

KẾT CẤU BÊ TÔNG LẮP GHÉP - ĐẶC TRƯNG VÀ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC TÁC ĐỘNG CẤU KIỆN TRONG LIÊN KẾT

PRECAST CONCRETE STRUCTURES - CHARACTERISTICS AND EFFECTS OF STRUCTURAL ACTIONS AT CONNECTIONS

➤ **ThS. Bùi Trường Giang** - Bộ môn Xây dựng, Khoa Công nghệ và Kỹ thuật, Trường Đại học Hải Phòng,
Email: giangbt@dhhp.edu.vn

➤ **ThS. Nguyễn Quang Tuấn** - Bộ môn Xây dựng, Khoa Công nghệ và Kỹ thuật, Trường Đại học Hải Phòng,
Email: tuan769@dhhp.edu.vn

Tóm tắt: Bài báo trình bày đặc điểm cơ bản và các ảnh hưởng cơ học đặc thù của kết cấu bê tông lắp ghép trong điều kiện làm việc chịu tác động phức tạp từ tải trọng và các biến đổi thể tích co ngót và biến dạng. Nghiên cứu chỉ ra rằng sự khác biệt lớn nhất của kết cấu bê tông lắp ghép so với bê tông đổ tại chỗ chính là đặc trưng ứng suất - biến dạng tại các mối nối cấu kiện, nơi thường xảy ra chuyển vị, nứt gãy hoặc phá hoại nếu không được thiết kế và thi công phù hợp. Thông qua các ví dụ minh họa và dẫn chiếu tiêu chuẩn Eurocodes, nghiên cứu góp phần làm rõ yêu cầu kỹ thuật trong thiết kế và thi công kết cấu bê tông lắp ghép, hướng tới việc hoàn thiện giải pháp ứng dụng hiệu quả trong thực tiễn xây dựng tại Việt Nam. Bê tông lắp ghép trong tính toán kết cấu cần chú ý đến các yếu tố như ma sát tại mối nối, co ngót nhiệt và ứng suất tập trung đều ảnh hưởng trực tiếp đến độ ổn định và khả năng chịu lực của toàn hệ. Chính vì vậy, việc xử lý đúng kỹ thuật tại các mối liên kết là yếu tố then chốt quyết định hiệu quả và độ bền vững của công trình bê tông lắp ghép.

Từ khóa: Bê tông lắp ghép; Liên kết cấu kiện; Ứng suất tập trung; Co ngót; Tải trọng tác động.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết cấu bê tông lắp ghép là một trong những giải pháp xây dựng tiên tiến, cho phép đẩy nhanh tiến độ thi công, tăng cường kiểm soát chất lượng và giảm thiểu thời gian làm việc tại công trường. Tuy nhiên, sự đặc biệt trong phương pháp sản xuất, vận chuyển và lắp dựng đã tạo ra những yêu cầu rất riêng trong thiết kế và đánh giá làm việc kết cấu. Bản chất "lắp ghép" không chỉ đơn thuần là về mặt thi công mà còn là yếu tố ảnh hưởng đến toàn bộ hành vi cơ học của kết cấu, đặc biệt tại các mối nối giữa các phần tử. Chính vì vậy, việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến ứng xử tại các liên kết là hết sức cần thiết nhằm đảm bảo an toàn và độ bền lâu dài. Sự tồn tại của nhiều công nghệ bê tông lắp ghép và vô số công trình sử dụng công nghệ này, toàn phần hoặc bán phần, chứng minh rõ tính ứng dụng

Abstract: This paper presents the fundamental characteristics and specific mechanical behaviors of precast concrete structures under complex working conditions, including external loads and internal volumetric changes such as shrinkage and deformation. The study highlights that the most significant difference between precast and cast-in-place concrete structures lies in the stress-strain behavior at the joints, where displacements, cracking, or failure may occur if the design and construction are not properly executed. Through illustrative examples and references to Eurocode standards, the research clarifies the technical requirements for the design and construction of precast concrete structures, aiming to optimize their application in Vietnam's construction practice. Structural analysis of precast concrete must carefully consider factors such as joint friction, thermal shrinkage, and stress concentration, as these directly affect the overall stability and load-bearing capacity of the system. Therefore, proper technical detailing and treatment at the connections is a key factor in ensuring the performance and long-term durability of precast concrete structures.

