

Tường bê tông chịu lực đúc sẵn - giải pháp mới cho chung cư cao tầng - ứng dụng tại Việt Nam

Trần Phước Đông¹, Nguyễn Tâm¹

¹Công ty TNHH Bê tông Đúc sẵn Australia (AusCAST)

TỪ KHOÁ

Tường bê tông chịu lực đúc sẵn
Tường bê tông tấm lớn
Tường bao che
Chung cư cao tầng

TÓM TẮT

Tường bê tông chịu lực đúc sẵn (hay còn được gọi là Tường bê tông tấm lớn - Concrete Load Bearing Precast Panels) được ứng dụng tại nhiều nơi trên thế giới. Tuy nhiên việc ứng dụng trong các tòa nhà cao tầng (lên đến 70 tầng) chỉ mới được ứng dụng gần đây. Australia là nước tiên phong trong ứng dụng giải pháp này trên thế giới cho các công trình chung cư cao tầng. Trong nghiên cứu này chúng tôi muốn đưa giải pháp này vào thay thế việc xây dựng chung cư cao tầng với giải pháp đổ tại chỗ truyền thống bằng tường bê tông chịu lực đúc sẵn. Bằng cách này chúng tôi thay đổi cách giải quyết bài toán kết cấu của toàn bộ công trình từ phần thân đến phần móng. Biện pháp thi công cũng như thời gian thi công sẽ được cải tiến đáng kể. Chi phí và độ bền vững của công trình cũng là ưu điểm lớn của nó. Việc ứng dụng tường bê tông chịu lực đúc sẵn sẽ giúp chúng ta có thể đầu tư xây dựng các chung cư cao tầng ở với số lượng lớn với giá thành rẻ đạt tiêu chí « nhanh, rẻ, đẹp, bền ». Nghiên cứu này áp dụng phương pháp nghiên cứu tình huống cho một công trình chung cư được thiết kế và thi công hoàn toàn bằng tường bê tông chịu lực đúc sẵn vừa là cấu kiện chịu tải trọng đứng và ngang vừa là tường bao che của công trình. Thiết kế đã chứng minh được hệ kết cấu đảm bảo an toàn chịu lực và đáp ứng được các tiêu chuẩn của Việt Nam và Australia với giá thành thấp hơn phương pháp đổ tại chỗ.

KEYWORDS

Load bearing concrete
Precast Panels
Architectural façade panels
High rise Apartment

ABSTRACT

Load bearing Concrete Precast Panel has been used around the world. However, they are used in high rise buildings (up to 70 floors) just in recent years. Australia is pioneering in the world in the construction of high-rise apartment buildings. In this study we would like to introduce this new solution to replace traditional cast in situ construction in Vietnam. With this approach we would change the way we normally perform structural design not only the frame structures but also the foundations. Construction methodology as well as construction time could be improved considerably. Construction cost and durability are also other advantages. Using precast panels will help us in getting large numbers of buildings with low cost investment but “quick, cheap, nice, durably” achievement in high rise apartment investment. This case study is carried out for an apartment construction project in Vietnam totally with precast panels as vertical load bearing and shearing walls together with architectural façade precast panels. Both appropriate Australia and Vietnamese Standards have been adopted in the design. The stability of the structures has been proved and new solution achieves cost saving comparable to cast in situ construction.

1. Giới thiệu

Công nghệ bê tông đúc sẵn đã được phát triển hàng trăm năm. Tuy nhiên từ những năm 1950-1960 nó được ứng dụng rộng rãi sau thời gian chiến tranh thế giới thứ II. Từ đó được phát triển và ứng dụng rộng rãi tại châu Âu và Mỹ. Sản phẩm bê tông đúc sẵn được ứng dụng chủ yếu trong các công trình dân dụng và công nghiệp.

Các công trình xây dựng dân dụng có sử dụng bê tông đúc sẵn hiện nay trên thế giới chủ yếu là các công trình xây dựng nhà có chiều cao trung bình từ 20 tầng trở xuống. Ở Việt Nam vào những năm 1960-1970 Liên Xô đã giúp đỡ chúng ta xây dựng các chung cư bằng

bê tông tấm lớn đúc sẵn tại Hà Nội. Tuy nhiên sau một thời gian sử dụng công nghệ này bộc lộ nhiều khuyết điểm như: sự cứng nhắc trong thiết kế kiến trúc, chất lượng các mối liên kết không tốt... Chính vì các khuyết điểm trên mà việc ứng dụng công nghệ này gặp nhiều trở ngại và gần như đã không còn được áp dụng nữa.

