

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ SỬ DỤNG BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO TRONG KẾT CẤU SÀN PHẪNG BÊ TÔNG CỐT THÉP TOÀN KHỐI

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF USING HIGH-STRENGTH CONCRETE IN REINFORCED CONCRETE FLAT SLAB SYSTEMS

TS. Nguyễn Ngọc Nam - Giảng viên, Khoa Xây dựng - Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội
Email: nnnam_hau@hotmail.com - Điện thoại: 0986989133

Tóm tắt: Bài báo phân tích hiệu quả sử dụng bê tông cường độ cao trong kết cấu sàn phẳng bê tông cốt thép toàn khối không dầm, không mũ cột của công trình có hệ khung-vách. Trên cơ sở phương pháp khung thay thế và điều kiện chọc thủng theo TCVN 5574:2018, nghiên cứu thiết lập quan hệ giữa chiều dày bản sàn, nhịp, cấp bê tông và khả năng chịu lực. Kết quả cho thấy hiệu quả của việc tăng cấp bê tông đối với sàn là phi tuyến và giảm rõ rệt sau khoảng B35-B45, trong khi việc sử dụng bê tông cường độ cao cho cột mang lại hiệu quả rõ ràng hơn. Kết quả nghiên cứu có thể sử dụng làm cơ sở tham khảo trong thiết kế sơ bộ sàn phẳng bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn Việt Nam cũng như cung cấp cơ sở thực tiễn phục vụ việc lựa chọn hợp lý cấp bê tông trong thiết kế sàn phẳng.

Từ khóa: Bê tông cường độ cao; sàn phẳng; chọc thủng; TCVN 5574:2018; khung - vách.

Abstract: This study evaluates the effectiveness of using high-strength concrete in reinforced concrete flat slab systems without beams and column capitals in buildings with frame-shear wall structural systems. Based on the equivalent frame method and punching shear provisions of TCVN 5574:2018, relationships between slab thickness, span and concrete strength are established. The results indicate nonlinear efficiency with diminishing returns beyond B35-B45, while benefits for columns remain significant. The results can be used as a reference for preliminary structural design of flat slab systems in accordance with Vietnamese standards. The findings provide practical guidance for selecting appropriate concrete strength in flat slab design.

Keywords: High-strength concrete; flat slab; punching shear; TCVN 5574:2018; frame-shear wall system.

1. Mở đầu

Hiện nay, trong xây dựng dân dụng, kết cấu bê tông cốt thép toàn khối chiếm tỷ trọng lớn. Một trong những sơ đồ kết cấu phổ biến của các công trình nhà nhiều tầng là hệ kết cấu khung bê tông cốt thép kết hợp vách cứng (khung-vách), trong đó khung chịu tải trọng đứng và vách cứng đảm nhận phần lớn tải trọng ngang.

Cùng với sự phát triển của vật liệu xây dựng, bê tông cường độ cao ngày càng được sử dụng rộng rãi. Tuy nhiên, việc sử dụng loại bê tông này cho các cấu kiện khác nhau trong hệ kết cấu, đặc biệt là sàn phẳng, cần được đánh giá một cách hợp lý về hiệu quả kinh tế - kỹ thuật.

Sàn phẳng bê tông cốt thép toàn khối không dầm, không mũ cột là giải pháp kết cấu đáp ứng tốt các yêu cầu kiến trúc hiện đại như mặt bằng linh hoạt, giảm chiều cao tầng và tăng hiệu quả sử dụng không gian [1]. Tuy nhiên, khả năng chịu lực của sàn phẳng thường bị chi phối bởi điều kiện chọc thủng tại vùng cột.

Các nghiên cứu trước đây chủ yếu dựa trên tiêu chuẩn nước ngoài như CII 63.13330.2018 [3]. Trong khi đó, chưa có nhiều nghiên cứu đánh giá

một cách hệ thống hiệu quả sử dụng bê tông cường độ cao trong sàn phẳng theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 5574:2018).

