

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ QUY TRÌNH CHỐNG/CHỐNG LẠI HỆ VÁN KHUÔN TRONG THI CÔNG KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP TOÀN KHỐI NHÀ CAO TẦNG THEO TIÊU CHUẨN ACI 347.2R-05

Kiều Thế Sơn^{a,*}, Kiều Thế Chinh^b, Trần Quang Dũng^b

^aĐại học Công nghệ Swinburne, Hawthorn, VIC 3122, Australia

^bKhoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng, số 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 15/10/2020, Sửa xong 02/11/2020, Chấp nhận đăng 03/11/2020

Tóm tắt

Trong thi công kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) toàn khối nhà cao tầng, quy trình kỹ thuật chống/chống lại hệ ván khuôn và hệ kết cấu đóng vai trò rất quan trọng, có tính quyết định đến an toàn và chất lượng công trình, tiến độ và chi phí tổng thể của dự án. Hiện nay chúng ta đang thiếu các hướng dẫn kỹ thuật về vấn đề này, nên trong thực tế thi công xây dựng thì quy trình này phụ thuộc rất nhiều vào kinh nghiệm, trình độ chuyên môn của cán bộ thiết kế biện pháp và cán bộ kỹ thuật hiện trường. Dựa trên các tiêu chuẩn kỹ thuật trong nước liên quan và Tiêu chuẩn ACI 347.2R-05, nghiên cứu này phân tích phân bố tải trọng thi công phù hợp với quá trình phát triển cường độ của kết cấu BTCT để đề xuất giải pháp quy trình kỹ thuật chống/chống lại hệ ván khuôn và hệ kết cấu trong thi công nhà cao tầng; trong đó có chỉ rõ thời gian hợp lý tháo và chống lại cho các kết cấu sàn, dầm phía dưới. Bài báo cũng trình bày kết quả kiểm tra tính hợp lý, đảm bảo an toàn, chất lượng công trình, rút ngắn tiến độ và tiết kiệm chi phí thi công của giải pháp thông qua ví dụ tính toán.

Từ khoá: kết cấu BTCT toàn khối; thi công nhà cao tầng; quy trình chống/chống lại; hệ ván khuôn; ACI 347.2R-05.

DESIGN THE SHORING/RESHORING PROCESS OF FORMWORK FOR THE CONSTRUCTION OF CAST-IN-PLACE REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN HIGH-RISE BUILDINGS FOLLOWING THE STANDARD ACI 347.2R-05

Abstract

For the construction of cast-in-place reinforced concrete structures of high-rise buildings, the shoring/reshoring technical process of the formwork is extremely important, decisive to ensuring safety and quality of buildings, and schedule, and cost of the construction. Presently, it lacks practical guidelines to design the process; in fact, the shoring/reshoring process is designed based on experience and knowledge of engineers. Applying the relevant national technical codes and the Standard ACI 347.2R-05, this study analyzes construction load distribution and the development of freshly cast concrete strength. As a result it designed the shoring/reshoring technical process of formwork for the two basic construction methods in which the time was proposed to appropriately disassembling and reshoring the shores. This paper also presents the design results of an example to demonstrate the advantages of the proposed process.

Keywords: cast-in-place reinforced concrete structures; high-rise buildings; shoring/reshoring; formwork; ACI 347.2R-05.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14\(5V\)-04](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14(5V)-04) © 2020 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: kieutheson57xe1@gmail.com (Sơn, K. T.)

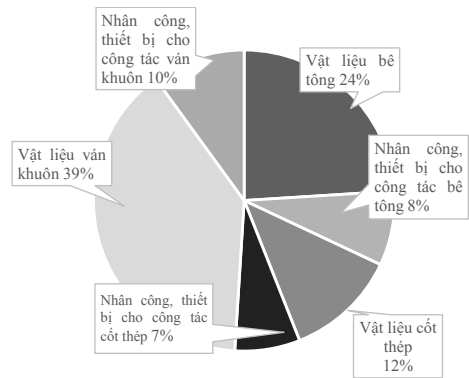
1. Mở đầu

Trong thi công kết cấu BTCT toàn khối nhà cao tầng, có 3 công tác chính quyết định đến chất lượng, tiến độ, an toàn và hiệu quả kinh tế là: Công tác cốt thép; công tác cốp pha và công tác bê tông. Trong đó công tác cốp pha đóng vai trò quan trọng và chi phí cho nó chiếm tỷ trọng lớn (tới 49%) [1], thời gian công tác cốp pha thường dài hơn các công tác khác nên nếu công tác cốp pha làm tốt sẽ đẩy nhanh tiến độ, làm giảm chi phí, đảm bảo chất lượng công trình, đồng thời thể hiện trình độ, năng lực tổ chức thi công xây dựng công trình.

Trong thi công BTCT nhà cao tầng, bản sàn bê tông mới đổ được chống đỡ tạm thời bởi một hệ ván khuôn cột chống hoặc các cột chống lại cho đến khi bê tông có khả năng tự chịu lực. Vấn đề cần lưu tâm là tải trọng thi công truyền xuống các bản sàn bên dưới thông qua hệ thống cột chống có thể vượt quá tải trọng thiết kế hoặc cường độ bê tông mới đổ thời kỳ đầu (tuổi sớm) của các bản sàn dầm phía dưới, dẫn đến phá hủy cục bộ hoặc toàn bộ hệ kết cấu. Do đó, cần thiết phải xem xét giải pháp giảm và phân phối tải trọng thi công xuống nhiều bản sàn ở các tầng thấp hơn thông qua việc bổ sung các hệ thống cột ván khuôn và hệ cột chống lại [2].

Vấn đề đặt ra là cần giữ nguyên hệ ván khuôn cột chống và chống lại tại bao nhiêu tầng sàn phía dưới so với tầng sàn đang tiến hành thi công. Hơn nữa, thời gian tháo dỡ hệ ván khuôn cột chống và chống lại các bản sàn phía dưới cũng là một tham số thi công rất quan trọng cần xem xét, tính toán hợp lý. Việc tháo dỡ sớm hệ ván khuôn cột chống và hệ cột chống lại hoặc chất tải thi công sớm và quá mức có thể gây ra các hư hỏng hoặc gây khuyết tật của kết cấu BTCT như gây nứt kết cấu hoặc gây ra độ võng dài hạn vượt quá mức cho phép. Để giải quyết được bài toán này, cần phải phân tích ứng xử và xác định cường độ chịu tải bê tông tuổi sớm của các bản sàn bê tông bên dưới (bao gồm cả cường độ chịu uốn, chịu cắt và chọc thủng) và sự phân bố tải trọng thi công truyền lên chúng. Tuy nhiên, trong ở hầu hết các dự án, quyết định liên quan đến việc tháo dỡ ván khuôn và chống lại hoặc chống điểm các bản sàn phía dưới thường được đưa ra trong thuyết minh biện pháp thi công dựa trên kinh nghiệm hơn là kết quả phân tích tính toán thấu đáo. Hiện nay ở Việt Nam các kỹ sư hiện trường/nhà thầu được hướng dẫn theo các tiêu chuẩn kỹ thuật chính yếu sau: TCVN 4453:1995 - Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - quy phạm thi công và nghiệm thu [3]; TCVN 4055:2012 Công trình xây dựng - Tổ chức thi công [4], TCVN 4252:2012 Quy trình lập thiết kế tổ chức xây dựng và thiết kế tổ chức thi công [5], và QCVN 18:2014 – Quy chuẩn kỹ thuật an toàn lao động trong xây dựng [6]. Một số tài liệu khác như các hướng dẫn về thiết kế ván khuôn, các quy phạm thi công của các ngành, các hướng dẫn do nhà sản xuất ván khuôn...[7]. Các tài liệu này cung cấp các hướng dẫn cơ bản cho các hoạt động chung về hệ ván khuôn cột chống. Đến nay, Việt Nam chưa có bất kỳ quy chuẩn hoặc tiêu chuẩn kỹ thuật nào cung cấp hướng dẫn kỹ thuật thiết kế và thi công chi tiết dành riêng cho các hoạt động chống/chống lại kết cấu BTCT nhà cao tầng, và chúng ta cũng đang thiếu các nghiên cứu khoa học về vấn đề này.