Trong những năm gần đây Việt Nam đã và đang ứng dụng cấu kiện bê tông đúc sẵn trong việc xây dựng các chung cư cao tầng (có chiều cao từ 25 tầng trở xuống). Tuy nhiên các cấu kiện sử dụng trong các công trình này tập trung vào cột, dầm và sàn đúc sẵn.

Thời gian gần đây người dân Australia đặc biệt là tại Melbourne và Sydney đang có xu hướng di chuyển vào trong thành

*Liên hệ tác giả: tpdong@auscast.com.vn

Nhận ngày 30/10/2021, sửa xong ngày 04/11/2021, chấp nhận đăng 01/04/2022

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2022.271>

phổ sinh sống. Từ đó nảy sinh một nhu cầu căn hộ cao tầng cao cấp tại downtown của các thành phố lớn. Các nhà xây dựng Australia cũng phát triển giải pháp xây chung cư cao tầng bằng tường bê tông chịu lực đúc sẵn. Kể từ năm 1985 công nghệ tường bê tông chịu lực đúc sẵn bắt đầu được phát triển và ứng dụng rộng rãi tại Melbourne Australia. Hiện nay toàn bộ các công trình xây dựng chung cư cao tầng ở Australia đều sử dụng công nghệ này. Chiều cao cao nhất hiện nay đạt được là gần 70 tầng.

Từ những năm đầu của thập kỷ 90, Ở Việt Nam bắt đầu khởi xướng việc xây dựng chung cư. Cho đến nay trong vòng gần 30 năm đó, do nhu cầu của Chủ đầu tư cũng như người sử dụng mà đã có nhiều nghiên cứu và cải tiến những ứng dụng trong lĩnh vực xây dựng nói chung cũng như lĩnh vực kiến trúc, kết cấu nói riêng.

Rõ ràng nhìn qua lịch sử phát triển này chúng ta thấy được sự tiến triển của giải pháp xây dựng. Tất cả sự thay đổi này được phát sinh do nhu cầu thực tế của thị trường cũng như sự thừa nhận của cộng đồng xây dựng Việt Nam. Việc tìm ra các giải pháp đơn giản thi công, tiết kiệm chi phí, thời gian thi công là động lực khiến các nhà tư vấn, nhà thầu Việt Nam phải áp dụng các giải pháp tiên tiến trên thế giới. Sau một thời gian dài nghiên cứu giải pháp Tường bê tông chịu lực đúc sẵn của Australia, chúng tôi đã mạnh dạn đưa nó về Việt Nam để áp dụng.

Hiện nay giải pháp xây dựng chung cư truyền thống ở Việt Nam là hệ vách chịu lực đỡ tại chỗ kết hợp với sàn căng sau có dầm hoặc không dầm với lõi thang máy đỡ tại chỗ có nhiệm vụ chịu lực ngang của toàn bộ công trình. Với giải pháp này chúng tôi sử dụng hệ tường là precast panel “ngồi” trên sàn bê tông không dầm đỡ tại chỗ căng sau cùng kết hợp với lõi cầu thang đúc sẵn hoặc đỡ tại đóng vai trò kết cấu chịu lực ngang của công trình.

Nguyên lý kết cấu của giải pháp này là tận dụng khả năng chịu nén tốt của bê tông nhờ “giải phóng” moment gây ra nếu vách được liên kết lại với nhau liên tục như trường hợp đỡ tại chỗ. Việc kéo dài vách suốt chiều dài của căn hộ giúp phân bố lực trên tấm tường làm tăng khả năng chịu lực cũng như làm giảm bề dày của nó so với vách đỡ tại chỗ theo giải pháp truyền thống. Mặt khác với mô hình khớp trong trường hợp này giúp tiết kiệm được lượng thép rất đáng kể.

Về mặt kiến trúc, nó giải quyết được vấn đề chiếm diện tích và thẩm mỹ trong căn hộ của hệ cột đỡ tại chỗ. Trong thi công nó đảm bảo độ chính xác cao do bản thân Tường bê tông chịu lực đúc sẵn được sản xuất với độ chính xác tính bằng milimet. Việc lắp dựng đơn giản do hệ chống đỡ với hai thanh chống có cân chỉnh nên dễ thực hiện và độ chính xác cao. Biện pháp thi công cũng thay đổi đáng kể do giải pháp này giúp chúng ta có thể hoàn thiện từ dưới lên trên (cuốn chiếu). Có thể nói đây là một giải pháp tổng thể từ khâu thiết kế kiến trúc, kết cấu, sản xuất tường bê tông chịu lực đúc sẵn và thi công. Giải pháp này giúp đơn giản quá rất nhiều vấn đề từ khâu thiết kế, dự toán, biện pháp thi công, qui trình hoàn thiện, quản lý nhân lực, an toàn công trường và đặc biệt là thời gian thi công. Tường bê tông chịu lực đúc sẵn có được chất lượng rất cao do được sản xuất tại nhà máy với công nghệ hiện đại của Australia. Với chu kỳ 4 đến 5 ngày

