

Thiết kế và sử dụng ván khuôn nhôm trong thi công nhà cao tầng tại Việt Nam

Design and use of aluminum formwork in high-rise building construction in Vietnam

Phạm Phú Anh Huy^{a,b*}, Phạm Quang Nhật^b, Nguyễn Quốc Lâm^b, Phạm Việt Hiếu^b
Pham Phu Anh Huy^{a,b*}, Pham Quang Nhat^b, Nguyen Quoc Lam^b, Pham Viet Hieu^b

^aTrường Công nghệ, Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

^aSchool of Engineering and Technology, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Vietnam

^bKhoa Xây dựng, Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

^bFaculty of Civil Engineering, Duy Tan University, Da Nang, 550000, Vietnam

(Ngày nhận bài: 18/03/2024, ngày phản biện xong: 06/04/2024, ngày chấp nhận đăng: 15/04/2024)

Tóm tắt

Ván khuôn nhôm ngày càng được sử dụng rộng rãi trong thi công kết cấu bê tông toàn khối tại Việt Nam. Tuy nhiên, hiện nay chưa có tài liệu chỉ dẫn tính toán và kiểm tra các bộ phận trong hệ ván khuôn nhôm. Đồng thời, các hướng dẫn và quy phạm kỹ thuật lắp dựng và tháo dỡ hệ ván khuôn nhôm cũng chưa được ban hành. Bài báo đã nghiên cứu các đặc điểm cơ bản của ván khuôn nhôm, từ đó đề xuất quy trình tính toán, kiểm tra, lắp dựng và tháo dỡ hệ ván khuôn nhôm. Bên cạnh đó, các lưu ý cần thiết khi lắp dựng, tháo dỡ ván khuôn nhôm cũng được đề cập nhằm giúp các cán bộ thiết kế và thi công ván khuôn nhôm có thêm thông tin và tài liệu tham khảo.

Từ khóa: ván khuôn nhôm; cốp pha nhôm; thi công bê tông toàn khối; ván khuôn định hình; hệ ván khuôn.

Abstract

Aluminum formwork systems are increasingly being utilized in the construction of monolithic concrete structures in Vietnam. However, there is currently a lack of documentation providing guidelines for the calculation and inspection of components within aluminum formwork systems. Additionally, instructions and technical regulations for the assembly and disassembly of aluminum formwork systems have not yet been issued. The article has researched the basic characteristics of aluminum formwork systems and proposed procedures for design, check, assembly, and disassembly of these systems. Furthermore, essential considerations for the assembly and disassembly of aluminum formwork systems are also addressed to provide design and construction professionals with additional information and reference materials.

Keywords: aluminum formwork; aluminum shuttering; monolithic concrete construction; shaped formwork; formwork system.

1. Giới thiệu chung

Hiện nay, nhà cao tầng ngày càng phát triển nhiều ở các đô thị lớn ở Việt Nam như thủ đô Hà

Nội, Thành phố Hồ Chí Minh, Nha Trang, Đà Nẵng, v.v... Trong đó nhà cao tầng bằng bê tông cốt thép (BTCT) chiếm số lượng đáng kể do những ưu điểm vượt trội của BTCT so với các

*Tác giả liên hệ: Phạm Phú Anh Huy

Email: phampanhhuy@duytan.edu.vn

loại vật liệu khác. Việc thi công xây dựng nhà cao tầng bằng BTCT, hệ ván khuôn đóng vai trò quan trọng và quyết định đến chất lượng bê tông, tiến độ thi công, và do vậy ảnh hưởng trực tiếp đến giá thành của công trình [1]. Ván khuôn được sử dụng trong thi công kết cấu BTCT toàn khối rất đa dạng về chủng loại và vật liệu như: ván khuôn thép, nhựa, gỗ, gỗ ép, nhôm, v.v... Trong những năm gần đây, ván khuôn nhôm bước đầu được sử dụng trong những công trình nhà cao tầng BTCT tại Việt Nam. Ván khuôn nhôm có nguồn gốc từ một loại ván khuôn có dạng tấm bằng thép, và có mặt tại Mỹ vào những năm 1960. Đến năm 1970, các chuyên gia tại Mỹ đã cho ra đời những tấm ván khuôn với nguyên liệu từ hợp kim nhôm đầu tiên trên thế giới. Trong quá trình phát triển, ván khuôn nhôm không ngừng được cải thiện cả về tính năng lẫn hiệu suất và quy trình sản xuất để đáp ứng nhu cầu sử dụng. Ván khuôn nhôm hiện nay không chỉ được sử dụng rộng rãi ở các nước phương Tây, mà còn thịnh hành ở các nước châu Á như: Hồng Kông, Ấn Độ, Hàn Quốc, Đài Loan, Thái Lan, Việt Nam, v.v... Ván khuôn nhôm có mặt tại Việt Nam khoảng từ năm 2008, do các công ty Hàn Quốc cung cấp chính. Một số công ty cung cấp ván khuôn nhôm của Hàn Quốc như: công ty Kumkang Kind Việt Nam, S-Form Việt Nam, Hyundai Aluminium Vina, GS Industry (VGSI), v.v... Sau đó, một số công ty trong nước cũng đã phát triển và cung cấp ván khuôn nhôm cho thị trường Việt Nam như Công ty Cổ phần Cơ khí và Nhôm kính Anh Việt (TP.HCM), Công ty Cổ phần Thương mại và Dịch vụ Ngôi sao (TP.HCM), Công ty Cổ phần Cốp pha nhôm KingHing Việt Nam (TP.HCM), v.v... Để đáp ứng nhu cầu xây dựng tại Việt Nam cũng như các yêu cầu từ đơn vị thi công, các công ty sản xuất không ngừng cải tiến thông số, kích thước, phụ kiện, tài liệu hướng dẫn thi công ván khuôn nhôm. Một số công trình nhà cao tầng và siêu cao tầng đã áp dụng công nghệ ván khuôn nhôm trong thi công kết cấu BTCT như: khu tổ hợp

Keangnam (Hà Nội), tòa nhà Usilk city (Hà Nội), dự án Hyundai hillstate (Hà Nội), Landmark 81 (Thành phố Hồ Chí Minh), khu căn hộ ASIANA (Đà Nẵng), v.v...