Mục tiêu của nghiên cứu hiện nay gồm: i) Làm rõ cơ sở khoa học thiết kế biện pháp kỹ thuật chống/chống lại trong thi công kết cấu bê tông cốt thép toàn khối nhà cao tầng theo ACI 347.2R-05 [8]; ii) Đề xuất và tính toán kiểm chứng sự đảm bảo an toàn, chất lượng công trình của quy trình kỹ thuật chống/chống lại sàn BTCT ở một ví dụ cụ thể; trong đó chỉ rõ thời gian hợp lý tháo và chống



Hình 1. Chi phí hệ ván khuôn cột chống trong thi công BTCT toàn khối [1]

lại cho các bản sàn, đảm phù hợp với tốc độ phát triển cường độ kết cấu bê tông tuổi sớm. Phạm vi nghiên cứu: Tải trọng và tổ hợp tải trọng trong thiết kế ván khuôn theo các Tiêu chuẩn Việt Nam; không tính đến các trường hợp có sự tác động của tải trọng lớn theo phương đứng, đột xuất, bất ngờ do mất an toàn và rủi ro trong thi công (ví dụ như đổ cần trục, rơi thùng đựng bê tông...). Phương pháp nghiên cứu là kết hợp phân tích dữ liệu, phân tích tổng hợp, phương pháp đối chiếu kiểm chứng (thông qua ví dụ cụ thể).

2. Cơ sở khoa học

2.1. Khái niệm chống điểm và chống lại kết cấu dầm sàn bê tông mới đổ

a. Chống điểm kết cấu dầm sàn bê tông mới đổ

Theo TCVN 5543:1995 [3], khi tháo dỡ hệ cột chống ván khuôn ở các tấm sàn BTCT đổ toàn khối của nhà cao tầng thì nên thực hiện giữ lại toàn bộ hệ ván khuôn ở tấm sàn kê dưới tấm sàn sắp đổ bê tông; tiến hành tháo dỡ từng bộ phận cột chống ván khuôn của tấm sàn phía dưới nữa và chống lại các cột chống điểm cách nhau 3 m dưới các dầm có nhịp lớn hơn 4 m.

b. Chống lại kết cấu dầm sàn bê tông mới đổ

Theo ACI 347.2R-05 [8], chống lại kết cấu dầm sàn bê tông mới đổ là việc sử dụng các cột chống lại được đặt vừa khít dưới bản sàn, dầm bê tông hoặc cấu kiện, kết cấu khác sau khi hệ ván khuôn và cột chống ban đầu đã được tháo dỡ tại những khu vực diện tích lớn. Trước thời điểm lắp đặt cột chống lại, các bản sàn hoặc cấu kiện BTCT mới đổ được phép chuyển vị võng và tự nâng đỡ trọng lượng bản thân và tải trọng thi công. Các cột chống lại được lắp đặt vào đúng các vị trí của cột chống ban đầu (số lượng cột chống lại bằng số lượng cột chống ban đầu).

2.2. Các yếu tố ảnh hưởng và mô hình đơn giản hóa tính toán phân bố tải trọng thi công

a. Các yếu tố ảnh hưởng

Các yếu tố chính ảnh hưởng đến sự phân bố tải trọng thi công và khả năng chịu tải của kết cấu BTCT khối trong quá trình thi công gồm: bản chất của tải trọng, tính liên tục của sàn, loại sàn và độ cứng sàn, tốc độ phát triển cường độ bê tông tuổi sớm của kết cấu, loại và độ cứng của cột chống, sơ đồ bố trí cột chống, số lượng các tầng sàn được chống lại, và tốc độ thi công ... [9–11].

b. Mô hình đơn giản hóa tính toán phân bố tải trọng thi công

Tải trọng thi công tác động lên hệ ván khuôn hoặc các bản sàn dầm trong quá trình thi công bao gồm tĩnh tải (gồm tải trọng bản thân kết cấu khi chưa đông kết và của hệ ván khuôn) và hoạt tải (gồm tải trọng đầm bê tông, tải trọng đi lại của người và phương tiện, tải trọng gió). Thực tế, hệ ván khuôn còn có thể chịu tải trọng lật, xoắn do vị trí bê tông khi đổ thành đồng lớn, không đối xứng; tải trọng lực tập trung của thiết bị thi công khi lắp đặt, khởi động và dừng; tải trọng phân bố do các sàn tạm chứa vật liệu và trang thiết bị thi công ... Thông thường những tải trọng này xảy ra trên một khu vực tương đối nhỏ và nếu không được kiểm soát có thể gây ra phá hoại cục bộ của ván khuôn hoặc có thể là kết cấu BTCT. Hệ ván khuôn được yêu cầu để chống đỡ tất cả các tải trọng thi công phát sinh cho đến khi các kết cấu bê tông đủ cường độ chịu tải. Việc tính toán phân bố tải trọng thi công lên các kết cấu bê tông mới đổ và hệ ván khuôn là bài toán rất quan trọng nhằm phục vụ thiết kế biện pháp thi công; tuy nhiên đây cũng là vấn đề phức tạp do có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến sự phân bố tải trọng thi công [10]. Tiêu chuẩn ACI 347.2R-05 thừa nhận mô hình đơn giản hóa được phát triển bởi Grundy và Kabaila 1963 [12] với các giả thiết:

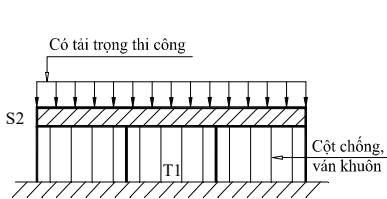
- Các biến dạng của tấm bê tông được coi là đàn hồi (không kể đến sự co ngót và từ biến của bê tông);
 - Các cột chống có độ cứng vô hạn so với các bản sàn bê tông được chống đỡ;
 - Phản lực của các cột chống được giả định là phân bố đồng đều;
 - Tầng thấp nhất mà hệ cột chống dựa lên trên là nền cứng khi bắt đầu triển khai thi công các sàn phía trên;
 - Tải trọng tác dụng được phân bố lên các bản sàn tương ứng với độ cứng uốn tương đối của chúng.
- Mô hình đơn giản hóa ban đầu không xét đến hệ cột chống lại [12]. Các giả định của mô hình là không hoàn toàn đúng và để xử lý an toàn các sai số do các giả định của mô hình, Tiêu chuẩn ACI 347.2R-05 đề xuất áp dụng hệ chống lại ở các bản sàn bê tông bên dưới.

