples for the Design of Structural Concrete With Strut – and – Tie Models*, International SP-208.

[3] James K.Wight and Gustavo j.Parra- MontesiNos, “Strut – and – tie Model for Deep beam Design”, A practical exercise using Appendix a of the 2002 ACI building Code.

[4] Sergio F. Brena and Micah C.Morrison, “Factors Affecting strength of elements Designed using Strut-and-model”, *ACI structural journal, Technical Paper*.

[5] David Bircher, Robin Tuchscherer, Matt Huizinga, oguzhan Bayrak, Sharon Wood, James Jirsa, *Examples for the design of structural concrete with strut and tie models, strength and serviceability design of reinforced concrete deep beam*.

[6] ACI318-11, *Building code Requirements for structural concrete and commentary*, American Concrete Institute, Farmington Hills.