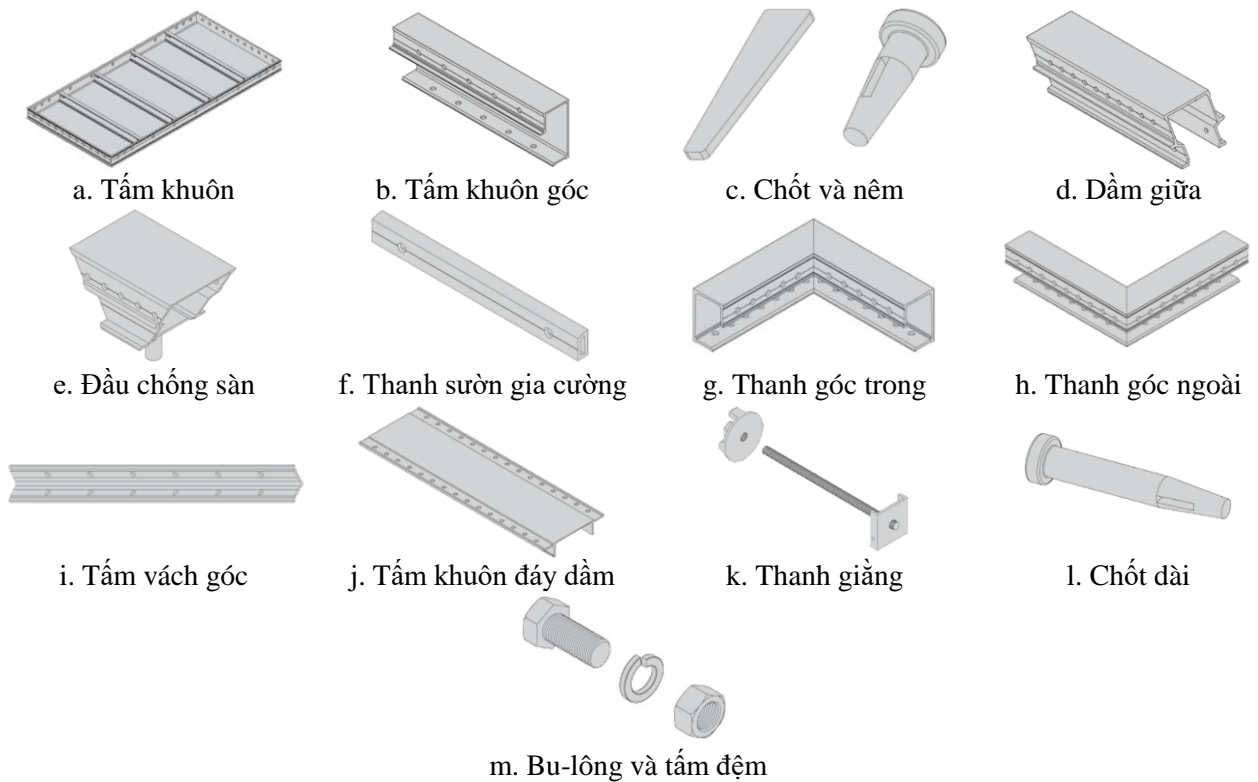
Một số nghiên cứu ban đầu về ván khuôn nhôm tại Việt Nam cũng đã chỉ ra được ưu điểm, nhược điểm của ván khuôn nhôm so với các loại ván khuôn truyền thống như gỗ, thép. Đào Minh Hiếu và Võ Văn Dân [1] đã chỉ ra rằng việc áp dụng ván khuôn nhôm trong thi công xây dựng là cần thiết giúp nâng cao chất lượng, an toàn và giảm thời gian thi công (20-30)% so với việc thi công bằng ván khuôn thông thường khác. Ván khuôn nhôm cũng giảm chi phí thi công, tuy nhiên việc này còn tùy thuộc vào khối lượng và sự trùng lặp của các kết cấu. Ngoài ra, sử dụng ván khuôn nhôm trong các công trình xây dựng cũng giúp giảm ảnh hưởng đến môi trường, vì gần như 100% phế liệu từ ván khuôn nhôm đều được tái sử dụng. Bên cạnh đó, Đào Minh Hiếu và Võ Văn Dân [1] cũng cho rằng việc đề xuất quy trình thi công lắp dựng tháo dỡ ván khuôn nhôm là cần thiết, giúp cho việc lắp dựng tháo dỡ nhanh, thuận tiện mà không cần tập trung nhiều nhân công như các hệ ván khuôn thông thường khác. Tuy nhiên, cần quản lý chặt chẽ về quy trình thi công nhằm đảm bảo chất lượng theo yêu cầu. Tương tự, Nguyễn Trường Huy [2] đã đưa ra các giải pháp nhằm thúc đẩy việc sử dụng ván khuôn nhôm tại Việt Nam, bao gồm hoàn thiện quy định về ván khuôn nhôm trong xây dựng, các yêu cầu về việc thiết kế, và giải pháp trong việc tháo dỡ ván khuôn nhôm. Tác giả Nguyễn Trường Huy [2] cũng cho rằng trong thi công nhà cao tầng BTCT, dây chuyền thi công ván khuôn đóng một vai trò quan trọng trong việc đẩy nhanh tiến độ công trình, làm giảm giá thành xây dựng, và quyết định chất lượng của sản phẩm, bảo vệ môi trường. Bên cạnh đó, Lê Đại Triều [3] cũng đã phân tích được việc sử dụng ván khuôn nhôm định hình tại Việt Nam, từ đó đưa ra một số nhận xét như: cấu tạo ván khuôn nhôm đơn giản, dễ thi công, tiến độ

nhANH, an toàn cao và cho sản phẩm bê tông đẹp, đáp ứng được yêu cầu khẮt khe của thiết kế. Quá trình thi công hao hụt khá lớn (khoảng 20%) do đó phải đầu tư bổ sung khi luân chuyển thi công các công trình khác nhau. Giá thành đầu tư cho ván khuôn nhôm cao, phụ thuộc nguồn vật tư từ các doanh nghiệp nước ngoài, không tận dụng được các nguồn lực ván khuôn truyền thống. Tác giả cũng đã nêu được chi tiết cấu tạo, cách thức vận hành, phân tích các tiêu chí kỹ thuật, an toàn và kinh tế mà ván khuôn nhôm có thể đáp ứng được. Đồng thời tác giả cũng nêu ra các mặt hạn chế để cân nhắc việc áp dụng vào thi công. Hơn thế nữa, Kiều Thế Sơn và cộng sự [4] dựa trên các tiêu chuẩn kỹ thuật liên quan trong nước và tiêu chuẩn ACI 347.2R-05 [5] đã nghiên cứu và phân tích sự phân bố tải trọng thi công phù hợp với quá trình phát triển cường độ của kết cấu BTCT. Trên cơ sở đó, nhóm tác giả đã 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.

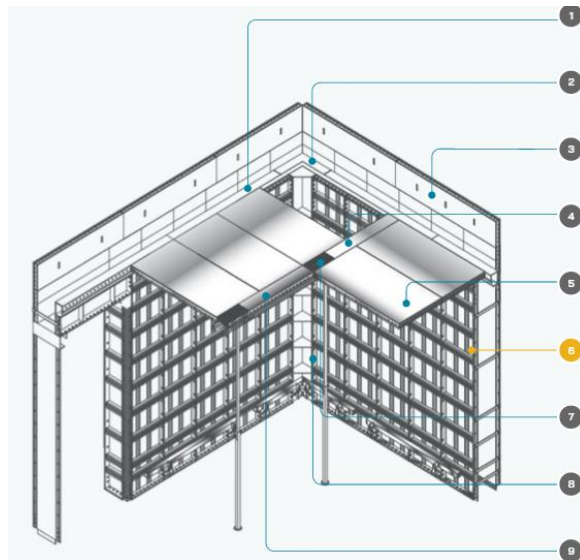
Bên cạnh các công trình nghiên cứu ở Việt Nam, trên thế giới cũng đã có một số nghiên cứu về ván khuôn nhôm. Điển hình như, Lee và cộng sự [6] đã đề xuất một phần mềm tính toán và kiểm tra một số bộ phận của ván khuôn nhôm. Tuy nhiên, nhược điểm của phần mềm này không thể kiểm tra đầy đủ các điều kiện tính toán cũng như các yêu cầu khác nhau của các tiêu chuẩn khác nhau trên thế giới. Johnston [7] cũng đã đưa ra các nguyên tắc chung thiết kế hệ thống ván khuôn theo tiêu chuẩn ACI 347R-94, từ đó có thể áp dụng để kiểm tra cho ván khuôn nhôm. Bajad và cộng sự [8] đã đánh giá và so sánh hiệu quả của ván khuôn thông thường và nhôm. Kết quả nghiên cứu cho rằng ván khuôn thông thường phù hợp cho dự án nhà ở nhỏ, trong khi

ván khuôn nhôm thích hợp cho nhà cao tầng. Ván khuôn nhôm giúp tiết kiệm chi phí xây dựng công trình và mang lại các bề mặt bê tông với chất lượng cao mà không cần hoàn thiện. Thiagarajan và cộng sự [9] đã nghiên cứu việc sử dụng ván khuôn nhôm trong các nhà cao tầng tại Ấn Độ và cho kết luận rằng: tổng chi phí dự án và thời gian thực hiện dự án khi sử dụng ván khuôn nhôm sẽ ít hơn so với các hệ thống ván khuôn thông thường khác. Chu kỳ thi công sàn sẽ từ 7 đến 10 ngày khi sử dụng ván khuôn nhôm, và do đó thời gian thi công sẽ giảm từ 35% đến 40% so với thông thường. Đồng thời, việc sử dụng ván khuôn nhôm sẽ tạo ra bề mặt kết cấu rất bằng phẳng, không mất công tô trát. Hệ thống ván khuôn nhôm không chỉ có thể đạt tốc độ thi công nhanh hơn mà còn có thể làm giảm chi phí kết cấu từ 20% đến 25% so với phương pháp thông thường do lượng nhân công lao động cần ít hơn. Không chỉ có lợi ích trực tiếp, việc sử dụng hợp pha nhôm còn có rất nhiều lợi ích gián tiếp như có thể tái chế, giúp bảo vệ môi trường, tránh khai thác tài nguyên thiên nhiên, và làm giảm việc khai thác gỗ.