2.3. Các phương án thi công BTCT toàn khối điển hình

Trong một qui trình công nghệ thi công BTCT toàn khối điển hình cho nhà cao tầng, phụ thuộc vào độ cứng của các bản sàn trong tính toán kết cấu, phân chia đợt thi công, thời gian (tốc độ) thi công cho 1 tầng, có tháo các cột chống ván khuôn khi sàn tự chịu trọng lượng của nó (cho phép bản sàn võng ban đầu) và tiến hành chống lại (theo ACI 347.2R-05 [8]), hoặc để toàn bộ hệ cột chống ván khuôn cho đến khi bê tông sàn đạt cường độ cho phép mới tiến hành tháo ván khuôn và cột chống điểm (theo TCVN 4453:1995 [3]). Thường có hai phương án thi công BTCT toàn khối nhà cao tầng:

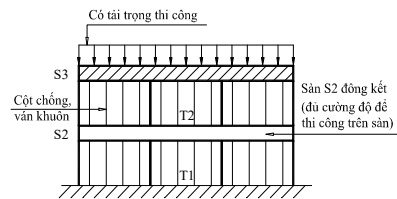
a. Phương án 1

Không sử dụng hệ chống lại (thông thường phải giữ lại 2 – 3 tầng hệ ván khuôn cột chống ở các bản sàn nằm kề dưới tấm bản sàn sắp đổ bê tông). Đây là phương án thi công theo hướng dẫn của



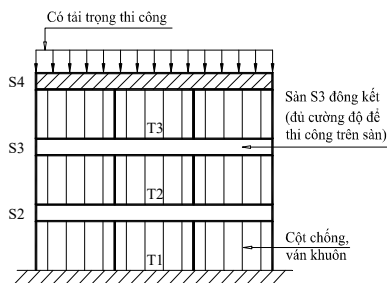
Giai đoạn 1: Đổ bê tông sàn S2

Thi công hệ ván khuôn cột chống tầng 1, cốt thép dầm sàn S2, đổ bê tông sàn S2. Hệ ván khuôn cột chống T1 chịu toàn bộ tải trọng thi công và truyền xuống nền đất (có 1 tầng ván khuôn cột chống)



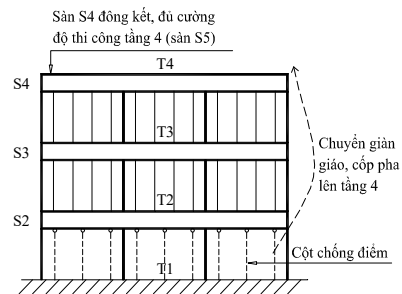
Giai đoạn 2: Đổ bê tông sàn S3

Chờ sàn S2 đóng kết, đạt cường độ nhất định sẽ thi công hệ ván khuôn cột chống T2, cốt thép, đổ bê tông sàn S3. Hệ cột ván khuôn chống các tầng T1, T2 chịu tải trọng thi công (bỏ qua sức chịu tải của các sàn S2) (có 2 tầng cột chống ván khuôn)



Giai đoạn 3: Đổ bê tông sàn S4

Chờ sàn S3 đóng kết, đạt cường độ nhất định, thi công hệ ván khuôn cột chống T3, cốt thép, đổ bê tông sàn S4. Hệ ván khuôn cột chống các tầng T1, T2, T3 chịu tải trọng thi công (bỏ qua sức chịu tải của các sàn S2 và S3). Vẫn giữ toàn bộ hệ cột chống ván khuôn của các T1, T2, T3 (có 3 tầng cột chống ván khuôn)



Giai đoạn 4: Đổ bê tông sàn S5

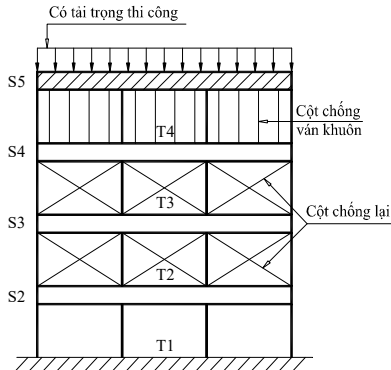
Khi bê tông sàn S2 đạt cường độ thiết kế. Giữ lại toàn bộ hệ cột chống ván khuôn T2, T3; tháo hệ ván khuôn cột chống T1 để luân chuyển lên lắp ở T4; chống điểm (chống an toàn) cho sàn S2; tiến hành đổ bê tông sàn S5 lúc này tải trọng thi công phân phối xuống các sàn S2 và S3 (không còn truyền xuống đất) (có 2 tầng ván khuôn cột chống và 1 tầng chống điểm)

Hình 2. Quy trình thi công BTCT khi không dùng hệ cột chống lại

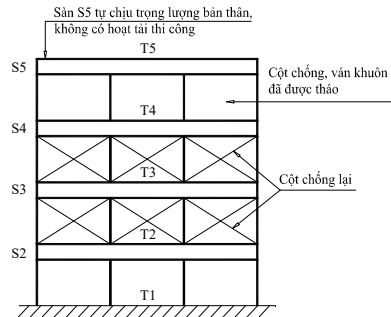
TCVN 4453:1995. Quy trình thực hiện gồm 4 giai đoạn (Hình 2) được chia chi tiết ra 7 bước thi công (Bảng 1).

b. Phương án 2

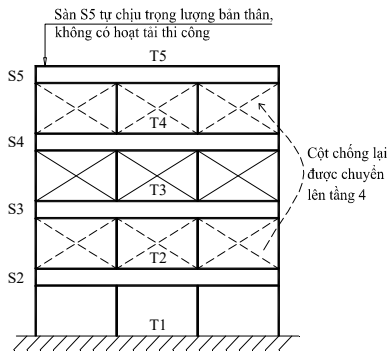
Sử dụng hệ cột chống lại. Bảng 2 trình bày quy trình 9 bước của phương án thi công sử dụng cột chống lại theo ACI 347.2R-05. Hình 3 thể hiện 3 bước chính thi công mỗi sàn điển hình S5 (tương ứng với bước 7, 8a, và 8b trong Bảng ??).



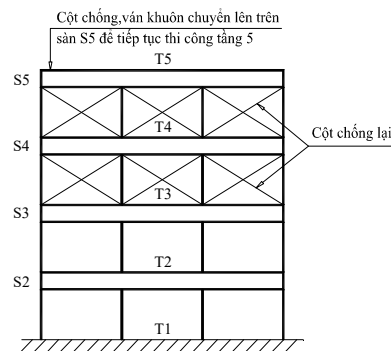
Bước 7: Thi công hệ ván khuôn cột chống T4, cốt thép, đổ bê tông sàn S5. Đợi bê tông sàn S4 đông kết, đạt đến cường độ tính toán (có thể tự chịu được trọng lượng bản thân); tháo hệ ván khuôn cột chống T3 và tiến hành chống lại ở T3. Thi công hệ ván khuôn cột chống, cốt thép, và đổ bê tông sàn S5. Lúc này hệ cột chống T4 chịu toàn bộ tải trọng thi công và truyền xuống sàn S4, S3, S2 qua các hệ cột chống lại (có 1 tầng ván khuôn cột chống và 2 tầng cột chống lại)



Bước 8a: Tháo hệ cột chống ván khuôn T4. Ngừng thi công, chờ cho bê tông sàn S5 đông kết, đạt đến cường độ tính toán có thể tự chịu được trọng lượng bản thân; tháo hệ ván khuôn cột chống T4 (có 2 tầng cột chống lại)



Bước 8b: Chống lại sàn S5. Tháo cột chống lại ở T2, vận chuyển lên chống lại ở T4 (có 3 tầng cột chống lại)



Bước 9: Thi công sàn S6. Lắp xong cột chống lại ở T4, tiếp tục thi công sàn S6. Quay lại như bước 1 (có 1 tầng ván khuôn cột chống và 2 tầng cột chống lại)

Hình 3. Quy trình thi công hệ ván khuôn (cho một tầng điển hình) theo Phương án 2 (một tầng hệ ván khuôn cột chống và hai tầng cột chống lại)

Hình 4 thể hiện các công trình thi công thực tế sử dụng phương án 2 với một tầng hệ ván khuôn cột chống và hai hoặc ba tầng chống lại (khi đẩy nhanh tiến độ thi công, khi đó số lượng tầng chống lại sẽ tăng lên).