Keywords: Precast concrete; Structural connections; Stress concentration; Shrinkage deformation; Effect loads.

cao và hiệu quả kinh tế của kết cấu lắp ghép. Trong xây dựng nhà nhiều tầng, khung bê tông lắp ghép dạng thô chỉ chiếm khoảng 5% chi phí, nhưng nếu có hoàn thiện kiến trúc hoặc yêu cầu cao về thẩm mỹ, tỷ lệ này có thể lên tới gần 15% và đạt đến 79% ở các khu vực có khí hậu lạnh hoặc chi phí lao động cao. Các ví dụ điển hình như dự án khu nhà ở khu đô thị Trung Hòa Nhân Chính hay các tòa nhà ở Malaysia sử dụng tường đúc sẵn tích hợp cửa đi, cửa sổ, đã khẳng định ưu thế của công nghệ này trong việc tiết kiệm nhân công, tăng độ chính xác và chất lượng hoàn thiện. Mặc dù có những quan ngại về chi phí đầu tư ban đầu hoặc nguy cơ mất an toàn khi lắp dựng, song bê tông lắp ghép vẫn được xem là giải pháp tối ưu khi xét về tổng thể chi phí - chất lượng - tốc độ thi công, đặc biệt trong các mô hình xây dựng kết hợp (mixed structure) [1].



a) Tòa nhà văn phòng, khu đô thị Trung Hòa Nhân Chính

b) Kết cấu nhà cao tầng khung bê tông lắp ghép kết hợp lõi vách
Hình 1. Khung bê tông lắp ghép được ứng dụng trong kết cấu công trình [2- 4]

Ngoài ra, bê tông lắp ghép còn giúp rút ngắn thời gian thi công, tăng tốc độ bàn giao công trình, đảm bảo sự sạch sẽ tại công trường và thuận tiện trong tổ chức thi công nhiều giai đoạn. Tính linh hoạt của kết cấu này còn thể hiện ở khả năng kết hợp đa dạng với các loại vật liệu khác như bê tông đổ tại chỗ, thép hình, dầm gỗ hoặc sàn nhẹ, phù hợp với nhiều mục tiêu thiết kế và điều kiện kinh tế vùng miền.

a) Khung xương bê tông cốt thép lắp ghép nhà nhiều tầng
b) Ngôi nhà hoàn thiện sử dụng cấu kiện bê tông cốt thép lắp ghép
Hình 2. Khung xương chịu lực và cấu kiện hoàn thiện bê tông lắp ghép được ứng dụng trong công trình Nhà ở dân dụng [2- 4]

2. CÔNG NGHỆ LẮP GHEP BÊ TÔNG CỐT THÉP TẠI VIỆT NAM

Công nghệ xây dựng từ các cấu kiện tấm lớn lắp ghép đã được Việt Nam nghiên cứu và áp dụng từ cuối 1960 và phát triển mạnh trong thập niên 70 của thế kỷ trước. Ban đầu cũng là hệ kết cấu khung dầm gác các tấm sàn đúc sẵn nhưng sau đó các khu chung cư lớn như Giảng Võ, Thành Công, Kim Liên, Thanh Xuân, Nghĩa Đô... (Hà Nội) và một số khu nhà ở tại Thành phố Hải Phòng, Việt Trì, Thanh Hóa, Nghệ An... được hình thành từ công nghệ lắp ghép tấm lớn. Giai đoạn 1970 - 1980 là giai đoạn phát triển mạnh của công nghệ xây dựng theo phương pháp lắp ghép, thế nhưng còn nhiều mặt tồn tại của các công trình giai đoạn này như sự áp dụng ào ạt theo kiểu “phong trào” cùng với việc kiểm soát chất lượng xây dựng bị buông lỏng, công tác bảo trì công trình gần như không tồn tại khiến tình trạng xuống cấp nghiêm trọng của hầu hết các khu nhà lắp ghép mặc dù mới qua được