Tuy nhiên, các nghiên cứu chỉ ra ở trên vẫn chưa trình bày chi tiết đến các đặc tính, vấn đề về sử dụng, lắp đặt, tháo dỡ ván khuôn nhôm. Do vậy, mục tiêu của bài báo là nghiên cứu trình bày một cách có hệ thống cấu tạo, ưu nhược điểm, phạm vi sử dụng, trình tự và các lưu ý cần thiết lắp dựng và tháo dỡ, các chỉ dẫn tính toán và thiết kế ván khuôn nhôm, nhằm giúp độc giả có một cái nhìn tổng thể về ván khuôn nhôm và khả năng ứng dụng ván khuôn nhôm trong thi công nhà cao tầng. Bên cạnh đó, một số ví dụ cụ thể được thực hiện để minh họa cho quá trình tính toán và kiểm tra hệ ván khuôn nhôm. Từ đó, rút ra các khuyến nghị cần thiết cho cán bộ làm công tác thiết kế và thi công ván khuôn nhôm.



Hình 1. Các bộ phận của ván khuôn nhôm



(1): Thanh biên; (2): Thanh góc; (3): Tấm chắn; (4): Dầm cuối; (5): Tấm khuôn mặt; (6): Tấm khuôn vách; (7): Đầu cột chống; (8): Tấm góc tường; (9): Dầm giữa.

Hình 2. Cấu tạo của hệ ván khuôn nhôm [10]

2. Cấu tạo, ưu nhược điểm của ván khuôn nhôm

2.1. Nguyên lý cấu tạo ván khuôn nhôm

Ván khuôn nhôm được sản xuất trên dây chuyền chuyên nghiệp với kỹ thuật hiện đại. Mỗi bộ phận được gia công cẩn trọng, lắp đặt đúng vị trí, đảm bảo chất lượng, từ đó mang đến sự bền

bi theo thời gian cũng như sự an toàn khi sử dụng. Dựa trên các thông tin từ các nhà sản xuất, chiều dài của tấm khuôn thông thường được sản xuất theo mô đun 600mm, 900mm, 1200mm, 1500mm, hoặc 1800mm. Trong khi chiều rộng phổ biến từ 200mm đến 500mm. Mặt nhôm của

tấm khuôn có chiều dày thông thường từ 4mm đến 6mm, trong khi bộ khung sườn của tấm khuôn được tổ hợp bằng các thanh la đạt độ dày tiêu chuẩn là 2,5mm. Về cơ bản, ván khuôn nhôm bao gồm một số thành phần chính sau đây:

- Khung nhôm: là phần chính tạo nên cấu trúc của ván khuôn, được làm từ hợp kim nhôm với đặc tính nhẹ, bền, chống ăn mòn và có khả năng chịu lực tốt. Khung nhôm có thể được thiết kế với nhiều kích thước và hình dạng khác nhau tùy theo yêu cầu của công trình.

- Bề mặt khuôn: là phần tiếp xúc trực tiếp với bê tông, thường được làm từ nhôm hoặc từ một lớp phủ đặc biệt trên nhôm để tạo ra bề mặt láng mịn, giúp việc tháo khuôn sau khi đúc dễ dàng hơn và bề mặt bê tông sau khi đúc được phẳng và đẹp.

- Hệ thống kết nối: bao gồm các bộ phận như bu-lông, ốc vít, khóa khuôn, v.v., giúp kết nối các tấm khuôn lại với nhau, tạo thành một khối khuôn vững chắc. Hệ thống kết nối cũng cho phép điều chỉnh kích thước và hình dạng của khuôn một cách linh hoạt.

- Thanh giằng và phụ kiện hỗ trợ: các thanh giằng nhôm hoặc thép được sử dụng để gia cố thêm cho khuôn, đặc biệt là đối với các khuôn có kích thước lớn. Ngoài ra, có thể có các phụ kiện hỗ trợ khác như chân đế, giá đỡ, v.v., giúp khuôn đứng vững trên mặt đất hoặc nâng cao lên.

Hình 1 thể hiện một số bộ phận chính của ván khuôn nhôm. Có thể thấy, cấu tạo của ván khuôn nhôm được thiết kế để đảm bảo tính linh hoạt, dễ dàng lắp đặt và tháo dỡ, đồng thời giảm nhẹ trọng lượng và tối ưu hóa chi phí. Bên cạnh đó, điểm đặc biệt về cấu tạo của ván khuôn nhôm cho phép tháo dỡ tấm khuôn mà không cần phải tháo dỡ cột chống bằng cách giải phóng liên kết và tháo dỡ dầm cuối và dầm giữa khỏi đầu chống cột, sau đó tháo tấm khuôn mặt sàn. Đây cũng chính là một trong những ưu điểm nổi bật của ván khuôn nhôm.

2.2. Ưu nhược điểm của ván khuôn nhôm

Dựa trên thông tin của các nhà sản xuất ván khuôn nhôm và một số nghiên cứu về ván khuôn nhôm ở Việt Nam [1–3] và thế giới [8,10,11], có thể thấy rằng ván khuôn nhôm có những ưu điểm nổi bật như sau:

- Có trọng lượng nhẹ và ít bị xâm thực bởi môi trường như các loại ván khuôn thông thường khác.

- Quá trình tháo lắp ván khuôn nhôm đơn giản và dễ thực hiện. Công nhân sẽ nhanh chóng và dễ dàng làm quen với công việc, vì thế có thể tiết kiệm thời gian thi công.

- Khả năng tái chế của ván khuôn nhôm tốt, ước tính thu hồi được ít nhất 20% giá trị [1];

- Chi phí bảo dưỡng ở mức trung bình so với các loại ván khuôn khác.

- Cho chất lượng bề mặt bê tông đẹp, làm vệ sinh cũng dễ dàng.

- Tiến độ thi công nhanh, chuyên dụng. Sau khi đổ bê tông xong có thể tháo dỡ trong vòng (48 ÷ 72) giờ có thể tái sử dụng trên 100 lần [2,3]. Có thể tháo trước được tấm khuôn sàn và một số bộ phận, do vậy giảm được số lượng tấm khuôn trong thi công nhà cao tầng.

Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm trên ván khuôn nhôm vẫn còn một số nhược điểm cụ thể như:

- Giá thành cao, chi phí đầu tư ban đầu cho hệ thống ván khuôn nhôm khá lớn.

- Các vị trí của hệ thống ván khuôn nhôm là duy nhất, do vậy việc thay thế vị trí đó khi bị hư hỏng là khá phức tạp và tốn kém.

- Quá trình bảo dưỡng ván khuôn sau khi tháo dỡ khá mất công và tốn kém.

Dựa trên nghiên cứu các đặc điểm cấu tạo và quá trình sản xuất chế tạo, các tác giả đề xuất một số kỹ thuật quan trọng nhằm đảm bảo chất lượng của ván khuôn nhôm như sau:

- Lựa chọn vật liệu chất lượng cao: sử dụng nhôm chất lượng cao với độ bền và khả năng chống ăn mòn tốt để sản xuất ván khuôn. Vật liệu nhôm cần phải có độ dày đủ để chịu được áp lực của bê tông.

- Thiết kế kỹ thuật chính xác: thiết kế ván khuôn nhôm cần được thực hiện một cách cẩn thận, đảm bảo rằng nó có thể chịu được trọng lượng và áp lực của bê tông mà không bị biến dạng. Các yếu tố như kích thước, hình dáng, và cách thức kết nối giữa các phần của ván khuôn phải được tính toán chính xác.

- Kiểm tra chất lượng trong quá trình sản xuất: cần có các quy trình kiểm tra chất lượng nghiêm ngặt trong quá trình sản xuất ván khuôn nhôm, bao gồm việc kiểm tra độ dày, độ bền, và khả năng chịu lực của vật liệu.

- Bảo dưỡng định kỳ: ván khuôn nhôm cần được bảo dưỡng định kỳ để đảm bảo luôn ở trạng thái tốt nhất. Điều này bao gồm việc kiểm tra sự hao mòn, biến dạng và sửa chữa hoặc thay thế các phần hỏng hóc. Sau khi dùng xong, ván khuôn cần được vệ sinh sạch sẽ, rửa hết vữa dính, để ở khu vực khô ráo, tránh môi trường ẩm ướt.

- Lắp đặt cẩn thận và an toàn: quá trình lắp đặt ván khuôn nhôm cần được thực hiện một cách cẩn thận, đảm bảo rằng tất cả các phần được ghép nối chặt chẽ và đúng cách để tránh rò rỉ bê tông hoặc sự cố hư hỏng.