2.4. Quan hệ giữa cường độ bê tông tuổi sớm và thời điểm tháo hệ ván khuôn cột chống và hệ cột chống lại

Thời điểm tháo dỡ an toàn hệ ván khuôn cột chống và hệ cột chống lại phụ thuộc chính yếu vào cường độ của kết cấu bê tông tại thời điểm xét. Như vậy, tiến độ kỹ thuật tháo dỡ - chống lại một cách



(a) Một tầng ván khuôn cột chống và 2 tầng chống lại



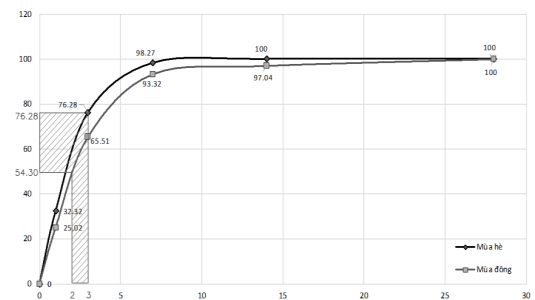
(b) Một tầng ván khuôn cột chống và 3 tầng chống lại

Hình 4. Các công trình thi công với phương án 2

an toàn hệ ván khuôn cột chống phụ thuộc vào tốc độ phát triển cường độ bê tông tuổi sớm, độ chính xác của thí nghiệm xác định cường độ bê tông tại chỗ, mức độ chất tải thi công và biến dạng mà kết cấu có thể chịu được.

Khi tải trọng thi công lớn hơn cường độ của sàn bê tông tuổi sớm, sự cố phá hoại có thể xảy ra. Trường hợp này phải thay đổi qui trình và tốc độ thi công đã được đề xuất. Có ba giải pháp xử lý cơ bản: (1) giảm tải trọng lên bản sàn bê tông tuổi sớm, (2) tăng mác thiết kế bê tông, và (3) sử dụng phụ gia đông cứng nhanh. Giải pháp 1 có thể đạt được bằng cách tăng số tầng sàn bê tông được chống hoặc chống lại sao cho tải trọng thi công tác dụng vào các bản sàn được giảm xuống mức có thể chấp nhận được (không gây phá hoại kết cấu bê tông). Giải pháp 2 có thể đạt được bằng cách sử dụng bê tông cường độ cao (tuy nhiên tăng mác bê tông có giới hạn). Giải pháp 3 sử dụng phụ gia đông cứng nhanh hợp lý để tăng nhanh tốc độ phát triển cường độ bê tông tuổi sớm; bảo dưỡng, kiểm soát nhiệt độ đóng rắn để đạt được cường độ bê tông tuổi sớm cần thiết; kéo dài thời gian thi công của một tầng để bê tông tuổi sớm đạt đủ cường độ trước khi đặt tải trọng thi công, hoặc kết hợp các kỹ thuật trên.

Hình 5 trình bày biểu đồ phát triển cường độ của bê tông Mác 250 (B20) dựa trên dữ liệu thí nghiệm mẫu bê tông tại Phòng thí nghiệm và kiểm định xây dựng LAS-XD.125 - Trường Đại học xây dựng. Kích thước mẫu $15 \times 15 \times 15$ cm, mác thiết kế M250. Phương pháp thí nghiệm theo TCVN 3118:1993 – Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén [13]. Các mẫu thí nghiệm được tổng hợp từ dự án Nhà ở chung cư cao tầng B – CT2 (Twin Tower) tại Lô đất CT2 Thuộc Khu đô thị mới Tây Nam Hồ Linh Đàm, Hoàng Mai, Hà Nội.



Hình 5. Đồ thị phát triển cường độ bê tông tuổi sớm (LAS-XD.125 trường Đại học Xây dựng)

3. Đề xuất quy trình lắp dựng – tháo dỡ - chống lại hệ ván khuôn cột chống trong thi công kết cấu BTCT nhà cao tầng theo ACI 347.2R-05

Dựa trên hướng dẫn của Tiêu chuẩn ACI 347.2R-05 và TCVN 4453:1995, nghiên cứu đã đi tính toán phân bố cụ thể tải trọng thi công tác dụng lên các bản sàn và cột chống; từ đó xây dựng quy trình

thi công (theo tiến độ phù hợp với phát triển cường độ bê tông tuổi sớm) lắp dựng – tháo dỡ - chống lại hệ ván khuôn cột chống cho 2 phương án có và không sử dụng hệ cột chống lại.

a. Phương án 1

Không sử dụng hệ chống lại (theo TCVN 4453:1995, Bảng 1): Sử dụng 2 - 3 tầng ván khuôn cột chống (kết hợp 1 tầng chống điểm) chống đỡ các sàn bê tông.

b. Phương án 2

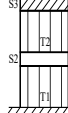
Không sử dụng hệ chống lại (theo ACI 347.2R-05, Bảng 2): Sử dụng 1 tầng ván khuôn cột chống và 2 tầng cột chống lại.

Bảng 3 trình bày đánh giá Phương án 1 và Phương án 2.

Giả sử tải trọng thi công: D là trọng lượng của sàn (trọng lượng BTCT sàn); Hoạt tải thi công là 0,4D; Trọng lượng cột chống ván khuôn là 0,1D; (0,4D và 0,1D trong các trường hợp – bài toán cụ thể phải tính toán theo tiêu chuẩn); Bỏ qua trọng lượng cột chống điểm; Thiết kế thời gian thi công 1 tầng là: 5 ngày/tầng, trong đó: thời gian chờ để bê tông đông kết đủ cường độ để thi công các công việc tiếp theo 2 ngày; thời gian lắp dựng hệ ván khuôn cột chống là 1 ngày; thời gian lắp đặt cốt thép là 1 ngày; thời gian đổ bê tông là 1 ngày. Ký hiệu (trong Bảng 1):

Nền đất hoặc sàn tầng 1:  Sàn BT cứng (đã đông kết):  Tầng chống lại: 
Sàn BT mới đổ (chưa đông kết):  Tầng cột chống ván khuôn:  Tầng chống điểm: 

Bảng 1. Phân tích tải trọng và quy trình thi công kết cấu BTCT nhà cao tầng không sử dụng cột chống lại (theo TCVN 4453:1995)