Do đó, nghiên cứu này góp phần lấp khoảng trống nêu trên thông qua việc đánh giá hiệu quả sử dụng bê tông cường độ cao trong sàn phẳng bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 5574:2018), với các mục tiêu cụ thể như sau:

- Xác định phạm vi sử dụng hợp lý của bê tông cường độ cao trong sàn phẳng bê tông cốt thép toàn khối không dầm, không mũ cột trong hệ kết cấu khung-vách;
- Đánh giá hiệu quả sử dụng bê tông cường độ cao đối với cột;
- Thiết lập quan hệ giữa chiều dày sàn, nhịp và cấp bê tông làm cơ sở cho thiết kế sơ bộ.
- Xây dựng một số nhiệm vụ nghiên cứu cần thiết để giải quyết các vấn đề phát sinh trong quá trình thiết kế công trình.

Trong tính toán sàn phẳng không dầm, không mũ cột, người ta sử dụng một loạt các phương pháp chính xác như: phương pháp Galerkin, Levy, Marcus [1], cũng như phương pháp phần tử hữu hạn. Bên cạnh các phương pháp chính xác, trong thực tiễn

thiết kế, phương pháp “khung thay thế” [2] được sử dụng rộng rãi, vì nó tương đối đơn giản và cho kết quả hội tụ khá tốt với các số liệu thực nghiệm.

Trong nghiên cứu này, nội lực trong sàn được xác định theo phương pháp “khung thay thế”, với các giả thiết chính bao gồm:

- Bề rộng tính toán của dầm giả định bằng $3h_{col}$;
- Phần nhịp của sàn được coi là bản ngàm cứng theo chu vi;

- Công trình có lưới cột vuông trong mặt bằng;
- Việc tính toán được thực hiện cho nhịp giữa;
- Kích thước tiết diện cột là không đổi và bằng 40×40 cm;

Tiêu chí chính để lựa chọn chiều dày tiết diện sàn là đảm bảo khả năng chịu lực theo điều kiện chọc thủng [3, 4]. Trong đó đã xem xét hai trường hợp tính toán: không có cốt thép ngang và có cốt thép ngang với hàm lượng nhỏ nhất có thể.

2. Xác định tải trọng tác dụng lên bản sàn

Xét bản sàn bê tông cốt thép toàn khối có chiều dày h (m). Các tải trọng được sử dụng cho tính toán được trình bày trong Bảng 1 phù hợp với TCVN 2737:2023 [5]:

Bảng 1. Tải trọng trên 1 m^2 sàn

| Thành phần tải trọng | Tải tiêu chuẩn (kN/m ²) | Hệ số γ_r | Tải tính toán (kN/m ²) |
|-----------------------|-------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| Bản thân bản sàn BTCT | 25h | 1,10 | 27,5h |
| Lớp vữa cán nền | 0,36 | 1,30 | 0,468 |
| Gạch lát | 0,20 | 1,10 | 0,220 |
| Tải trọng phụ khác | 0,20 | 1,10 | 0,220 |
| Hoạt tải sử dụng | 2,00 | 1,20 | 2,400 |

Tổng tải trọng tính toán:
 $q = 27,50h + 3,308 \text{ (kN/m}^2 \text{)}$ (1)

3. Xác định chiều dày bản sàn theo điều kiện chọc thủng

Xét bản sàn không có cốt thép chống chọc thủng, không xét mô men tại nút, cột trong tiết diện vuông $0,40 \times 0,40$ m.

3.1. Các đại lượng tính toán

Lực chọc thủng tại cột được xác định theo tải trọng phân bố trên ô sàn như sau:

$F = ql^2 = (27,50h + 3,308) l^2$ (2)

Trong đó:

q: tải trọng phân bố đều trên sàn;

l: nhịp ô sàn.