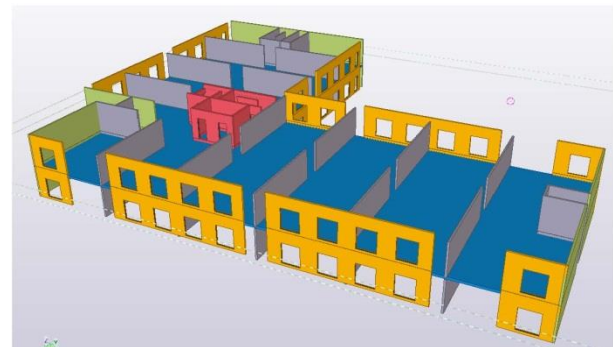
cho một sàn với một ca làm việc 8 giờ tiêu chuẩn, chúng tôi có thể cất nóc một tòa nhà 30 tầng trong vòng từ 9 đến 12 tháng. Việc hoàn thiện toàn bộ tòa nhà đó chỉ mất từ 3 đến 4 tháng sau đó. Công tác hoàn thiện có thể được tiến hành song song với phần thô do vậy nhà thầu có thể phân bổ lực lượng nhân công đều hơn trong suốt quá trình thi công tòa nhà. Điều này sẽ giải tỏa được thành kiến tưởng dễ bị xuống cấp chỉ trong vòng 2-3 năm đối với tòa nhà hiện nay mà đặc biệt đối với chung cư thu nhập thấp hay nhà ở xã hội.

2. Trường hợp nghiên cứu

Trong khuôn khổ bài báo này chúng tôi trình bày bài toán thiết kế hệ khung của công trình cho dự án Chung cư thuộc dự án Nhà ở & Đất ở cán bộ & giáo viên Trường Đại học Cần Thơ. Công trình có qui mô

- Tầng cao: 12 tầng
- Diện tích đất: 1604 m²
- Diện tích sàn xây dựng:
 - Diện tích Xây dựng: 1203 m²
 - Tổng diện tích sàn xây dựng khối chung cư: 15.263,94 m²

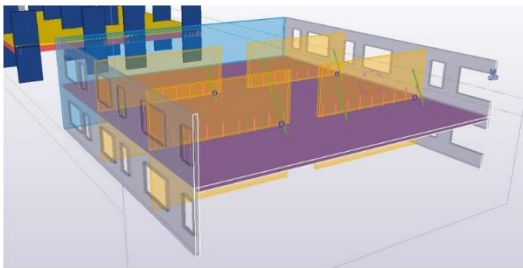
3. Phần khung – Giải pháp tường bê tông chịu lực đúc sẵn



Hình 1. Mô hình mặt bằng tầng điển hình.

Phần khung của công trình cấu tạo hoàn toàn bằng tường bê tông chịu lực đúc sẵn. Toàn bộ khung chịu lực đứng của công trình được truyền cho tường bê tông chịu lực đúc sẵn và nó sẽ truyền xuống móng. Tường bê tông chịu lực đúc sẵn là một cấu kiện bê tông đúc sẵn có cường độ cao (từ 32 MPa đến 40 MPa theo tiêu chuẩn AS 3600) nên có khả năng chịu lực như bất kỳ cấu kiện bê tông cốt thép khác. Tuy nhiên do nó được thiết kế chủ yếu để chịu lực thẳng đứng và loại trừ tối đa moment tác dụng lên nên khai thác được khả năng chịu nén tối đa của bê tông. Toàn bộ tường bê tông chịu lực đúc trở thành hệ chịu lực đứng chính của tòa nhà, moment trong hệ kết cấu này hoàn toàn triệt tiêu. Lõi cầu thang/thang máy cùng với tường bê tông chịu lực đúc sẵn là cấu kiện chịu lực ngang và chịu uốn của tòa nhà. Dầm và cột gần như biến mất trong hệ kết cấu này. Sàn được sử dụng ở đây là sàn phẳng căng sau. Do tường bê tông chịu lực đúc sẵn thực hiện vai trò của tường và dầm nên dầm không cần thiết trong

trường hợp này. Tất cả điều này dẫn đến giải pháp kết cấu hiệu quả và tiết kiệm nhất và thời gian thi công cũng giảm đáng kể. Các căn hộ được bố trí ngăn cách bởi hai tường bê tông chịu lực đúc sẵn chạy dài suốt chiều dài của nó. Nó vừa làm nhiệm vụ của vách ngăn và vách chịu lực. Mặt ngoài căn hộ cũng được lắp tấm tường không chịu lực (tường bao che). Toàn bộ các tấm tường này được thi công cùng lúc tạo nên hệ chịu lực và bao che trong một chu kỳ lắp dựng. Điều này giúp cho công trình không cần đến hệ giàn giáo bao che bên ngoài.