Giai đoạn	Bước	Quy trình thi công và phân tích tải trọng thi công	Trạng thái kết cấu	Tải trọng thi công tác dụng lên sàn theo D			Tải trọng tác dụng lên cột chống
				Khi bắt đầu	Phát triển cường độ	Tổng khi kết thúc	
Giai đoạn 1: Đổ bê tông S2	1	- Ngày 1 bắt đầu thi công cốp pha, cốt thép sàn S2 (trong 2 ngày); Ngày 3 đổ bê tông sàn S2; Toàn bộ tải trọng thi công (1,5D) truyền xuống đất qua hệ cột chống tầng 1. - Có 1 tầng cột chống ván khuôn.		0	0	0	1,5D
	2	- Chờ (ngừng thi công) 2 ngày để sàn S2 đông kết (cường độ BT > 50 kg/cm ²); - Vẫn giữ hệ cột chống ván khuôn ở tầng 1; - Hoạt tải thi công không còn, tính tải truyền xuống đất qua hệ chống tầng 1. - Có 1 tầng cột chống ván khuôn.		0	0	0	1,1D
Giai đoạn 2: Đổ bê tông sàn S3	3	- Ngày 6 thi công cốp pha, cốt thép sàn S3 (trong 2 ngày); - Ngày 8 đổ bê tông sàn S3; - Tải trọng thi công truyền xuống đất qua hệ cột chống các tầng 2, tầng 1 (coi sàn S2 chưa chịu tải trọng thi công). - Có 2 tầng cột chống ván khuôn.		0	0	0	1,5D
	4	- Chờ (ngừng thi công) 2 ngày sau khi đổ bê tông để sàn S3 đông kết; - Vẫn giữ hệ cột chống ván khuôn ở tầng 1, tầng 2; - Hoạt tải thi công không còn, tính tải truyền lên cột chống các tầng T2, T1 và truyền xuống đất; - Có 2 tầng cột chống ván khuôn.		0	0	0	1,1D
Giai đoạn 3: Đổ bê tông sàn S4	5	- Ngày 11 thi công cốp pha, cốt thép sàn S4 (trong 2 ngày); - Ngày 13 đổ bê tông sàn S4; - Tải trọng thi công truyền xuống đất qua hệ cột chống các tầng 3,2, và 1 (coi sàn S3, sàn S2 chưa chịu tải trọng thi công). - Có 3 tầng cột chống ván khuôn.		0	0	0	1,5D
				0	0	0	2,6D
				0	0	0	3,7D

Giai đoạn	Bước	Quy trình thi công và phân tích tải trọng thi công	Trạng thái kết cấu	Tải trọng thi công tác dụng lên sàn theo D			Tải trọng tác dụng lên cột chống
				Khi bắt đầu	Phát triển cường độ	Tổng khi kết thúc	
Giai đoạn 4: Đổ bê tông sàn S5	6	- Chờ (ngừng thi công) 2 ngày sau khi đổ bê tông để sàn S4 đông kết; - Vẫn giữ hệ cột chống ván khuôn ở các tầng 1, tầng 2, tầng 3, hoạt tải thi công không còn, toàn bộ tính tải trọng truyền lên cột chống các tầng và truyền xuống đất. - Có 3 tầng cột chống ván khuôn.		0	0	0	1,1D
				0	0	0	2,2D
				0	0	0	3,3D
				0	+1,0D	1,0D	0,1D
	7	- Ngày 14 tiến hành tháo cốp pha, cột chống tầng 1 và cho chống điểm; - Giả thiết độ cứng các sàn là như nhau và không bị võng trong quá trình thi công; - Cho phép các sàn S2,S3,S4 mang trọng lượng bản thân nó, phân bổ lại tải trọng thi công lên các sàn; - Tiếp tục thi công sàn S5 vào ngày 16 (quay lại chu kỳ bắt đầu từ sàn 3, bước 3 như trên); - Có 2 tầng cột chống ván khuôn và 1 tầng chống điểm.		0	+1,1D	1,1D	0,1D
				0	+1,2D	1,2D	0

Giả sử tải trọng thi công: D là trọng lượng của sàn (trọng lượng BTCT sàn); Hoạt tải thi công là 0,4D; trọng lượng cột chống ván khuôn là 0,1D; (0,4D và 0,1D trong các trường hợp – bài toán cụ thể phải tính toán theo tiêu chuẩn); bỏ qua trọng lượng cột chống điểm; thiết kế thời gian thi công 1 tầng là: 6 ngày/tầng; trong đó: thời gian chờ để bê tông đông kết đủ cường độ tự chịu trọng lượng bản thân 2 ngày; thời gian tháo hệ ván khuôn cột chống và chống lại 1 ngày; thời gian lắp dựng hệ ván khuôn cột chống là 1 ngày; thời gian lắp đặt cốt thép là 1 ngày; thời gian đổ bê tông là 1 ngày. Ký hiệu (trong Bảng 2):

Nền đất hoặc sàn tầng 1: Sàn BT cứng (đã đông kết): Tầng chống lại:
 Sàn BT mới đổ (chưa đông kết): Tầng cột chống ván khuôn: Tầng chống điểm:

Bảng 2. Phân tích tải trọng và quy trình thi công kết cấu BTCT nhà cao tầng sử dụng 1 tầng ván khuôn cột chống và 2 tầng chống lại (theo ACI347.2R-05)

Bước	Quy trình thi công và phân tích tải trọng thi công	Trạng thái kết cấu	Tải trọng thi công tác dụng lên sàn theo D			Tải trọng thi công tác dụng lên cột chống/cột chống lại
			Khi bắt đầu	Thay đổi trong quá trình phát triển cường độ	Tổng khi kết thúc	
1	- Ngày 1 thi công hệ ván khuôn, cốt thép sàn S2 (trong 2 ngày); - Ngày 3 đổ bê tông sàn S2; - Toàn bộ tải trọng thi công truyền xuống đất qua hệ cột chống; - Có 1 tầng cột chống ván khuôn.		0	0	0	1,5D
2	- Chờ (ngừng thi công) để sàn S2 đông kết và tự chịu trọng lượng bản thân (2 ngày), (cường độ bê tông tuổi sớm được xác định theo kết quả thí nghiệm); - Ngày 6 tháo các cột chống và lắp các cột chống lại ở tầng 1; - Chỉ 1 tầng chống lại.		0	+1,0D	1,0D	0
3	- Ngày 7 thi công hệ ván khuôn, cốt thép sàn 3 (trong 2 ngày); - Ngày 9 đổ bê tông sàn S3; - Tải trọng thi công sàn S3 truyền xuống cột chống tầng 2 và cột chống lại dưới sàn S2 truyền tải trọng thi công xuống đất; - Có 1 tầng cột chống ván khuôn và 1 tầng chống lại.		0	0	0	1,5D
			1,0D	0	1,0D	1,5D
4	- Chờ (ngừng thi công) để sàn S3 đông kết và cho phép tự mang trọng lượng bản thân (2 ngày); - Ngày 12 tháo ván khuôn cột chống dưới sàn S3 và lắp các cột chống lại ở tầng 2 (tải trọng thi công truyền xuống đất qua hệ cột chống lại tầng 2; tầng 1); - Chỉ 2 tầng chống lại.		0	+1,0D	1,0D	0
			1,0D	0	1,0D	0