Chiều cao làm việc của tiết diện (với giả thiết $a = 30$ mm):

$h_0 = h - a = h - 0,03$ (3)

Chu vi đường bao tính toán chọc thủng:

$u = 4(h_{col} + h_0) = 4(h + 0,37)$ (4)

3.2. Điều kiện chọc thủng

Theo TCVN 5574:2018, điều kiện đảm bảo khả năng chịu lực:

$F \leq R_{bt} \cdot u \cdot h_0$ (5)

Thay các biểu thức (1) - (4) vào (5) ta có:

$(27,50h + 3,308) l^2 \leq 4R_{bt} (h + 0,37)(h - 0,03)$ (6)

3.3. Công thức xác định chiều dày bản sàn

Tại trạng thái tới hạn:

$(27,50h + 3,308) l^2 = 4R_{bt} (h + 0,37)(h - 0,03)$

Suy ra phương trình:

$4R_{bt} h^2 + (1,36R_{bt} - 27,50l^2)h - (0,0444R_{bt} + 3,308l^2) = 0$

Giải phương trình thu được chiều dày tối thiểu:

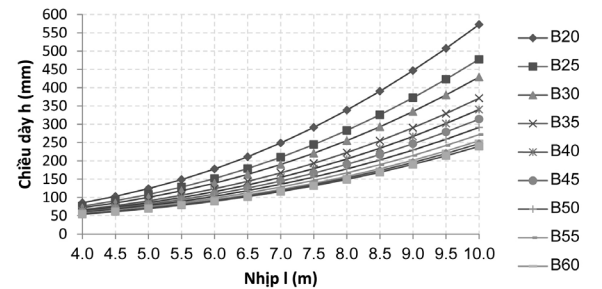
$$h = \frac{27,50l^2 - 1,36R_{bt} + \sqrt{(1,36R_{bt} - 27,50l^2)^2 + 16R_{bt}(0,0444R_{bt} + 3,308l^2)}}{8R_{bt}} \quad (7)$$

3.4. Công thức xác định nhịp

$$l \leq \sqrt{\frac{4R_{bt}(h + 0,37)(h - 0,03)}{27,50h + 3,308}} \quad (8)$$

4. Phân tích ảnh hưởng của cấp bê tông đối với đối với sàn phẳng bê tông cốt thép trong hệ kết cấu khung-vách

Chiều dày bản h phụ thuộc vào cấp bê tông và nhịp được trình bày dưới dạng đồ thị (hình 1).

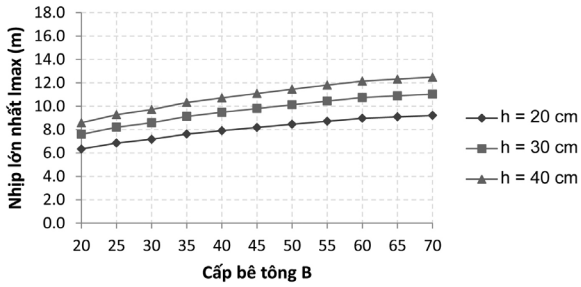


Hình 1. Quan hệ giữa chiều dày bản, nhịp sàn và cấp bê tông

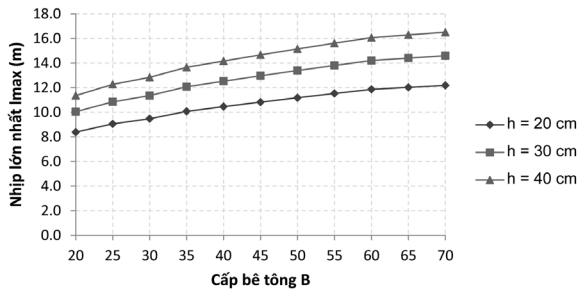
Từ các đồ thị có thể nhận thấy rằng, sự phụ thuộc của nhịp lớn nhất của sàn vào cấp bê tông là phi tuyến. Để có thể thu được hình ảnh trực quan hơn, nghiên cứu đã xây dựng đồ thị quan hệ giữa nhịp lớn nhất và cấp bê tông với các chiều dày sàn là 20; 30; 40 cm (hình 2), vì trong thực tế thiết kế, các giá trị này là phổ biến nhất.