Hình 3. Sản xuất cấu kiện bê tông lắp ghép tại nhà máy Bê tông Bảo Quân



Hình 4. Sản xuất cấu kiện bê tông lắp ghép tại nhà máy Bê tông Amacao

một phần tư tuổi thọ mong muốn, tạo lên hình ảnh “xấu xí” trong cư dân về loại nhà này. Các công trình sử dụng bê tông lắp ghép đã chở lên phổ biến ở nước ta, cùng với đó là nhiều công ty sản xuất các cấu kiện lắp ghép ra đời như: Công ty Bê tông Xuân Mai, công ty Bảo Quân, công ty Amacao... để chứng minh cho sự hữu ích và phát triển của bê tông lắp ghép. Đầu những năm 2000 công ty Bê tông Xuân Mai mở đầu cho xu hướng ứng dụng kết cấu bê tông lắp ghép cho các chung cư cao tầng bằng việc xây dựng khu đô thị Trung Hòa Nhân Chính bằng kết cấu bán lắp ghép với cột vách đổ tại chỗ, một số dầm và toàn bộ sàn là cấu kiện lắp ghép. Các dây truyền được nhập từ Châu Âu để sản xuất cấu kiện, cũng như có sự hỗ trợ của chuyên gia nước ngoài [2].

Sau sự thành công của công ty Bê tông Xuân Mai khi phát triển kết cấu lắp ghép, nhiều công ty lắp ghép đã ra đời như công ty Bê tông Bảo Quân, công ty Amacao... Hình 3 và hình 4 thể hiện một số dây truyền sản xuất và một số sản phẩm cấu kiện lắp ghép tại nhà máy Bê tông Bảo Quân và nhà máy Amacao.

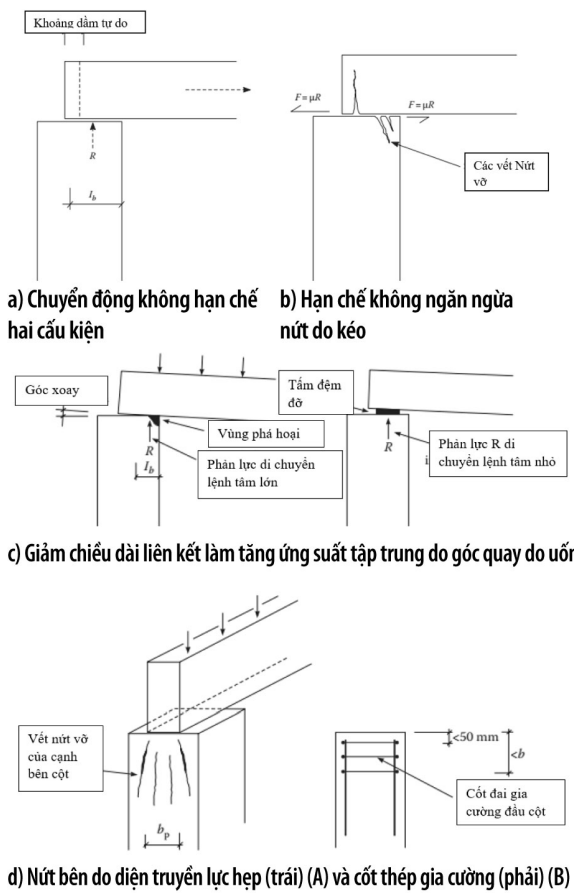
Các doanh nghiệp này chủ yếu tập trung vào sản xuất các cấu kiện bê tông lắp ghép ứng dụng công nghệ ứng suất trước, với danh mục sản phẩm được

phân thành ba nhóm chính: (1) Cấu kiện sử dụng trong công trình dân dụng và công nghiệp như dầm, cột, sàn; (2) Các cấu kiện hạ tầng đúc sẵn như cống tròn, cống vuông, kè...; (3) Các sản phẩm đúc sẵn khác như cọc vuông, cọc ly tâm. Phần lớn các cấu kiện được chế tạo theo bản thiết kế do đối tác cung cấp. Về mặt kỹ thuật, quá trình thiết kế và sản xuất thường tuân theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2018 – tiêu chuẩn thiết kế bê tông cốt thép, trong khi việc nghiệm thu sản phẩm lắp ghép, đặc biệt là các cấu kiện có ứng suất trước áp dụng theo tiêu chuẩn TCVN 9114:2012.

Trong những năm gần đây, Chính phủ có chủ trương là phát triển nhà ở xã hội với giá thành rẻ và chất lượng cao để đáp ứng yêu cầu ngày càng lớn về nhu cầu nhà ở cho người lao động trên cả nước, vì thế công nghệ bê tông lắp ghép là phù hợp với các ưu điểm nêu trên. Vậy, để phát triển loại nhà này, chúng ta phải đầu tư nghiên cứu một cách khoa học, nghiêm túc về mọi vấn đề làm cơ sở cho sự triển khai đại trà công nghệ này. Nhìn sang các nước lân cận quanh ta như Singapore, Malaysia đang áp dụng xây dựng nhà ở cho dân chủ đạo bằng công nghệ này. Vì thế tiềm năng phát triển của công nghệ lắp ghép ở nước ta là rất lớn [1-2].