Bước	Quy trình thi công và phân tích tải trọng thi công	Trạng thái kết cấu	Tải trọng thi công tác dụng lên sàn theo D			Tải trọng thi công tác dụng lên cột chống/cột chống lại
			Khi bắt đầu	Thay đổi trong quá trình phát triển cường độ	Tổng khi kết thúc	
5	- Ngày 13 thi công cốp pha, cốt thép sàn S4 (trong 2 ngày); - Ngày 15 đổ bê tông sàn S4; - Tải trọng thi công sàn S4 truyền xuống ván khuôn cột chống tầng 3 và các cột chống lại tầng 1, tầng 2 và truyền xuống đất; - Có 1 tầng cột chống ván khuôn và 2 tầng chống lại.		0	0	0	1,5D
			1,0D	0	1,0D	1,5D
			1,0D	0	1,0D	1,5D
			1,0D	0	1,0D	1,5D
			1,0D	0	1,0D	1,5D
6	- Chờ (ngừng thi công) để sàn S4 đông kết và cho phép tự mang trọng lượng bản thân (2 ngày); - Ngày 18 tháo cốp pha cột chống dưới sàn S4 và chống lại; - Cho phép tháo cột chống lại tầng 1; - Chỉ 2 tầng chống lại.		0	+1,0D	1,0D	0
			1,0D	0	1,0D	0
			1,0D	0	1,0D	0
			1,0D	0	1,0D	0
			1,0D	0	1,0D	0
7	- Ngày 19 thi công hệ ván khuôn, cốt thép sàn S5 (trong 2 ngày); - Ngày 21 đổ bê tông sàn S5; - Tải trọng thi công sàn S5 truyền xuống các sàn bên dưới qua các cột chống tầng 4 và hệ cột chống lại và chia cho các sàn theo cường độ bê tông của mỗi sàn. - Có 1 tầng cột chống ván khuôn và 2 tầng chống lại.		0	0	0	1,5D
			1,0D	0,5D	1,5D	1,0D
			1,0D	0,5D	1,5D	0,5D
			1,0D	0,5D	1,5D	0,5D
			1,0D	0,5D	1,5D	0
8	(8a): - Ngay sau khi thi công xong sàn S5 chưa đông kết; - Tải trọng thi công từ sàn S5 truyền qua hệ cột chống tầng 4 và các cột chống lại tầng dưới; - Hoạt tải thi công (0,4D) không còn tại S5 và được giảm đều xuống cho các sàn S4, S3, S2; - Các sàn S4, S3, S2 chịu trọng lượng bản thân và tải trọng thi công do sàn S5 truyền xuống; - Có 1 tầng cột chống ván khuôn và 2 tầng chống lại.		0	0	0	1,1D
			1,5D	-0,13D	1,37D	0,73D
			1,5D	-0,13D	1,37D	0,36D
			1,5D	-0,13D	1,37D	0,36D
			1,5D	-0,14D	1,36D	0
8	(8b): - Sau 2 ngày, sàn S5 tự chịu được trọng lượng bản thân; - Ngày 24 tháo ván khuôn cột chống và tiến hành chống lại tầng 4; - Tải trọng thi công không còn tại tất cả các sàn, các sàn tự chịu trọng lượng bản thân nó; - Chỉ 2 tầng chống lại.		0	+1,0D	1,0D	0
			1,37D	-0,37D	1,0D	0
			1,37D	-0,37D	1,0D	0
			1,37D	-0,37D	1,0D	0
			1,36D	-0,36D	1,0D	0
9	- Tháo cột chống lại tầng 2, chuyển lên và chống lại ở tầng 4 (chống lại cho sàn S5); - Tải trọng thi công không còn, các sàn tự chịu trọng lượng bản thân nó; - Tiếp tục thi công sàn S6 (quay trở về bước 7); - Chỉ 2 tầng chống lại.		1,0D	0	1,0D	0
			1,0D	0	1,0D	0
			1,0D	0	1,0D	0
			1,0D	0	1,0D	0
			1,0D	0	1,0D	0

Đánh giá chung:

- Về phương diện kết cấu: Phương án 1 không xét đến khả năng chịu tải trọng của bê tông tuổi sớm;

- Về tiến độ: Phương án 1 có tiến độ thi công mỗi sàn trung bình nhanh hơn Phương án 2 là 1 ngày;
- Về số lượng bộ ván khuôn cột chống: Phương án 1 yêu cầu số lượng bộ ván khuôn cột chống nhiều hơn 2-3 lần so với Phương án 2;
- Về tận không gian các sàn để thi công các công việc khác: Phương án 1 có ít không gian hơn so với Phương án 2.

Như vậy, trong thi công kết cấu BTCT nhà cao tầng, tùy theo năng lực của nhà thầu và yêu cầu về tiến độ của dự án mà nhà thầu xem xét đề xuất lựa chọn phương án thi công phù hợp nhằm đảm bảo chất lượng, an toàn công trình, tiến độ thi công và chi phí cho công tác ván khuôn cột chống.

Bảng 3. Đánh giá Phương án 1 và Phương án 2

STT	Nội dung so sánh	Phương pháp thi công	
		Không sử dụng cột chống lại (TCVN-5574)	Sử dụng cột chống lại (ACI 347.2R-05) 1 tầng cột chống ván khuôn và 2 tầng chống lại
1	Chu kỳ, thời gian thi công 1 tầng	Thi công 5 ngày/1 tầng	Thi công 6 ngày/1 tầng
2	Số tầng cột chống ván khuôn yêu cầu	3 tầng cột chống ván khuôn	1 tầng cột chống ván khuôn
3	Số tầng cột chống lại yêu cầu	Không sử dụng cột chống lại	2 tầng cột chống lại
4	Huy động khả năng chịu tải trọng của sàn	Chưa cho phép sàn chịu tải trọng khi chưa tháo cột chống ván khuôn	Cho phép sàn chịu tải trọng ở mỗi chu kỳ thi công
5	Tải trọng lớn nhất tác dụng lên sàn	1,7D	1,5D
6	Tải trọng lớn nhất tác dụng lên cột chống/cột chống lại	3,7D	1,5D
7	Độ võng của sàn trong quá trình thi công	Không cho phép võng	Độ võng sàn < độ võng cho phép theo tiêu chuẩn

Ghi chú: giả thiết D là trọng lượng của sàn (trọng lượng BTCT sàn).

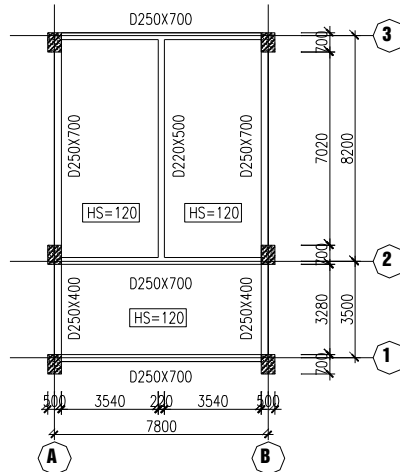
4. Ví dụ tính toán kiểm tra tính an toàn của giải pháp đề xuất về quy trình chống/chống lại hệ ván khuôn cột chống với phương án sử dụng 1 tầng ván khuôn cột chống và 2 tầng cột chống lại

4.1. Thông số đầu vào

Một ô sàn điển hình hai phương của tòa nhà bê tông cốt thép toàn khối cao tầng; kích thước cấu kiện như Hình 6 với chiều dày sàn 0,12 m. Cốt thép sàn và dầm như Bảng 4.

Trọng lượng bản thân sàn: 3 kN/m²; Trọng lượng ván khuôn: 0,098 kN/m²; Trọng lượng xà gồ (sử dụng xà gồ 2 lớp, kích thước xà gồ thép hộp: 10 × 10 × 1 mm: 0,012 kN/m². Trọng lượng cột chống 9 kG/1 cây, trung bình 0,2 kN/m². Hoạt tải theo TCVN 4453-1995: Công nhân và thiết bị thi công: 2,5 kN/m²; Hoạt tải do dầm: 2 kN/m². Quy đổi tải trọng như Bảng 5.

Nghiên cứu sử dụng các mẫu thí nghiệm được tổng hợp từ dự án Nhà ở chung cư cao tầng B – CT2 (Twin Tower) tại Lô đất CT2 Thuộc Khu đô thị mới Tây Nam Hồ Linh Đàm, Hoàng Mai, Hà Nội và xây dựng được biểu đồ phát triển cường độ của bê tông Mác 250 (B20) như Hình 5. Cốt thép CB-300V có $E = 2 \times 10^8$ kN/m², $F_y = 3 \times 10^5$ kN/m². Tốc độ thi công như Bảng 6.