Phân tích các đồ thị thể hiện quan hệ giữa cấp bê tông, chiều dày và nhịp của sàn đã thu được có thể thấy rằng việc sử dụng bê tông cường độ cao, bắt đầu từ B35–B40, trở nên kém hiệu quả.

Những kết luận tương tự cũng có thể rút ra khi xác định quan hệ giữa nhịp và cấp bê tông với cùng chiều dày sàn, trong trường hợp bố trí cốt thép ngang trong vùng chọc thủng (hình 3).



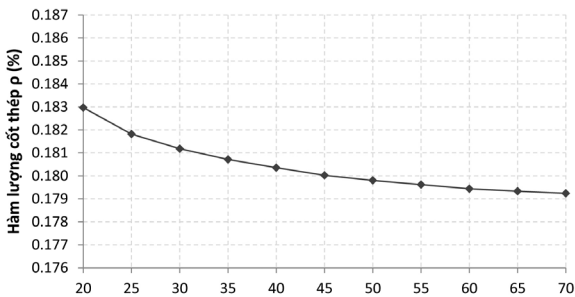
Hình 2. Quan hệ giữa nhịp lớn nhất l_{max} và cấp bê tông khi không có cốt thép ngang



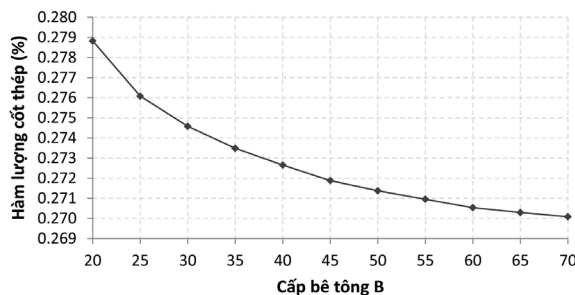
Hình 3. Quan hệ giữa nhịp lớn nhất l_{max} và cấp bê tông khi có cốt thép ngang

Ngoài việc đánh giá mức độ hiệu quả của việc tăng cấp bê tông đối với sàn theo điều kiện chọc thủng, nghiên cứu đã xem xét ảnh hưởng của việc tăng cấp bê tông đối với sàn theo điều kiện tính toán cường độ trên tiết diện thẳng góc.

Các đồ thị thể hiện mức độ ảnh hưởng của cấp bê tông đến hàm lượng cốt thép yêu cầu cho dải bản ở nhịp và trên cột, với chiều dày sàn 20 cm và nhịp 7,2 m, được trình bày ở hình 4 và 5.



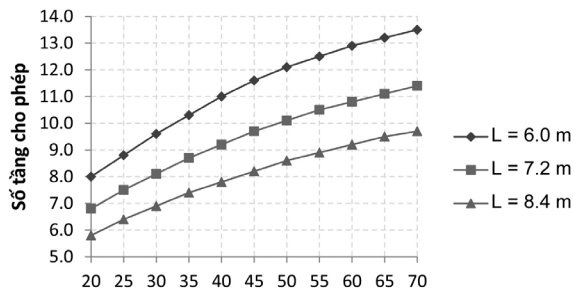
Hình 4. Ảnh hưởng của cấp bê tông đến hàm lượng cốt thép yêu cầu cho dải bản ở nhịp



Hình 5. Ảnh hưởng của cấp bê tông đến hàm lượng cốt thép yêu cầu cho dải bản trên cột

Từ các đồ thị có thể kết luận rằng ảnh hưởng của cấp bê tông đến hàm lượng cốt thép của tiết diện chịu uốn là lớn hơn đối với dải bản trên cột, và việc tăng cấp bê tông ít làm tăng hàm lượng cốt thép đối với dải bản ở nhịp. Đồng thời, bắt đầu từ B35–B45, ảnh hưởng của cấp bê tông giảm dần và đường cong quan hệ trở nên thoải hơn. Điều này khẳng định hiệu quả chịu lực của bê tông cường độ cao trong sàn phẳng, khi bị chi phối bởi điều kiện chọc thủng, là có hạn.

