

Mô phỏng và tính dầm liên hợp thép bê tông bằng cách kết hợp phần tử dầm và tấm

■ **ThS. ĐỖ THỊ HẰNG**

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Dầm liên hợp thép bê tông được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng. Bài báo trình bày việc mô phỏng và tính toán dầm liên hợp thép và bê tông bằng phần mềm Sap2000. Nội lực và chuyển vị của dầm liên hợp thép bê tông đã được tính toán thông qua việc sử dụng kết hợp phần tử dầm và tấm trong Sap2000. Thực hiện các ví dụ để tính nội lực và chuyển vị của dầm, so sánh với kết quả tính toán bằng lý thuyết dầm cổ điển cho thấy kết quả mô phỏng có độ tin cậy cao, có thể sử dụng trong việc tính toán nội lực thiết kế công trình.

TỪ KHÓA: Dầm I liên hợp, phần tử hữu hạn, dầm, tấm.

ABSTRACT: Steel-concrete composite beams have been widely used in civil engineering. In this paper, Sap2000 computer program has been used to model steel-concrete composite I-Beams. Analysis of the displacement and internal force of steel-concrete composite beams under the vertical load are employed by using the coupling of beam and shell finite elements in Sap2000 software. By comparing these results with the classical beam theory, the present results of analyzing steel-concrete composite beams to an acceptable accuracy.

KEYWORDS: Steel-concrete composite beams, FEM, beam, plate.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết cấu dầm liên hợp thép bê tông sử dụng hợp lý tính chất của thép và bê tông nên đã được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng nhất là xây dựng cầu. Kết cấu này được sử dụng rộng rãi trong các cầu vượt đô thị và kết cấu công trình cầu của nước ta vì các đặc điểm của nó là trọng lượng nhẹ, độ cứng lớn, độ dẻo tốt, độ bền cao, độ ổn định tốt và thời gian thi công ngắn.

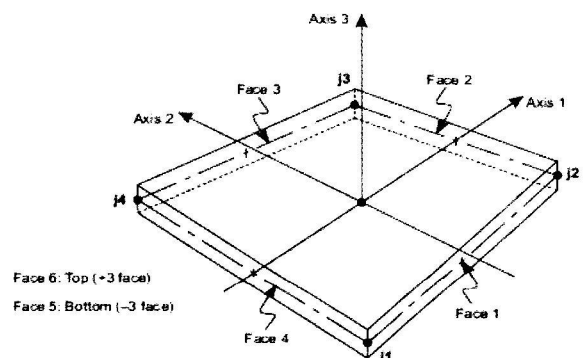
N.T.T Trinh và M.V Hà [1] đã nghiên cứu ứng xử của cầu dầm liên hợp kiểu mới không có dầm ngang trung gian. P.V Phê và Đ.T Hằng [2] đã phát triển lý thuyết dầm bậc cao dựa trên cách tiếp cận sử dụng năng lượng biến dạng bù. V.A Tuấn và H.N Đức [3] đã tính toán để thiết kế tối ưu dầm liên hợp thép - bê tông cốt thép sử dụng tiêu chuẩn Eurocode 4 với mục đích tối ưu trọng lượng dầm thép. Xu và cộng sự [4] đã nghiên cứu độ trượt mặt tiếp giáp giữa

thép và bê tông, biến dạng của dầm bê tông thép liên hợp chịu tải trọng thẳng đứng, đưa ra công thức tính độ trượt của mặt tiếp giáp giữa thép và bê tông. Trên cơ sở đó, Liu [5] đã đưa ra các giải pháp phân tích dầm bê tông thép liên hợp chịu tải trọng thẳng đứng, có thể sử dụng để thu được các biểu thức tính ứng suất và chuyển vị của dầm liên hợp thép bê tông. Li và cộng sự [6] đã nghiên cứu ứng xử của dầm liên hợp thép bê tông liên tục với các lỗ mở ở sườn dầm bằng thực nghiệm và mô phỏng phần tử hữu hạn. Ashraf Mohamed Mahmoud [7] sử dụng phần mềm Ansys mô phỏng dầm liên hợp thép bê tông dạng kép ở hai biên cánh dầm sử dụng phần tử hữu hạn phi tuyến có xét đến sự trượt giữa bản bê tông và thép. Lin [8,9] đã nghiên cứu các mối quan hệ giữa tải trọng và chuyển vị, sự hình thành vết nứt và quá trình phát triển vết nứt, sự phân bố trượt tại mặt tiếp giáp của dầm thép và bản bê tông của các dầm liên hợp chịu mô-men âm, từ đó xây dựng mô hình phần tử hữu hạn tính dầm liên hợp chịu mô-men âm.