Hình 6. Mặt bằng kết cấu điển hình

Bảng 4. Cốt thép sàn, dầm

Tên sàn	Cốt thép lớp trên	Cốt thép lớp dưới
S1, S2, S3, S4	$\Phi 10a150$	$\Phi 10a200$
Tên CK	Cốt thép gối	Cốt thép nhịp
DC-1	$3\Phi 25+3\Phi 22$	$3\Phi 22$
DC-2	$3\Phi 25$	$2\Phi 22$
DP-1	$3\Phi 22$	$3\Phi 22$

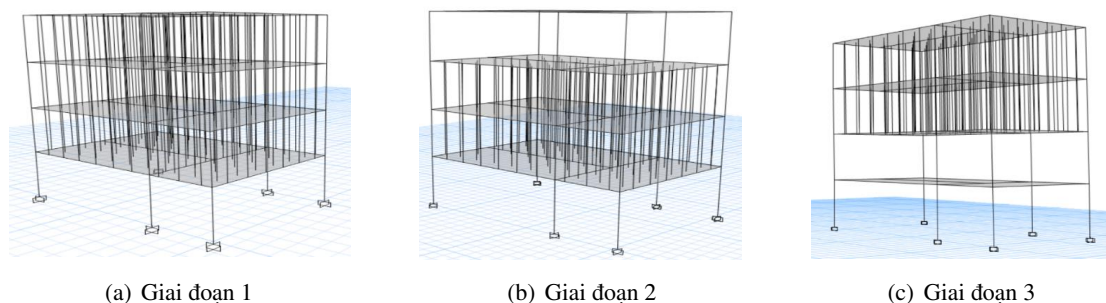
Bảng 5. Tải trọng quy đổi

TT	Loại tải	Tên loại tải	Tải trọng T_c (kN/m ²)	Hệ số vượt tải	Tải trọng tính toán (kN/m ²)	Quy đổi theo D
1	Tĩnh tải	Tải trọng bản thân (P_1)	3	1,2	3,6	1D
2		Tải trọng Ván khuôn + Xà gồ+ cột chống (P_2)	0,31	1,1	0,34	0,09D
3	Hoạt tải	Tải trọng công nhân bảo dưỡng sửa chữa (P_3)	0,75	1,3	0,975	0,27D
4		Tải trọng công nhân và thiết bị thi công (P_4)	2,5	1,3	3,25	0,9D
5		Tải trọng do dầm rung (P_5)	2	1,3	2,6	0,72D

Bảng 6. Tốc độ các giai đoạn thi công

		Giai đoạn 1	Giai đoạn 2	Giai đoạn 3
Sàn S5	Kiểu chống đỡ Tuổi BT	Chống toàn bộ (1 ngày)	Không chống (3 ngày)	Chống lại (3 ngày)
Sàn S4	Kiểu chống đỡ Tuổi BT	Chống lại (7 ngày)	Chống lại (9 ngày)	Chống lại (9 ngày)
Sàn S3	Kiểu chống đỡ Tuổi BT	Chống lại (13 ngày)	Chống lại (15 ngày)	Không chống (15 ngày)
Sàn S2	Kiểu chống đỡ Tuổi BT	Không chống (19 ngày)	Không chống (21 ngày)	Không chống (21 ngày)

Mô hình hệ ván khuôn cột chống cho 3 giai đoạn công tác.



Hình 7. Mô hình hệ ván khuôn cột chống cho 3 giai đoạn thi công

4.2. Phân bố tải trọng thi công

Sự phân bố tải trọng thi công giữa các tấm bê tông và hệ thống chống / chống lại được đánh giá bằng phương pháp đơn giản hóa. Giả định khả năng nén của hệ thống chống / chống lại không ảnh hưởng đáng kể đến việc phân bố lại tải trọng thi công. Bảng 7 thể hiện tải trọng phân bố lên các sàn tương ứng với các Giai đoạn 1, 2 và 3.

Bảng 7. Phân bố tải trọng thi công

	Giai đoạn 1					Giai đoạn 2					Giai đoạn 3				
S4	P ₁ D	P ₂ -	P ₃ -	P ₄ 0,9D	P ₅ 0,72D	P ₁ D	P ₂ -	P ₃ -	P ₄ -	P ₅ -	P ₁ D	P ₂ 0,09D	P ₃ 0,27D	P ₄ -	P ₅ -
			2,62D					D				1,36D			
S3	P ₁ D	P ₁ 0,09D	P ₃ 0,27D	P ₄ -	P ₅ -	P ₁ D	P ₁ -	P ₃ 0,27D	P ₄ -	P ₅ -	P ₁ D	P ₁ 0,09D	P ₃ 0,27D	P ₄ -	P ₅ -
			1,36D					1,27D					1,36D		
S2	P ₁ D	P ₂ 0,09D	P ₃ 0,27D	P ₄ -	P ₅ -	P ₁ D	P ₁ 0,09D	P ₃ 0,27D	P ₄ -	P ₅ -	P ₁ D	P ₁ 0,09D	P ₃ 0,27D	P ₄ -	P ₅ -
			1,36D					1,36D					1,36D		
S1	P ₁ D	P ₂ 0,09D	P ₃ 0,27D	P ₄ -	P ₅ -	P ₁ D	P ₁ 0,09D	P ₃ 0,27D	P ₄ -	P ₅ -	P ₁ D	P ₁ 0,09D	P ₃ 0,27D	P ₄ -	P ₅ -
			1,36D					1,36D					1,36D		

4.3. Phát triển cường độ bê tông cho các giai đoạn 1, 2 và 3

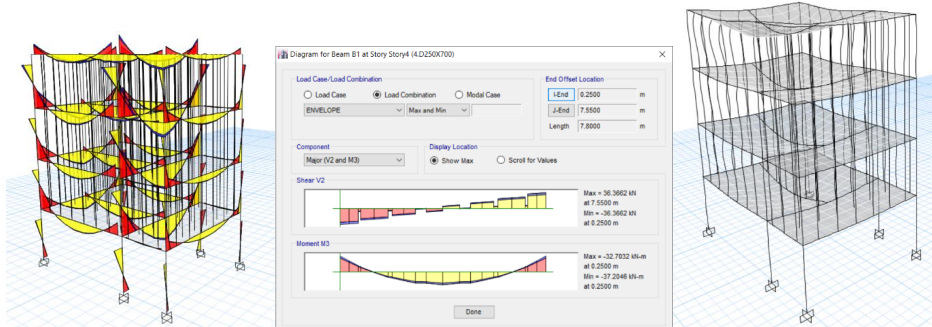
Cường độ bê tông tại các giai đoạn thi công 1, 2, 3 được thể hiện trong Bảng 8.

Bảng 8. Phát triển cường độ của bê tông tại giai đoạn 1, 2, và 3

Giai đoạn	B20	Tầng	Tuổi BT (ngày)	% R28	Rb (kN/m ²)	f _c ' (kN/m ²)	E (kN/m ²)
1	S4	5	1	32,32	3720	4850	8726400
	S3	4	7	98,27	11310	14750	26532900
	S2	3	13	99,75	11480	14970	26932500
	S1	2	19	100	11500	15000	27000000
2, 3	S4	5	3	76,28	8780	11450	20595600
	S3	4	9	98,76	11360	14820	26665200
	S2	3	15	100	11500	15000	27000000
	S1	2	21	100	11500	15000	27000000

4.4. Kết quả tính toán

Nghiên cứu sử dụng phần mềm ETAB 17 và SAFE 12 để tính toán nội lực. Hình 8 thể hiện kết quả trích xuất cho giai đoạn 1.