Để tính toán khả năng chịu lực của cột theo điều kiện đảm bảo cường độ, tải trọng được lấy từ tính toán sàn với chiều dày $h = 20$ cm với 03 trường hợp nhịp bằng 6,0 m; 7,2 m và 8,4 m. Từ đồ thị quan hệ giữa số tầng cho phép và cấp bê tông (hình 6), có thể thấy rằng số tầng tăng gần tuyến tính theo cấp bê tông, và tính hợp lý của việc sử dụng bê tông cấp cao là rõ ràng.



Hình 6. Quan hệ giữa số tầng cho phép và cấp bê tông

5. Kết luận

Trên cơ sở các kết quả phân tích và tính toán đối với sàn phẳng bê tông cốt thép trong hệ kết cấu khung-vách, có thể rút ra một số kết luận chính như sau:

- Hiệu quả của việc tăng cấp bê tông đối với khả năng chịu lực của sàn theo điều kiện chọc thủng là phi tuyến. Khi cấp bê tông tăng đến khoảng B35–B45, mức độ cải thiện khả năng chịu lực giảm dần rõ rệt, đường cong quan hệ trở nên thoải. Điều này cho thấy việc tiếp tục tăng cấp bê tông cao hơn không mang lại hiệu quả tương xứng.

- Phạm vi cấp bê tông hợp lý cho sàn phẳng trong các công trình nhà nhiều tầng được xác định trong khoảng từ B25 đến B45. Đây là vùng tối ưu xét đồng thời các yếu tố: khả năng chịu lực, yêu cầu về chiều dày sàn và hiệu quả sử dụng vật liệu.

- Đối với cột, hiệu quả của việc tăng cấp bê tông là rõ rệt và gần tuyến tính. Việc sử dụng bê tông cường độ cao giúp nâng cao đáng kể khả năng chịu lực dọc trục và cho phép tăng số tầng công trình. Do đó, việc sử dụng bê tông cấp cao cho cột là hợp lý, đặc biệt đối với nhà cao tầng.

- Khi kết hợp bê tông cường độ cao cho cột và bê tông cấp trung bình cho sàn, nút liên kết cột - sàn trở

thành vùng làm việc phức tạp về ứng suất. Tại đây xuất hiện đồng thời ứng suất nén cục bộ và nội lực từ bản sàn, làm tăng nguy cơ phá hoại cục bộ. Do đó, việc nghiên cứu sâu hơn về cơ chế làm việc và giải pháp cấu tạo cho các nút liên kết này là cần thiết.

- Việc bố trí cốt thép chống chọc thủng có thể làm giảm đáng kể sự phụ thuộc của khả năng chịu lực vào cấp bê tông. Điều này mở ra hướng tiếp cận hợp lý trong thiết kế, trong đó thay vì tăng cấp bê tông, có thể sử dụng các giải pháp cấu tạo để nâng cao hiệu quả chịu lực của sàn.

Kết quả nghiên cứu có thể sử dụng làm cơ sở tham khảo trong thiết kế sơ bộ sàn phẳng bê tông cốt thép theo TCVN 5574:2018, đồng thời hỗ trợ lựa chọn cấp bê tông hợp lý cho từng nhóm cấu kiện trong công trình nhà nhiều tầng.

Trong thiết kế thực tế, việc lựa chọn cấp bê tông

cho sàn nên cân nhắc giữa hiệu quả chịu lực và chi phí, thay vì chỉ tăng cường độ vật liệu. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс: учебник для вузов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1991. - 767 с.: ил.
2. Дорфман А.Э., Левонтин Л.Н. Проектирование безбалочных перекрытий. - М.: Стройиздат, 1975. - 124 с.
3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения
4. TCVN 5574:2018, Thiết kế Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.
5. TCVN 2737:2023, Tải trọng và tác động.