Tuy đã có nhiều nghiên cứu về dầm liên hợp thép bê tông nhưng vẫn cần thiết nghiên cứu sâu sắc thêm các phương pháp mô phỏng tính toán dầm liên hợp thép bê tông. Nghiên cứu này sử dụng phần mềm Sap2000 để mô phỏng và tính toán nội lực của dầm liên hợp có dạng mặt cắt chữ I bằng cách phối hợp sử dụng phần tử dạng dầm và tấm kèm theo điều kiện ràng buộc về chuyển vị.

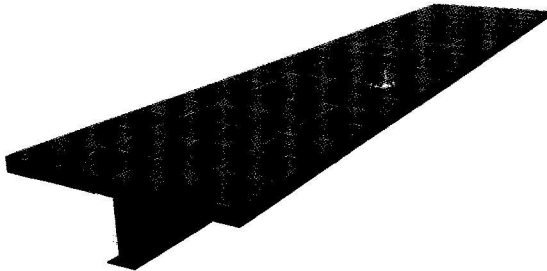
2. MÔ PHỎNG DẦM LIÊN HỢP THÉP BÊ TÔNG BẰNG PHẦN MỀM SAP2000

Để mô phỏng dầm liên hợp ta có thể mô hình hóa sử dụng phần tử dạng tấm - vỏ hoặc kết hợp phần tử dầm - tấm vỏ. Khi kết hợp phần tử dầm để mô phỏng thì giảm khối lượng tính toán đi rất nhiều, nhất là các bài toán động, bài toán chịu tải trọng di động, bài toán phi tuyến.



Hình 2.1: Phần tử tấm/vỏ bốn nút trong Sap2000 [10]

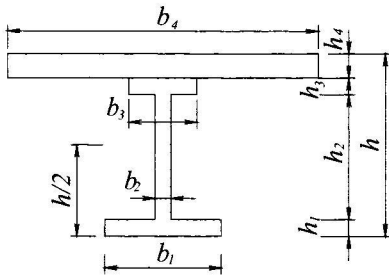
Cụ thể trong nghiên cứu này phần mềm Sap2000 [10] được sử dụng để mô phỏng dầm liên hợp thép bê tông. Bản bê tông dùng dạng phần tử kiểu tấm vỏ bốn nút minh họa ở Hình 2.1. Dầm thép mô phỏng dùng dạng phần tử thanh khung hai nút. Để hai kiểu phần tử này làm việc đồng thời như một kết cấu liền khối ta sử dụng điều kiện ràng buộc chuyển vị dạng khối cứng (Body constraint) trong Sap2000 [10].



Hình 2.2: Mô phỏng dầm liên hợp thép bê tông trong Sap2000

3. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Mô phỏng dầm liên hợp thép bê tông có chiều dài nhịp $L = 10\text{ m}$ và có tiết diện ngang như Hình 3.1:



Hình 3.1: Mặt cắt ngang dầm I liên hợp

Thông số kích thước mặt cắt ngang dầm:

$$h_1 = 0,02\text{ m}; h_2 = 0,56\text{ m}; h_3 = 0,02\text{ m}; h_4 = 0,15\text{ m};$$

$$b_1 = 0,3\text{ m}; b_2 = 0,012\text{ m}; b_3 = 0,3\text{ m}; b_4 = 2,4\text{ m};$$

Dầm chịu tải trọng rải đều $q=10\text{ kN/m}$.

Bản bê tông có $f'_c = 28\text{ MPa}$, hệ số nở ngang $\nu = 0,3$, khối lượng riêng $p = 2500\text{ kg/m}^3$, mô-đun đàn hồi của bê tông tính theo công thức:

$$E_c = 0,043p^{1,5} \sqrt{f'_c} \approx 28,44 \cdot 10^3\text{ (MPa)}$$

Để kiểm tra kết quả mô phỏng chúng ta sử dụng lý thuyết dầm cổ điển như trong các giáo trình sức bền vật liệu. Ở đây, dầm gồm hai loại vật liệu ta quy về một loại vật liệu duy nhất là thép, tính toán ta có mô-men quán tính tương đương của tiết diện là:

$$I_{td} = 3,21 \cdot 10^{-3}\text{ m}^4$$

Độ võng tại giữa dầm theo lý thuyết dầm cổ điển:

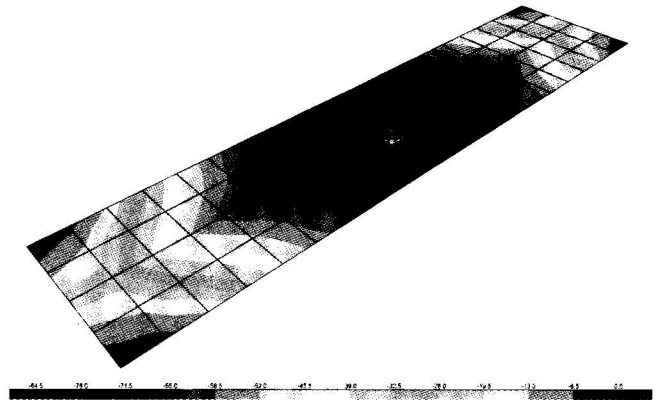
$$w = \frac{5qL^4}{384E_c I_{td}} = \frac{5 \times 10^4 \times 10^4}{384 \times 2,10^{11} \times 3,21 \cdot 10^{-3}} = 0,002\text{ (m)}$$