- Huấn luyện và tập huấn cho công nhân thi công: công nhân tham gia vào việc lắp đặt và tháo dỡ ván khuôn nhôm cần được huấn luyện đầy đủ về các phương pháp làm việc an toàn và hiệu quả.

Sử dụng các phụ kiện chất lượng: các phụ kiện đi kèm với ván khuôn nhôm (như bu-lông, kẹp, thanh la, v.v...) cũng cần phải có chất lượng cao và phải phù hợp với yêu cầu kỹ thuật của hệ thống ván khuôn.

Bằng cách tuân thủ các kỹ thuật trên, chúng ta có thể tối đa hóa độ bền và hiệu quả của ván

khuôn nhôm, góp phần vào việc nâng cao chất lượng và độ an toàn của các công trình xây dựng.

3. Tính toán và kiểm tra hệ ván khuôn nhôm

3.1. Tính toán và kiểm tra hệ ván khuôn dầm sàn

Cấu tạo hệ ván khuôn nhôm dầm sàn đã được trình bày ở phần trên. Vì tấm khuôn và các bộ phận khác của hệ ván khuôn nhôm như dầm đỡ, cột chống, các chi tiết liên kết, v.v..., được nhà sản xuất chế tạo sẵn với các thông số về hình học và cơ học có thể xác định được. Người thiết kế chỉ cần chọn theo kích thước định hình, và thực hiện kiểm tra theo các điều kiện chịu lực và biến dạng. Về mặt cơ học, các bộ phận của hệ ván khuôn nhôm được kiểm tra thành 2 nhóm chính: nhóm cấu kiện chịu uốn (tấm mặt, sườn bên và sườn giữa của tấm khuôn sàn, tấm khuôn đáy dầm, tấm khuôn thành dầm, v.v...), và nhóm cấu kiện chịu nén (cột chống tấm khuôn sàn, cột chống tấm khuôn đáy dầm, v.v...). Để đơn giản và thiên về an toàn, các điều kiện kiểm tra được giả thiết vật liệu làm việc trong giới hạn đàn hồi. Nhóm các bộ phận chịu uốn sẽ được kiểm tra theo điều kiện bền (ứng suất pháp và ứng suất tiếp) và điều kiện võng, trong khi nhóm bộ phận chịu nén sẽ được kiểm tra theo điều kiện bền và điều kiện ổn định. Có thể thực hiện kiểm tra tấm mặt của tấm ván khuôn sàn theo các bước như sau:

- Bước 1: chọn tấm khuôn nhôm sử dụng tương ứng với nhà sản xuất.

- Bước 2: xác định các đặc trưng hình học (kích thước tiết diện, chiều dài), và cơ học (cường độ, mô-đun đàn hồi) của tấm khuôn nhôm (có thể thực hiện các thí nghiệm để xác định các đặc trưng cơ học).

- Bước 3: kiểm tra tấm mặt, bao gồm

- ✓ Xác định sơ đồ tính của tấm khuôn mặt;
- ✓ Xác định tải trọng tác dụng lên tấm khuôn mặt;
- ✓ Xác định nội lực;

✓ Kiểm tra bền tấm khuôn nhôm mặt (kiểm tra bền theo ứng suất pháp và ứng suất tiếp);

✓ Kiểm tra võng tấm khuôn mặt.

- Bước 4: kiểm tra sườn biên và sườn giữa. Trình tự thực hiện kiểm tra giống như kiểm tra tấm mặt;

- Bước 5: kiểm tra cột chống của tấm khuôn (bao gồm kiểm tra bền và kiểm tra ổn định).

Do Việt Nam chưa có tiêu chuẩn tính toán ván khuôn nhôm, vì vậy có thể sử dụng tiêu chuẩn ACI347R-14 (Guide to Formwork for Concrete) [7] để tính toán và kiểm tra.

Kiểm tra tấm mặt: tấm mặt của tấm khuôn nhôm được kê lên các sườn biên và sườn giữa như Hình 3, do vậy có thể xem sơ đồ tính của tấm mặt có thể đơn giản xem như một dầm liên tục nhiều nhịp. Tải trọng tác dụng lên tấm mặt

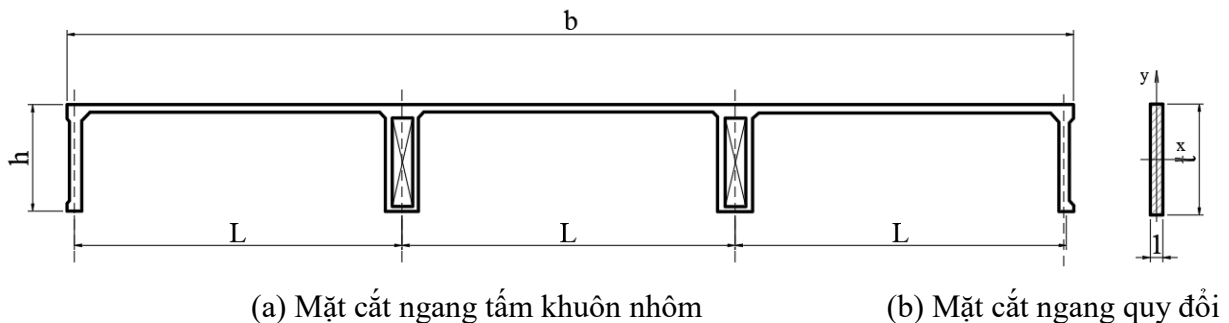
bao gồm: trọng lượng sàn BTCT và tấm khuôn, tải trọng do người và dụng cụ thi công, tải trọng do đầm và đổ bê tông. Tấm mặt được kiểm tra theo điều kiện bền và điều kiện võng [12–19].

Điều kiện kiểm tra bền cho ứng suất pháp và ứng suất tiếp:

$$\sigma = \frac{MC_y}{I_x} \leq [\sigma] \quad (1)$$

$$\tau = \frac{VS_x}{I_x t} \leq [\tau] \quad (2)$$

Trong đó: M, V là mô men và lực cắt lớn nhất trong dầm liên tục; C_y là khoảng cách từ trọng tâm đến mép biên của vùng nén, $C_y = t/2$; t là bề dày của tấm khuôn nhôm; S_x, I_x là mô men tĩnh và quán tính của tiết diện đối với trục x ; $[\sigma], [\tau]$ là ứng suất pháp và ứng suất tiếp cho phép, được xác định thông qua giới hạn chảy và giới hạn bền khi thí nghiệm vật liệu;



Hình 3. Mặt cắt ngang của tấm khuôn nhôm

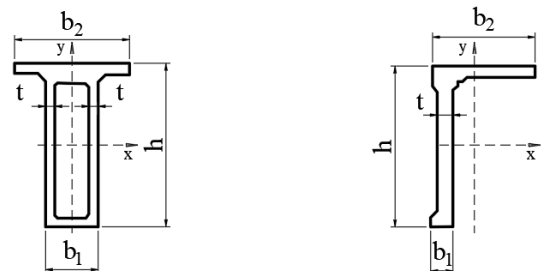
Điều kiện độ võng được thể hiện trong phương trình (3) [20].

$$f = \frac{qL^4}{145EI_x} \leq [f] \quad (3)$$

Trong đó: q là tổng tải trọng tác dụng lên tấm mặt; L là nhịp (khoảng cách giữa 2 tâm của sườn cứng đỡ tấm mặt); E là mô đun đàn hồi của vật liệu nhôm; $[f]$ là độ võng cho phép (dựa trên độ võng cho phép của kết cấu);

Kiểm tra sườn giữa và biên: sơ đồ tính của sườn cứng giữa và biên được xem như dầm đơn giản 2 gối khớp, với mặt cắt ngang như Hình 4. Sườn cứng giữa và biên chịu tác dụng của tải

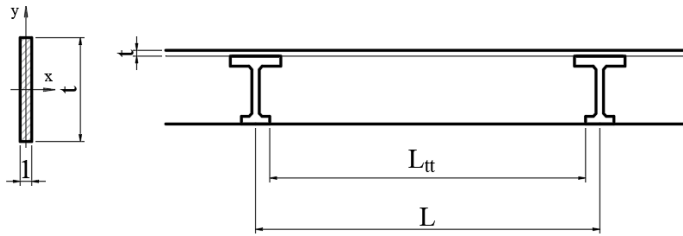
trọng từ trên tấm mặt truyền xuống và trọng lượng chính bản thân của nó. Từ đó, nội lực, ứng suất và độ võng cũng được xác định theo các công thức cổ điển của kết cấu, và được kiểm tra theo các điều kiện bền theo ứng suất pháp, ứng suất tiếp và điều kiện độ võng như tấm mặt.