QUẢN LÝ CÁC TỌA ĐỘ CÔNG TRƯỜNG XÂY DỰNG THEO TUYẾN BẰNG...

Tiếp theo trang 36

kiến trúc tích hợp đến quy trình kiểm soát chất lượng, hướng tới quản lý tọa độ tuyến chính xác, minh bạch và bền vững.

Kết quả nghiên cứu vừa bổ sung giá trị lý luận, vừa có khả năng ứng dụng ngay trong thực tiễn, đồng thời mở ra hướng nghiên cứu mở rộng với AI và Big Data để tối ưu quản lý trong tương lai. □

Tài liệu tham khảo

- [1]. ArcMap (2025) LRS data model. Available at: <https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/latest/extensions/roads-and-highways/alrs-data-model.htm>
- [2]. Autodesk (2025) A Hitchhiker's Guide to ArcGIS GeoBIM and Autodesk Construction Cloud. Available at: <https://next.au-uw2-test.autodesk.com/autodesk-university/zh-hans/article/Hitchhikers-Guide-ArcGIS-GeoBIM-and-Autodesk-Construction-Cloud-2021>
- [3]. Azari, P., Li, S., Shaker, A., Satter, S. (2025) 'Georeferencing Building Information Models for BIM/GIS integration', ISPRS International Journal of Geo-Information, 14(5), p. 180.
- [4]. Brodeur, J., Coetzee, S., Danko, D., Garcia, S. and Hjelmager, J. (2019) 'Geographic Information Metadata—An Outlook from the International Standardization Perspective', ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(6), p. 280. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijgi8060280>
- [5]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012) TCVN 9398:2012 – Công tác trắc địa trong xây dựng công trình – Yêu cầu chung. Hà Nội.
- [6]. Bộ Khoa học và Công nghệ Việt Nam (2024a) TCVN 14177-1:2024 – Phần 1: Khái niệm và nguyên tắc về mô hình hóa thông tin công trình (BIM). Hà Nội.
- [7]. Bộ Khoa học và Công nghệ Việt Nam (2024b) TCVN 14177-2:2024 – Phần 2: Giai đoạn chuyển giao tài sản. Hà Nội.
- [8]. International Organization for Standardization (2012) ISO 19148:2012 – Geographic information — Linear referencing.
- [9]. International Organization for Standardization (2013) ISO 19157:2013 – Geographic information — Data quality.
- [10]. International Organization for Standardization (2014) ISO 19115-1:2014 – Geographic information — Metadata — Part 1: Fundamentals.
- [11]. International Organization for Standardization (2019) ISO 19111:2019 – Geographic information — Spatial referencing by coordinates.
- [12]. Khanh Giang, L. and Quang Hoc, T. (2021) 'The sustainable development of railway system in Vietnam by GIS-based technologies', E3S Web of Conferences, 310, p. 03003.
- [13]. Kresse, W. (2004) 'Standardization of geographic information', ISPRS Commission II, WG II/4, University of Applied Sciences, Neubrandenburg, Germany.
- [14]. Liu, X. et al. (2025) 'BIM, IoT, and GIS integration in construction resource monitoring', Automation in Construction, 174, 106149
- [15]. Piras, G., Muzi, F. and Zylka, C. (2024) 'Integration of BIM and GIS for the digitization of the built environment', Applied Sciences, 14(23), p. 11171.
- [16]. Thellakula, V. et al. (2021) 'A web-based GIS tool for progress monitoring of linear construction projects', ISARC Conference Proceedings.
- [17]. Tripathi, A. et al. (2023) 'Applicability of BIM-IoT-GIS integrated digital twins for post-occupancy evaluations', Frontiers in Built Environment, 9, p. 1103743.