3. ĐẶC ĐIỂM GỐI LIÊN KẾT TRONG KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP LẮP GHÉP

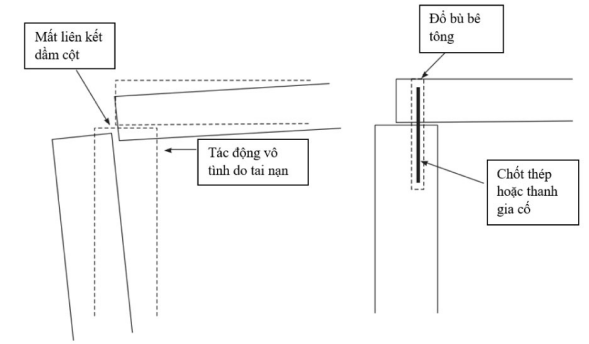
Trong kết cấu lắp ghép, bản chất tiên chế của cấu kiện riêng lẻ dẫn tới những yêu cầu đặc biệt trong thiết kế và liên kết các cấu kiện. Đặc biệt, khi các tác động bên ngoài như tải trọng, co ngót nội tại, nhiệt độ... tác động đồng thời, các vị trí liên kết trở thành điểm yếu nếu không được xử lý đúng kỹ thuật [3, 4]. Theo định nghĩa, một phần tử bê tông lắp ghép có kích thước hữu hạn và phải được liên kết với các phần tử khác để tạo thành một kết cấu hoàn chỉnh. Thông thường chỉ cần một gờ đỡ đủ chịu lực vì liên kết truyền lực trên gối kê, Hình 5 [5, 6].



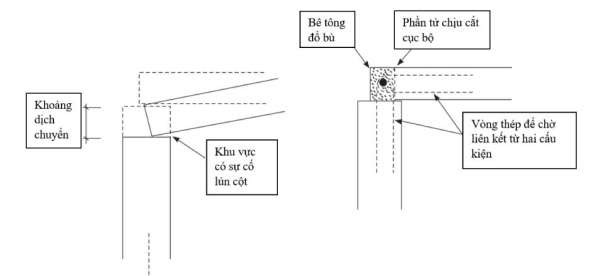
Hình 5. Sơ đồ gối liên kết trong kết cấu bê tông lắp ghép [3- 6]

Kết cấu bê tông lắp ghép khi co ngót nhiệt hoặc biến dạng gây ra làm thay đổi thể tích (rút ngắn hoặc dài ra), hai phần tử lắp ghép sẽ dịch chuyển ra xa nhau (Hình 6a). Ma sát của bề mặt tại vị trí ghép nối sẽ ngăn cản chuyển động này, nhưng như vậy cũng tạo ra một lực $F = \mu R$ có khả năng làm nứt cả hai cấu kiện được liên kết trừ khi các tiết diện cấu kiện này được gia cố thích hợp (Hình 6b) dưới đây.

Sự khác biệt cơ bản giữa kết cấu bê tông lắp ghép và đổ tại chỗ chính là phản ứng ứng suất - biến dạng trước tác động bên ngoài và sự biến dạng nội tại. Hình 7 minh họa chuyển vị lớn dẫn đến mất gối đỡ



a) Mất gối đỡ do tác động vô tình (trái) (A); thanh chốt ngăn ngừa (phải) (B)



b) Mất gối đỡ do lún cột (trái) (A); các vòng thép ngăn ngừa (phải) (B)

Hình 6. Chuyển vị gối tựa bê tông cốt thép lắp ghép [7- 10]



a) Vỡ do chuyển dịch giữa các tập sàn và dầm



b) Nứt do ngăn cản tại liên kết giữa dầm và cột lắp ghép

Hình 7. Biến dạng phá hoại do chuyển vị góc xoay gối tựa bê tông cốt thép lắp ghép [11, 12]

do lực tác động hoặc lún móng. Nếu cột bị tác động bởi một tai nạn hoặc một lực kết cấu H với $H > H_c$, thì chuyển vị u sẽ không phải là chuyển vị đàn hồi phục hồi và có thể dẫn tới mất ổn định hoặc thậm chí mất cả gối đỡ trừ khi gối đỡ có khả năng kháng cắt (Hình 7a). Trường hợp móng của cột bị hỏng, mất gối đỡ cũng diễn ra trừ khi gối đỡ có khả năng chịu kéo (Hình 7b). Dưới đây là minh họa tác động của góc quay, co ngót và chuyển vị.