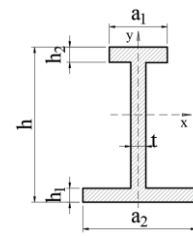
Hình 4. Mặt cắt ngang của sườn cứng giữa và sườn cứng biên

Kiểm tra ván khuôn dầm: tấm mặt, sườn biên và giữa của tấm khuôn đáy dầm và thành dầm được kiểm tra như cấu kiện chịu uốn, với sơ đồ tính như Hình vẽ 5 và mặt cắt ngang như Hình vẽ 6. Điểm khác giữa ván khuôn đáy dầm và thành dầm là phương của lực tác dụng. Trong khi ván khuôn đáy dầm chịu các áp lực thẳng đứng (do

trọng lượng của BTCT và ván khuôn, hoạt tải thi công, hoạt tải do đầm và đổ bê tông), thì ván khuôn thành dầm chịu áp lực ngang của vữa bê tông và do rung động của việc đầm và đổ bê tông. Từ đó, việc xác định nội lực, ứng suất, độ võng và các điều kiện kiểm tra hoàn toàn tương tự.



Hình 5. Mặt cắt ngang và sơ đồ tính của ván khuôn dầm



Hình 6. Mặt cắt ngang sườn cứng của ván khuôn dầm

Kiểm tra cột chống sàn và dầm: cột chống được kiểm tra như một cấu kiện chịu nén đứng tâm. Tải trọng tác dụng lên cột chống bao gồm: trọng lượng BTCT và ván khuôn, tải trọng do người và dụng cụ thi công, tải trọng do đầm và đổ bê tông. Các loại tải trọng này được tính trên m^2 , sau đó căn cứ trên khoảng cách các cột chống theo 2 phương để tính toán quy đổi thành lực tập trung tác dụng tại đầu cột chống. Từ đó, kiểm tra ứng suất nén và điều kiện độ mảnh theo phương trình (4) và (5):

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma] \quad (4)$$

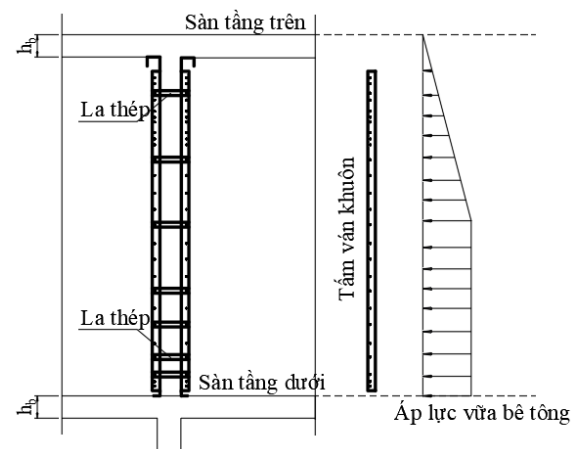
$$\lambda \leq [\lambda] \quad (5)$$

Trong đó: N là lực nén tác dụng lên cột chống; A là diện tích mặt cắt ngang của cột chống; λ là độ mảnh của cột chống; $[\sigma]$, $[\lambda]$ là ứng suất và độ mảnh cho phép (có thể xác định ứng suất và độ mảnh cho phép thông qua các thí nghiệm trực tiếp).

3.2. Tính toán và kiểm tra ván khuôn cột, vách

Việc tính toán và kiểm tra ván khuôn cho cột hoặc vách cũng được tiến hành tương tự ván khuôn dầm-sàn. Lúc này, tải trọng tác dụng lên tấm khuôn của cột hoặc vách là các áp lực ngang do vữa bê tông và do đầm và đổ (nếu có). Ngoài

việc kiểm tra tấm mặt và sườn gia cường như hệ ván khuôn dầm-sàn, còn phải kiểm tra các la thép. Các la thép này được kiểm tra như cấu kiện chịu kéo đúng tâm do áp lực của vữa, đầm và đổ bê tông gây ra. Hình 7 biểu diễn mặt cắt ngang của ván khuôn vách và sơ đồ tính của tấm khuôn vách.



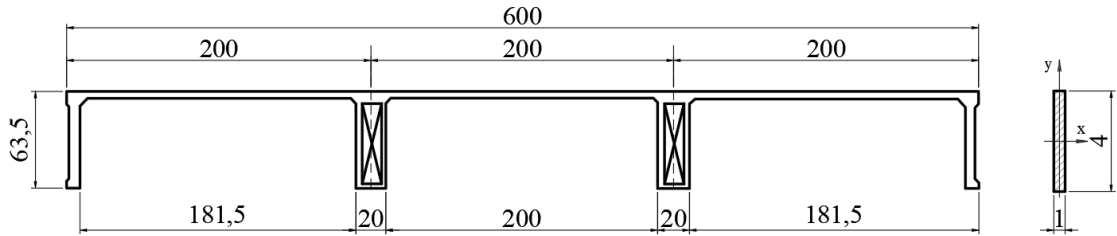
Hình 7. Ván khuôn vách và sơ đồ tính

3.3. Ví dụ tính toán và kiểm tra ván khuôn sàn

Kiểm tra ván khuôn nhôm sử dụng cho một ô sàn có chiều dày $300mm$. Kích thước tấm khuôn được thể hiện trong Hình 8, kích thước tấm khuôn ($600mm \times 1200mm$); tấm khuôn mặt có bề dày $4mm$; mô đun đàn hồi của vật liệu nhôm $E = 6,96 \times 10^4 MPa$; giới hạn chảy

$\sigma_{ty} = 210MPa$; giới hạn bền $\sigma_{tu} = 225MPa$ [21]. Độ võng cho phép của kết cấu là $3mm$. Cột chống ván khuôn được sử dụng là cột chống thép (mã hiệu KV-2), với các thông số đảm bảo chịu lực và ổn định, được xác định từ thí nghiệm như thể hiện trong Bảng 1 (kết quả trong Bảng 1

được tham khảo theo kết quả thí nghiệm khả năng chịu lực của cột chống ván khuôn của công trình Khu căn hộ ASIANA – Đà Nẵng, do Công ty Cổ phần Nghiên cứu kỹ thuật và Ứng dụng công nghệ xây dựng Bách Khoa (TP.HCM) thực hiện [21]).



Hình 8. Kích thước của tấm khuôn sàn

Bảng 1. Các thông số của cột chống đảm bảo chịu lực và ổn định [21]

Loại cây chống	Khoảng chống (m)	Kết quả thí nghiệm				
		Chiều cao (m)	2,5	2,7	2,9	3,1
KP-2	2,0~3,4	Sức chịu tải (kN)	45,9	39,4	37,4	29,5

Áp lực tính toán tác động lên tấm khuôn nhôm được xác định bởi tổng trọng lượng BTCT, ván khuôn, tải trọng do người và dụng cụ thi công, được thể hiện trong Bảng 2. Dựa trên cấu tạo của tấm khuôn nhôm, các đặc trưng hình học được tính toán và thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 2. Tải trọng tác động

Tải trọng	Chiều dày (mm)	Tải trọng tiêu chuẩn (kN/m ²)	Hệ số vượt tải	Tải trọng tính toán (kN/m ²)
Trọng lượng BTCT	300	7,50	1,2	9,00
Trọng lượng ván khuôn		0,50	1,1	0,55
Tải trọng do người và dụng cụ thi công		2,50	1,3	3,25
Tải trọng do đầm và đổ bê tông		2,00	1,3	2,60
Tổng				15,40

Bảng 3. Đặc trưng hình học của tấm khuôn nhôm

Đặc trưng hình học	t (mm)	A (mm ²)	I _x (mm ⁴)	C _{y,top} (mm)	C _{y,bottom} (mm)	S _x (mm ³)
Giá trị	4,00	4,00	5,33	2,00	2,00	2,00

Chú thích: t là chiều dày của tấm mặt ; A là diện tích tiết diện ngang của tấm mặt với giả thiết cắt ra 1 dải tấm có chiều dài 1mm ; I_x là mô men quán tính của mặt cắt ngang tấm mặt đối với trục x (x là trục ngang đi qua trọng tâm của tiết diện tấm mặt); C_{y,top}, C_{y,bottom} là khoảng cách từ trọng tâm mặt cắt đến mép biên chịu nén; S_x là mô men tĩnh của tiết diện đối với trục x.