Hình 3.2: Biến dạng của dầm (kết quả từ Sap2000)

Khi mô phỏng bằng phần mềm Sap2000 ta chia dầm thành 20 phần tử bằng nhau, phần cánh dầm chia thành lưới 4×20 như ở Hình 2.2, các nút của dầm và nút ở dọc giữa bản cánh được áp điều kiện ràng buộc chuyển vị để ứng xử gần giống với sự làm việc thật của kết cấu. Kết quả mô phỏng thu được biến dạng của dầm như Hình 3.2 và biểu đồ ứng suất pháp trong bản bê tông như Hình 3.3. Chuyển vị lớn nhất ở giữa dầm là $0,0022\text{ m}$, như vậy lớn hơn kết quả tính toán bằng lý thuyết dầm cổ điển.

Khi mô phỏng bản cánh là dạng kết cấu tấm ta thấy rõ rệt sự khác biệt so với lý thuyết dầm cổ điển về phân bố của ứng suất pháp. Với lý thuyết dầm cổ điển tại một mặt cắt ngang và cùng một cao độ thì ứng suất pháp sẽ như nhau, còn ở đây kết quả mô phỏng cho thấy ứng suất pháp lớn nhất ở ngay đỉnh của bản sườn dầm và giảm dần ra mép cánh dầm. Kết quả này phù hợp hơn với ứng suất thực tính theo mô hình ba chiều.



Hình 3.3: Biểu đồ ứng suất pháp ở bản bê tông dầm liên hợp

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã mô phỏng dầm I liên hợp thép bê tông sử dụng kết hợp phần tử tấm và dầm trong phần mềm Sap2000. Kết quả mô phỏng tính toán được so sánh với mô hình lý thuyết dầm cổ điển trong sức bền vật liệu. Kết quả tính toán cho thấy độ lệch của chuyển vị nhỏ đảm bảo độ tin cậy nhưng với mô hình kết hợp phần tử dầm và tấm thì chuyển vị mô phỏng lớn hơn so với kết quả tính toán bằng lý thuyết dầm cổ điển. Với phương pháp mô phỏng bản cánh dầm liên hợp là tấm cho thấy rõ kết quả phân bố ứng suất pháp sát thực tế hơn so với mô hình dầm cổ điển. Kết quả mô phỏng tính toán hoàn toàn tin cậy có thể sử dụng để tính toán thiết kế công trình.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong đề tài mã số T2021-CT-004.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Trinh NTT, Ha MV. (2015), *Phân tích ứng xử của cấu dầm liên hợp kiểu mới không có dầm ngang trung gian*, Tạp chí GTVT, 10.
- [2]. Phê PV, Hằng ĐT (2019), *Phát triển lý thuyết dầm bậc cao dựa trên năng lượng biến dạng bù*, Tạp chí GTVT.
- [3]. Tuấn VA, Đức HN. (2011), *Thiết kế tối ưu dầm liên*

hợp thép - bê tông cốt thép, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Xây dựng, 9.

[4]. Xu Z-W, Jiang L-Z, Li J. (2003), *The interface slip and deformation of steel-concrete composite beams under concentrated loads* *Tumu Gong cheng Xuebao*, 36.

[5]. Liu HB, Ma H, Liu TM, Zhang YL. (2010), *Analytical solution of steel-concrete composite beam under vertical loads*, *Zhongguo Gonglu Xuebao/China Journal of Highway and Transport*, 23, 39-44.

[6]. Chen T, Gu X, Li H. (2011), *Behavior of steel-concrete composite cantilever beams with web openings under negative moment*, *International Journal of Steel Structures*, 11, 39-49.

[7]. Mahmoud AM. (2016), *Finite element modeling of steel concrete beam considering double composite action*, *Ain Shams Engineering Journal*, 7, 73-88.

[8]. Lin W, Yoda T, Taniguchi N, Kasano H, He J. (2014), *Mechanical Performance of Steel-Concrete Composite Beams Subjected to a Hogging Moment*, *Journal of Structural Engineering*, 140, 04013031.

[9]. Lin W, Yoda T. (2014), *Numerical study on horizontally curved steel-concrete composite beams subjected to hogging moment*, *International Journal of Steel Structures*, 14, 557-69.

[10]. Computers and Structures I. (2010), *CSI analysis reference manual for Sap2000, Etabs and Safe*: Berkeley, California, USA.

Ngày nhận bài: 10/3/2021

Ngày chấp nhận đăng: 01/4/2021

Người phản biện: TS. Đào Sỹ Đán

ThS. Nguyễn Ngọc Lâm