Hình 8. Kết quả phân tích nội lực kết cấu tại giai đoạn 1

a. Chuyển vị cấu kiện Dầm

Bảng 9 thể hiện độ võng cho phép (mm) và vị trí đo chuyển vị.

Bảng 9. Độ võng dầm cho phép và vị trí đo chuyển vị

TT	Chiều dài	Độ võng cho phép	Giá trị độ võng			
1	8200	$L/250$	33			
2	7800	$L/250$	31			
3	3500	$L/200$	18	Giai đoạn 1	Giai đoạn 2	Giai đoạn 3

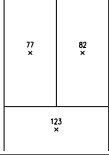
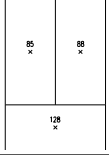
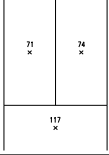
Kết quả tính toán: Giai đoạn 1: Cấu kiện có chuyển vị lớn nhất là dầm B14 (220×500) tại tầng 4 với chuyển vị $-9,741$ mm. Giai đoạn 2: Cấu kiện có chuyển vị lớn nhất là dầm B17 (220×500) tại tầng 4 với chuyển vị $-11,856$ mm. Giai đoạn 3: Cấu kiện có chuyển vị lớn nhất là dầm B20 (220×500) tại tầng 4 với chuyển vị $-8,677$ mm.

b. Chuyển vị cấu kiện sàn

Độ võng cho phép của ô sàn là: $L/250$ (L : nhịp cạnh ngắn). Bảng 10 thể hiện độ võng cho phép của cấu kiện sàn (mm) và vị trí đo chuyển vị.

Kết quả tính toán: Giai đoạn 1: Ô sàn có chuyển vị lớn nhất là ô sàn 8200×3900 tại tầng 4 với chuyển vị $-8,221$ mm. Giai đoạn 2: Ô sàn có chuyển vị lớn nhất là ô sàn 8200×3900 tại tầng 4 với chuyển vị $-6,202$ mm. Giai đoạn 3: Ô Sàn có chuyển vị lớn nhất là ô sàn 8200×3900 tại tầng 4 với chuyển vị $-6,973$ mm. Như vậy, mọi điểm kiểm tra đều có độ võng trong giới hạn cho phép. Kết quả tính toán cho thấy giải pháp quy trình chống/chống lại hệ ván khuôn trong thi công kết cấu nhà cao tầng theo Tiêu chuẩn ACI 347.2R-05 được đề xuất đã đảm bảo về mặt an toàn, chất lượng công trình (biến dạng nhỏ hơn độ võng cho phép).

Bảng 10. Độ võng sàn cho phép và vị trí đo chuyển vị

Kích thước	Độ võng cho phép	Nhịp cạnh ngắn	Giá trị độ võng			
8200 × 3900	L/250	3900	15.6			
7800 × 3500	L/250	3500	14	Giai đoạn 1	Giai đoạn 2	Giai đoạn 3

5. Kết luận và kiến nghị

Kết quả nghiên cứu đã cho thấy việc thiết kế biện pháp kỹ thuật thi công có sử dụng hệ cột chống lại theo ACI 347.2R-05 trong thi công kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) toàn khối nhà cao tầng có tính khả thi, đảm bảo an toàn, chất lượng công trình. Bài báo cũng cho thấy, so với phương án thi công không sử dụng hệ cột chống lại (theo TCVN 4453) thì phương án thi công có sử dụng các hệ cột chống lại các bản sàn BTCT bên dưới có tính hiệu quả về mặt yêu cầu cung ứng vật tư vì yêu cầu lượng ván khuôn cột chống ít hơn khoảng 2-3 lần (mặc dù thường tiến độ thi công sẽ chậm hơn 1 ngày/1 tầng).

Từ kết quả nghiên cứu, bài báo có những khuyến nghị sau:

- Bởi vì tính toán thời điểm tháo dỡ hệ ván khuôn ban đầu và chống lại các bản sàn bên dưới phụ thuộc rất lớn vào quá trình phát triển cường độ của kết cấu BTCT mới đổ; việc thí nghiệm, đo lường xác định biểu đồ phát triển cường độ bê tông cần được tiến hành cẩn thận, chính xác. Số lượng tổ mẫu thí nghiệm nên có loại mẫu: 3 ngày, 5 ngày, 7 ngày và 28 ngày để kết quả chính xác hơn.

- Để rút ngắn thời gian thi công cho mỗi tầng thì có thể tăng mức bê tông hoặc sử dụng phụ gia đông cứng nhanh phù hợp để tăng nhanh cường độ bê tông tuổi sớm, nhằm giảm thời gian chờ tháo cột chống ván khuôn; kết hợp sử dụng công nghệ ván khuôn tiên tiến, chuyên dùng nhằm rút ngắn thời gian lắp đặt và tháo dỡ cột chống ván khuôn (ví dụ ván khuôn bàn, bay, ván khuôn nhôm ...). Hơn nữa, trong thiết kế kiến trúc và kết cấu công trình, lựa chọn phương án thiết kế hệ sàn, cột vách phù hợp (ví dụ: sàn không dầm) để rút ngắn thời gian lắp đặt tháo dỡ cột chống ván khuôn.

Kết quả nghiên cứu góp phần nâng cao nhận thức và thúc đẩy việc thiết kế biện pháp thi công hệ ván khuôn cột chống và hệ cột chống lại hợp lý, hiệu quả trong thi công kết cấu BTCT toàn khối nhà cao tầng thông qua tính toán áp dụng Tiêu chuẩn ACI 347.2R-05.

Tài liệu tham khảo

- [1] Arafat, W. S. (1997). *Analysis of loads and schedule for multistory concrete frame construction considering maturity and resources*. PhD dissertation, North Carolina State University, Raleigh, N.C.
- [2] Hải, T. H., Khoa, H. N. (2012). **Công nghệ thi công nhà siêu cao tầng bê tông toàn khối**. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXD*, 6(1):24–32.
- [3] TCVN 4453:1995. *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Quy phạm thi công và nghiệm thu*.
- [4] TCVN 4055:2012. *Công trình xây dựng - Tổ chức thi công*.
- [5] TCVN 4252:2012. *Quy trình lập thiết kế tổ chức xây dựng và thiết kế tổ chức thi công*.
- [6] QCVN 18:2014. *Quy chuẩn kỹ thuật an toàn lao động trong xây dựng*.
- [7] Quân, T. S., Thuận, N. Q., Thanh, N. H. (2017). **Nghiên cứu xây dựng thuật toán tối ưu hóa diện tích chịu lực của cột chống trong thi công sàn bằng tổ hợp dầm giáo ván khuôn**. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXD*, 11(11):25–31.

- [8] ACI 347.2R-05. *Guide for Shoring/Reshoring of Concrete Multistory Buildings*. American Concrete Institute.
- [9] SEI/ASCE37. *Design Loads on Structures During Construction*. Chương 4, "Các tải trọng thi công", American Society of Civil Engineers.
- [10] Gross, J. L., Lew, H. S. (1986). Analysis of Shoring Loads and Slab Capacity for Multistory Concrete Construction. *Special Publication*, 90:109–130.
- [11] Stivaros, P. C., Halvorsen, G. T. (1992). Construction load analysis of slabs and shores using microcomputers. *Concrete International*, 14(8):27–32.
- [12] Grundy, P., Kabaila, A. (1963). Construction loads on slabs with shored formwork in multistory buildings. *Journal Proceedings*, 60(12):1729–1738.
- [13] TCVN 3118:1993. *Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén*.