Kiểm tra tấm khuôn nhôm: để kiểm tra tấm khuôn nhôm, giả sử cắt ra một dải rộng 1mm, lúc này tấm khuôn nhôm được xem như một dầm liên tục nhiều nhịp. Kích thước nhịp ở ví dụ này là 182mm (chính là khoảng cách giữa tâm 2 sườn đỡ). Nội lực trong tấm khuôn, mômen M và lực cắt Q, được lấy theo giá trị $ql^2/10$ và $3ql/5$ tương ứng. Tương tự, ứng suất pháp và tiếp được xác định bằng công thức $\sigma = MC_{y,max}/I_x$, $\tau = QS_x/I_xh$, và độ võng lớn nhất được tính theo công thức $f = ql^4/145EI_x$.

Kết quả tính toán σ , τ , f được kiểm tra với $[\sigma]$, $[\tau]$, $[f]$ tương ứng. Trong đó $[\sigma] = 1,3\sigma_{ty}/n_y$; $[\tau] = \sigma_{ty}/(\sqrt{3}n_y)$ [5]; $[f] = 3mm$; trong đó n_y là hệ số an toàn được lấy 1,65 [5]. Kết quả kiểm tra được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Kiểm tra tấm khuôn nhôm theo các điều kiện

Điều kiện kiểm tra	Kiểm tra bền theo ứng suất pháp	Kiểm tra bền theo ứng suất tiếp	Kiểm tra độ võng
Giá trị	$\sigma = 0,019 \frac{kN}{m^2}$ $\leq [\sigma] = 0,164 \frac{kN}{m^2}$ Đạt yêu cầu	$\tau = 0,001 \frac{kN}{m^2}$ $\leq [\tau] = 0,164 \frac{kN}{m^2}$ Đạt yêu cầu	$f = 0,3mm$ $\leq [f] = 3,0mm$ Đạt yêu cầu

Kiểm tra cột chống ván khuôn sàn: cột chống được kiểm tra theo điều kiện bền và ổn định. Độ bền của cột chống được kiểm tra thông qua ứng suất nén cho phép $[\sigma]$, tuy nhiên trong bài báo này các cột chống đã được thực hiện thí nghiệm nén (kết quả thể hiện trong Bảng 1). Tải trọng tác động lên cột chống bao gồm: trọng lượng bản thân của ván khuôn, trọng lượng của bê tông, tải trọng thi công, và tải trọng dao dầm và đổ bê

tông, được thể hiện trong Bảng 5. Các loại tải trọng này được quy đổi thành lập tập trung tác dụng lên đầu cột chống. Với giả thiết bố trí cột chống cách nhau 2,4m, diện truyền tải được xác định $A_{truyền\ tải} = 1,2 \times 1,2 = 1,44m^2$. Lực tập trung tác dụng lên cột chống là $15,4 \times 1,44 = 22,2kN < 29,5kN$. Như vậy, cột chống an toàn về phương diện chịu lực và ổn định.

Bảng 5. Tải trọng tác động lên cột chống

Loại tải trọng	Chiều dày (mm)	Giá trị tiêu chuẩn (kN/m^2)	Hệ số an toàn	Giá trị tính toán (kN/m^2)
Trọng lượng sàn BTCT	300	7,50	1,2	9,00
Trọng lượng ván khuôn		0,50	1,1	0,55
Tải trọng thi công		2,50	1,3	3,25
Tải trọng do dầm và đổ bê tông		2,00	1,3	2,60
Tổng				15,40

3.4. Ví dụ tính toán kiểm tra ván khuôn dầm

Kiểm tra ván khuôn nhôm sử dụng cho một dầm có kích thước tiết diện $(300 \times 500)mm^2$, kích thước tấm khuôn $(600 \times 600)mm$, tấm khuôn có bề dày 4mm, các đặc trưng cơ học của ván khuôn nhôm như E , σ_{ty} , σ_{tu} và cột chống ván khuôn dầm giống như ví dụ trong mục 3.3.

Tương tự ví dụ ở mục 3.3, tải trọng tác dụng lên tấm khuôn đáy dầm được xác định từ khối lượng bê tông và ván khuôn, tải trọng do người và dụng cụ thi công, tải trọng do dầm và đổ bê tông. Kết quả tính toán được thể hiện trong Bảng 6.

Kiểm tra tấm khuôn nhôm đáy dầm: tương tự như tấm khuôn của sàn, giả sử cắt ra một dải rộng 1mm, lúc này sơ đồ tính của tấm khuôn nhôm được xem như một dầm liên tục nhiều nhịp. Kích thước nhịp ở ví dụ này là 260mm (được lấy bằng khoảng cách giữa tâm các sườn đỡ theo cấu tạo của tấm khuôn đáy dầm). Nội lực trong tấm khuôn (M và Q), ứng suất pháp và tiếp, độ võng lớn nhất, $[\sigma]$, $[\tau]$, $[f]$ được tính toán như trường hợp kiểm tra tấm khuôn mặt của sàn ở trên. Kết quả kiểm tra được thể hiện trong Bảng 7.

Bảng 6. Tải trọng tác động lên tấm khuôn đáy dầm

Tải trọng	Chiều cao dầm (mm)	Tải trọng tiêu chuẩn (kN/m^2)	Hệ số vượt tải	Tải trọng tính toán (kN/m^2)
Trọng lượng dầm BTCT	500	12,50	1,2	9,00
Trọng lượng ván khuôn		0,50	1,1	0,55
Tải trọng do người và dụng cụ thi công		2,50	1,3	3,25
Tải trọng do đầm và đổ bê tông		2,00	1,3	2,60
Tổng				21,40

Bảng 7. Kiểm tra tấm khuôn nhôm đáy dầm theo các điều kiện

Điều kiện kiểm tra	Kiểm tra bền theo ứng suất pháp	Kiểm tra bền theo ứng suất cắt	Kiểm tra độ võng
Giá trị	$\sigma = 0,054 \frac{kN}{m^2}$ $\leq [\sigma] = 0,164 \frac{kN}{m^2}$ Đạt yêu cầu	$\tau = 0,001 \frac{kN}{m^2}$ $\leq [\tau] = 0,073 \frac{kN}{m^2}$ Đạt yêu cầu	$f = 1,8mm$ $\leq [f] = 3,0mm$ Đạt yêu cầu

Kiểm tra cột chống tấm khuôn đáy dầm: cột chống được kiểm tra theo điều kiện bền và ổn định. Độ bền của cột chống được kiểm tra thông qua ứng suất nén cho phép $[\sigma]$, tuy nhiên trong bài báo này các cột chống đã được thực hiện thí nghiệm nén (xem Bảng 1). Giả sử diện truyền tải từ sàn lên cột

chống là $A_{tts} = 1,24 \times 0,9 = 1,12m^2$, và diện truyền tải từ dầm vào cột chống $A_{tsd} = 1,24 \times 0,5 = 0,62m^2$. Tổng tải trọng truyền vào cột chống dưới dạng lực tập trung với giá trị là $21,2kN < 29,5kN$. Như vậy, cột chống ván khuôn đáy dầm an toàn về chịu lực và ổn định.