Góc quay của dầm hoặc sự lún lệch có thể làm giảm vùng tiếp xúc hiệu quả giữa các cấu kiện, dẫn đến tăng ứng suất tập trung và nguy cơ nứt tại đỉnh cột. Trong nhiều trường hợp, nếu không có miếng đệm hoặc cấu kiện gia cường phù hợp, các điểm liên kết dễ bị phá hủy cục bộ. Các hiện tượng như “nứt trượt” tại liên kết dầm - sàn hay “nứt mép” tại mối nối dầm - cột đều có thể xảy ra.

Hình 7a thể hiện một ví dụ nơi lực ma sát sinh ra do chuyển động giữa các tấm sàn và dầm lắp ghép làm cho dầm bị nứt vỡ. Trong trường hợp khác, mô men sinh ra do sự hạn chế của chuyển động tại mối nối đã gây ra nứt ở mặt ngoài của tấm sàn tại vị trí liên kết giữa cột với dầm lắp ghép như trong Hình 7b [12].

KẾT LUẬN

Qua phân tích cho thấy, điểm khác biệt cốt lõi giữa kết cấu bê tông lắp ghép và bê tông đổ tại chỗ không nằm ở phương pháp thi công, mà chính là ở cách mà kết cấu phản ứng với các tác động cơ học và biến dạng thể tích bên trong như co ngót hay nhiệt độ. Các cấu kiện bê tông lắp ghép, do có kích thước hữu hạn và cần liên kết với nhau để tạo thành hệ kết cấu hoàn chỉnh, nên chịu ảnh hưởng rõ rệt từ ứng suất tại các mối nối. Nếu không được thiết kế và xử lý đúng kỹ thuật, các liên kết này có thể trở thành điểm yếu, dẫn đến hiện tượng nứt, phá hoại cục bộ hoặc mất ổn định công trình.

Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng các hiện tượng như ma sát tại mặt tiếp xúc, mô men do hạn chế chuyển vị, ứng suất tập trung do góc xoay hay hiện tượng kéo bên do tiết diện nhỏ... đều có thể gây phá hoại nếu không có biện pháp gia cường hợp lý như sử dụng miếng đệm, thép neo hoặc tăng tiết diện liên kết. Do đó, việc hiểu rõ bản chất làm việc của bê tông lắp ghép và ứng xử tại mối nối là cơ sở cần thiết để đảm bảo an toàn và độ bền cho toàn bộ hệ kết cấu. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Quyết định số 198/QĐ-TTg ngày 09/02/2018 của Thủ tướng Chính phủ về việc Phê duyệt Đề án Hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng.
- [2] Quyết định số 900/QĐ-BCĐĐTQ ngày 29/06/2018 của

Trường Ban chỉ đạo Đề án Hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng (thuộc Bộ Xây dựng) về việc triển khai quyết định số 198/QĐ-TTg.

- [3] Lê Thanh Huân (2009). Kết cấu nhà cao tầng Bê tông cốt thép, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [4] Ngô Thế Phong (2006). Kết cấu bê tông cốt thép (Phần kết cấu nhà cửa), Nhà Xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [5] Nguyễn Đình Cống (2009). Tính toán tiết diện cột bê tông cốt thép, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [6] Võ Bá Tầm (2012). Nhà cao tầng Bê tông cốt thép, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hồ Chí Minh.
- [7] Khanzi (1985). Tính toán và thiết kế khung bê tông cốt thép nhà nhiều tầng, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [8] BS EN 1992-1-1. 2004. “Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings”, BSI, London, UK., February 2014.
- [9] BS EN 13225. 2013. Precast concrete products – Linear structural elements, BSI, London, UK
- [10] BS EN 1992-1-1. 2004. Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings, BSI, London, UK., February 2014.
- [11] Kim S. Elliott, 2017. Precast Concrete Structures, 2nd ed., Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Florida-USA.
- [12] Kim S. Elliott and Colin K. Jolly. 2013. “Multi-storey Precast Concrete Framed Structures”. 2nd ed., New York, USA.