Bảng 8. Tải trọng tác động lên cột chống

Tải trọng	Chiều cao (mm)	Tải trọng tiêu chuẩn (kN/m^2)	Hệ số vượt tải	Tải trọng tính toán (kN/m^2)
1. Sàn				
- Trọng lượng BTCT	300	7,50	1,2	9,00
- Trọng lượng ván khuôn		0,50	1,1	0,55
2. Dầm				
- Trọng lượng BTCT	200	5,00	1,2	6,00
- Trọng lượng ván khuôn		0,50	1,1	0,55
3. Tải trọng thi công				
- Tải trọng do người và dụng cụ thi công		2,50	1,3	3,25
- Tải trọng do đầm và đổ bê tông		2,00	1,3	2,60
Tổng				21,95

4. Lắp dựng và tháo dỡ ván khuôn nhôm

4.1. Lắp dựng ván khuôn nhôm

Hiện nay tại Việt Nam chưa có tiêu chuẩn kỹ thuật về việc lắp dựng và tháo dỡ ván khuôn

nhôm. TCVN 4453:1995 (Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Quy phạm thi công và nghiệm thu) [22] chỉ đề cập đến các chỉ dẫn chung về ván khuôn, đà giáo gỗ và thép. Trong

khi, TCVN 9342:1012 [23] trình bày quy phạm thi công và nghiệm thu ván khuôn trượt. Tuy nhiên, việc lắp dựng và tháo dỡ ván khuôn nhôm về cơ bản vẫn tuân thủ các quy định như ván khuôn gỗ hoặc thép. Nguyên tắc lắp dựng và tháo dỡ vẫn phải đảm bảo "chi tiết nào lắp đặt trước thì được tháo dỡ sau và ngược lại". Đồng thời, TCVN 4453:1995 [22] cũng khuyến nghị phải đảm bảo "2,5 tầng cột chống", tức dưới sàn bê tông chuẩn bị thi công cần phải có 2 tầng chống đầy đủ và một tầng cho phép giữ lại 50% hệ cột chống. Dựa trên các yêu cầu này, các tác giả đề xuất quy trình thi công ván khuôn nhôm thực hiện theo trình tự như sau:

- Bước 1: Thi công ván khuôn, cột chống cho các kết cấu tầng 1 (cột, vách, dầm-sàn, cầu thang). Cần đánh dấu các vị trí trên tấm khuôn để thuận tiện cho việc lắp dựng ở các tầng tiếp theo.

- Bước 2: Thi công cốt thép và bê tông cho các kết cấu tầng 1.

- Bước 3: Tháo ván khuôn cột, vách và tấm khuôn dầm-sàn tầng 1 (chỉ tháo tấm khuôn, giữ lại cột chống).

- Bước 4: Thi công ván khuôn, cột chống cho các kết cấu tầng 2 (ván khuôn được luân chuyển từ tầng 1 lên, lắp đặt theo các vị trí đã đánh dấu).

- Bước 5: Thi công cốt thép và bê tông cho các kết cấu tầng 2.

- Bước 6: Tháo ván khuôn cột, vách và tấm khuôn dầm, sàn tầng 2 (chỉ tháo tấm khuôn, giữ lại cột chống).

- Bước 7: Thi công ván khuôn, cột chống cho các kết cấu tầng 3 (ván khuôn được luân chuyển từ tầng 2 lên) và tháo dỡ một phần cột chống tầng 1 sao cho đảm bảo quy định theo TCVN 4453 : 1995 [22].

- Quy trình thi công các tầng tiếp theo được lặp lại từ bước 1 đến bước 7.

- Bên cạnh đó, trên cơ sở nghiên cứu đặc điểm cấu tạo của ván khuôn nhôm, nhóm tác giả đề

xuất những điểm cần lưu ý khi lắp dựng hệ ván khuôn nhôm như sau:

- Kiểm tra chất lượng của ván khuôn, kiểm tra lại các mối hàn, độ cong vênh biến hình, kiểm tra các chi tiết liên kết.

- Nên phân loại và đánh dấu từng loại ván khuôn để thuận tiện cho việc vận chuyển cũng như lắp dựng.

- Cần nghiên cứu cụ thể từng tấm khuôn định hình sao cho phù hợp với từng loại kết cấu khác nhau.

- Chú ý vấn đề ổn định của hệ giàn giáo.

- Vận chuyển các tấm khuôn phải nhẹ nhàng, tránh biến dạng các tấm khuôn.

- Nguyên tắc là bộ phận tháo trước không phụ thuộc vào bộ phận tháo sau.

- Khi lắp dựng phải đảm bảo các kích thước của kết cấu. Đối với các bộ phận quan trọng cần có nhiều điểm khống chế để kiểm tra.

- Bề mặt ván khuôn sau khi ghép phải kín, khít. Phải có lỗ để rửa sạch ván khuôn và các lỗ này phải được chèn kín khi đổ bê tông.

4.2. Tháo dỡ ván khuôn nhôm

Tại Việt Nam, việc tính toán thiết kế và thi công ván khuôn phải tuân thủ theo [22]. Ngoài các yêu cầu tạo hình dáng, độ kín và bằng phẳng cho kết cấu, thì yêu cầu rất quan trọng của ván khuôn là phải đảm bảo khả năng chịu tải trọng. Đối với ván khuôn của kết cấu dầm-sàn, toàn bộ tải trọng tại sàn tầng đang thi công sẽ truyền xuống tầng dưới trong suốt quá trình thi công tầng trên. Những tải trọng này không được tính đến khi thiết kế kết cấu dầm-sàn. Chính vì vậy, để đảm bảo an toàn trong quá trình thi công, việc tháo dỡ ván khuôn ngoài quy định về bê tông phải đạt cường độ cho phép theo [22] khi thi công nhà cao tầng cần phải tuân thủ theo nguyên tắc sau: (a) Giữ lại toàn bộ đà giáo và cột chống ở sàn tầng nằm liền kề dưới sàn sắp đổ bê tông; (b) Tháo dỡ từng bộ phận cột chống ván khuôn

của sàn nằm dưới sàn liền kề sàn sắp đổ bê tông (tức cách sàn sắp đổ bê tông 1 sàn), và giữ lại các cột chống “an toàn” cách nhau 3m dưới các dầm có nhịp lớn hơn 4m. Như vậy trong thi công nhà cao tầng để đảm bảo quy định theo [22] thì nhà thầu thi công phải đầu tư ít nhất là 2,5 tầng cột chống ván khuôn (tức 2 tầng đầy đủ hệ thống cột chống - ván khuôn, còn tầng dưới cùng cho phép tháo dỡ 50% ván khuôn). Một số loại ván khuôn như ván khuôn định hình thép, ván khuôn gỗ, v.v..., do yêu cầu cấu tạo nên để tháo được tấm khuôn thì phải tháo sườn (xà gồ), cột chống trước. Chính vì sự bất tiện này mà các nhà thầu thi công thường giữ nguyên tấm khuôn dầm sàn cùng cột chống và chỉ tháo dỡ khi đảm bảo đúng theo các quy định. Như vậy diện tích tấm khuôn phải đủ cho ít nhất là 3 tầng nhà, điều này sẽ dẫn đến chi phí cho ván khuôn sẽ lớn khi công trình có diện tích lớn.

Với ván khuôn nhôm, do đặc điểm cấu tạo có thể tháo được tấm khuôn mà không cần phải tháo cột chống như đã trình bày tại mục 2. Khi thi công kết cấu bê tông dầm-sàn chỉ cần một sàn tấm khuôn và 2,5 tầng cột chống, chính vì thế mà chi phí ván khuôn sẽ giảm xuống. Đây là ưu điểm lớn của ván khuôn nhôm. Theo nguyên tắc tháo dỡ ván khuôn, ván khuôn chỉ được tháo dỡ khi bê tông đạt được cường độ cần thiết theo quy định của tiêu chuẩn, đồng thời chịu được tải trọng bản thân và các chi tiết liên quan trên kết cấu. Tuy nhiên, do cấu tạo đặc biệt của ván khuôn nhôm (có thể tháo dỡ ván khuôn và dầm đỡ, chỉ để lại cột chống) cho phép tháo dỡ tấm khuôn và dầm đỡ để di chuyển lên các tầng trên phục vụ thi công tầng tiếp theo nhằm rút ngắn thời gian chờ tháo dỡ ván khuôn. Trong khi cột chống có thể để lại toàn bộ hoặc một phần miễn sao an toàn cho hệ dầm-sàn. Dựa trên phân tích các đặc điểm cấu tạo và quá trình lắp dựng ván khuôn nhôm, các tác giả đề xuất quy trình tháo dỡ ván khuôn nhôm như sau:

Bước 1: Tháo dỡ ván khuôn của cột và vách (đảm bảo sau khi bê tông đạt cường độ theo tiêu chuẩn quy định). Đầu tiên, tiến hành tháo cây chống, các chốt liên kết. Sau đó, tháo tấm ván khuôn góc, rồi đến tấm khuôn giữa. Tiếp theo, tháo các ty liên kết các tấm khuôn lớn (nếu có). Ván khuôn sau khi được tháo dỡ có thể vận chuyển ngay lên tầng trên để phục vụ công tác thi công cho tầng tiếp theo. Do đặc điểm của tấm khuôn nhôm nhẹ nên việc vận chuyển các tấm khuôn có thể thực hiện thông qua các lỗ kỹ thuật, thang bộ hoặc thang máy của công trình. Các ty được đặt chết trong bê tông không thể tháo được thì cần phải cắt ngay để đảm bảo an toàn cho công nhân thi công.

Bước 2: Tháo dỡ ván khuôn dầm-sàn. Ván khuôn dầm-sàn được tháo dỡ từ các vị trí cột và tường đến vị trí cột chống (đảm bảo tháo sau khi bê tông đạt cường độ yêu cầu theo tiêu chuẩn quy định). Sau khi tháo dỡ xong, ván khuôn được vận chuyển ngay lên tầng trên để phục vụ thi công tầng tiếp theo. Do cấu tạo độc lập giữa cột chống và ván khuôn dầm-sàn, nên hệ thống cột chống có thể để lại để hỗ trợ dầm-sàn chịu lực. Số lượng cột chống để lại toàn bộ hay một phần phụ thuộc vào tính toán để đảm bảo độ võng và vết nứt cho dầm-sàn BTCT.

5. Kết luận

Dựa trên nghiên cứu thông tin của ván khuôn nhôm từ nhà sản xuất và các tác giả khác nhau tại Việt Nam và trên thế giới, kết hợp với các kết quả thực nghiệm các đặc trưng cơ học của hệ ván khuôn nhôm sử dụng tại công trình ASIANA [21], bài báo đã trình bày chi tiết các đặc điểm cơ bản, ưu và nhược điểm của ván khuôn nhôm. Từ đó, phân tích đề xuất trình tự tính toán kiểm tra, lắp dựng, và tháo dỡ hệ ván khuôn nhôm. Đồng thời nêu ra được các vấn đề lưu ý khi thiết kế và thi công hệ ván khuôn nhôm. Các nội dung nghiên cứu này đã bổ sung các thông tin chưa được đề cập trong các tiêu chuẩn Việt Nam về ván khuôn nhôm. Bên cạnh đó, kết quả nghiên

cứu cũng là tài liệu tham khảo hữu ích cho các kỹ sư thiết kế và thi công ván khuôn nhôm. Việc áp dụng những thực hành chuẩn hóa như vậy là cần thiết để tối ưu hóa lợi ích của ván khuôn nhôm, đảm bảo sự tích hợp bền vững và hiệu quả vào ngành xây dựng. Nghiên cứu và phát triển tiếp theo trong lĩnh vực này về hiệu quả của ván khuôn nhôm trong thi công nhà cao tầng bằng bê tông cốt thép sẽ tiếp tục góp phần vào sự tiến bộ của công nghệ và phương pháp xây dựng.

Tài liệu tham khảo

- [1] Hiếu, Đ. M., Dân, V. V. (2022). "Ứng dụng cốp pha nhôm trong thi công xây dựng". Tạp chí *Khoa học và Kiến trúc*, 45(2022), 112–116.
- [2] Huy, N. T. (2021). "Giải pháp thúc đẩy sử dụng ván khuôn nhôm trong thi công xây dựng tại Việt Nam". Tạp chí *Người Xây dựng*, 3(2021), 47–53.
- [3] Triều, L. Đ. (2017). *Nghiên cứu sử dụng ván khuôn nhôm thay thế các loại ván khuôn truyền thống* (Luận văn thạc sỹ), Đại học Dân lập Hải Phòng, Hải Phòng.
- [4] Sơn, K. T., Chinh, K. T., Dũng, T. Q. (2020). "Nghiên cứu thiết kế quy trình chống/chồng lại hệ ván khuôn trong thi công kết cấu bê tông cốt thép toàn khối nhà cao tầng theo tiêu chuẩn ACI 347.2 R-05". Tạp chí *Khoa học Công nghệ Xây dựng, Đại học Xây dựng Hà Nội*, 14(5V-2020), 39–53.
- [5] Adams, R.D., Erson, J.C., Johnston, D.W., Moore, R.C., Berndt, K.L., Gardner, N.J., Johnston, R.S., Phillips, W.R., Bordner, R.H., Giorgi W. A. (2005). *Guide for Shoring/Reshoring of Concrete Multistory Buildings*. ACI Committee: American concrete Institute.
- [6] Lee, B., Choi, H., Min, B., Lee, D. E. (2020). Applicability of formwork automation design software for aluminum formwork, *Journal of Applied Science*, 10(24), 9029-9039.
- [7] Johnston, D. W. (2014). *Formwork for concrete*, ACI Committee: American concrete Institute.
- [8] Bajad, D. M. N., Shah, R. P., Ughareja, H. C. (2016). A state of art review on aluminium formwork systems, *International journal of Engineering research online*, 4(2016), 292–296.
- [9] Thiyagarajan, R., Panneerselvam, V., Nagamani, K. (2017). Aluminium formwork system using in highrise buildings construction, *International journal of Advanced research in Engineering and Technology*, 8(6), 29–41.
- [10] Rivankar, H., Chordiya, A. (2017). Aluminium formwork technology, *International journal of Advanced research in Engineering and Technology*, 4(2017), 217-227.
- [11] Pharande, M. D., Suryawanshi, S. R. (2018). Comparative study of aluminum formwork design using various codal methods, *Journal of Advances and Scholarly researches in Allied education*, 15(2), 370–374. <https://doi.org/10.29070/15/56849>.
- [12] Huy, P. P. A., Bền, L. M., Đại P. B. (2023). "Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chịu cắt của cột bê tông cốt thép có xét đến ảnh hưởng của lực nén". Tạp chí *Khoa học và Công nghệ Đại học Duy Tân*, 4(59), 19–28.
- [13] Huy, P. P. A. (2023). "Xây dựng đường bao khả năng chịu lực cho cột bê tông cốt thép có tiết diện chữ nhật". Tạp chí *Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng*, 4(2023), 63–68.
- [14] Huy, P. P. A., Long, Đ. H. (2016). "Đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng cốt dọc đến khả năng chịu cắt của dầm bê tông cốt thép theo lý thuyết miền nén cải tiến đơn giản". Tạp chí *Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, 3(2016), 213-223.
- [15] Huy, P. P. A. (2024). "Đường cong quan hệ lực cắt–chuyển vị ngang cho cột bê tông cốt thép chịu tải trọng lặp". Tạp chí *Khoa học Công nghệ Xây dựng, Đại học Xây dựng Hà Nội*, 18(1V), 106–119.
- [16] Pham, P. A. H., Hung, C. C. (2023). Assessment of plastic hinge length in reinforced concrete columns, *Journal of Structure and Infrastructure Engineering*, 6(2023), 1–16. <https://doi.org/10.1080/15732479.2023.2263432>.
- [17] Pham, P. A. H., Yuen, T. Y., Hung, C. C., Mosalam, K. M. (2022). Seismic behaviour of full-scale lightly reinforced concrete columns under high axial loads, *Journal of Building engineering*, 56(2022), 104817. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104817>.
- [18] Pham, P. A. H. (2022). Shear strength model of large-scale reinforced concrete rectangular columns with light transverse reinforcement, *Asian journal of Civil engineering*, 24(2022), 219–244. <https://doi.org/10.1007/s42107-022-00499-9>.
- [19] Hung, C. C., Pham, P. A. H., Yuen, T. Y., Mosalam, K. M. (2024). Full-scale cyclic testing of slender RC columns bent in double curvature under high axial load, *Journal of Building engineering*, 82(2024), 108186. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108186>.
- [20] Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng - Bộ Xây dựng. (2018). *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế (TCVN5574:2018)*, Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.
- [21] Công ty Cổ phần nghiên cứu và ứng dụng công nghệ kỹ thuật Bách Khoa. (2022). *Báo cáo kết quả thí nghiệm cột chống, ván khuôn nhôm - Công trình Khu căn hộ ASIANA Đà Nẵng, Thành phố Hồ Chí Minh*.
- [22] Bộ Xây dựng. (1995). *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Quy phạm thi công và nghiệm thu (TCVN 4453:1995)*. Hà Nội: Nhà xuất bản Xây dựng.
- [23] Bộ Xây dựng. (2012). *Công trình bê tông cốt thép toàn khối xây dựng bằng cốp pha trượt - Thi công và nghiệm thu (TCVN 9342:2012)*. Hà Nội: Nhà xuất bản Xây dựng.