Hình 2. Mặt cắt cấu kiện.

Việc lắp dựng và thi công cũng được thực hiện bên trong công trình.

Thông thường đối với công trình ứng dụng tường bê tông chịu lực đúc sẵn nếu trên 15 tầng chúng ta cần phải thi công phần lõi thang máy/thang bộ bằng tường/vách bê tông đổ tại chỗ. Tuy nhiên trong trường hợp công trình này, do chiều cao tầng chỉ có 12 tầng nên việc ứng dụng tường bê tông chịu lực đúc sẵn kết hợp với các liên kết ướt (wet joint) giữa các tấm tường sẽ được ứng dụng nhằm giảm thiểu chi phí và thời gian thi công đáng kể.

Sàn bê tông trong trường hợp này sẽ là dạng sàn phẳng không dầm. Do hình dáng của công trình, có chiều dài lớn nên sàn bê tông được thiết kế trên cơ sở dầm liên tục. Cáp vì thế được thiết kế theo một phương là chủ yếu giúp tiết kiệm chi phí thi công.

3.1. Tính toán hệ khung công trình

Để thiết kế nhà cao tầng có nhiều phương pháp khác nhau. Tuy nhiên đối với công trình ứng dụng tường bê tông chịu lực đúc sẵn, phương pháp tính toán hệ chịu lực theo sơ đồ phẳng là bài toán cổ điển và phổ biến trong hầu hết các hướng dẫn tính toán hệ chịu lực tường bê tông chịu lực đúc sẵn trên toàn thế giới. Bài toán này dựa vào phương pháp phân phối tải trọng vào các tường cứng. Căn cứ vào giải pháp kiến trúc và bố trí mặt bằng các kết cấu chịu lực, có thể tiến hành tính toán theo các bước sau đây:

1. Xác định mô hình tính toán.
2. Xác định các loại tải trọng.
3. Xác định đặc trưng hình học công trình.
4. Phân phối tải trọng ngang vào các hệ chịu lực.
5. Xác định nội lực trong từng cấu kiện.
6. Kiểm tra khả năng an toàn chịu lực của tường bê tông chịu lực đúc sẵn.
7. Kiểm tra ổn định cục bộ và ổn định tổng thể công trình.

3.1.1. Mô hình tính toán và phần mềm áp dụng

Để giải bài toán phần khung chúng tôi tiến hành tính toán theo hai cách:

- Giải bài toán cổ điển – Đây là cách giải mặc định được các nước trên thế giới sử dụng để tính cho công trình sử dụng bê tông đúc sẵn. Nó là giải pháp đơn giản, dễ kiểm soát và đã được kiểm chứng trong hơn 100 năm qua trên thế giới. Và nó là cách tính chính trong thiết kế của chúng tôi.
- Giải bài toán bằng phần mềm tính toán kết cấu có trên thị trường.

Trong bài báo này chúng tôi chỉ đưa ra lời giải bài toán khung bằng bài toán cổ điển. Lợi thế lớn nhất của bài toán này là chúng ta tính toán toàn bộ công trình bằng “tay” mà không cần đến những phần mềm phức tạp. Việc kiểm tra/kiểm soát mô hình rất thuận lợi giúp loại trừ các sai sót trong quá trình dựng mô hình. Điều này dẫn đến chất lượng thiết kế rất cao.

3.1.2. Xác định các loại tải trọng

Trong thiết kế chúng tôi sử dụng các tiêu chuẩn phù hợp của Việt Nam và Australia. Tiêu chuẩn Việt Nam được sử dụng chủ yếu liên quan đến các yếu tố địa phương như tải trọng (tải trọng bản thân, hoạt tải, tải trọng gió...). Riêng phần bê tông chúng tôi sử dụng tiêu chuẩn Australia. Các tiêu chuẩn chủ đạo bao gồm:

Tiêu chuẩn Việt Nam:

- TCVN 2737-1995: Tiêu chuẩn thiết kế tải trọng và tác động (tải trọng động đất và gió);
- TCXD 229-1999: Chi dẫn tính toán thành phần động của tải trọng gió;

Tiêu chuẩn Australia (tham chiếu):

- AS 3600-2009: Concrete Structures (Kết cấu bê tông).

Tổ hợp tải trọng tác dụng lên công trình kiểm tra bao gồm:

- 1.1TT + 1.2HT
- 1.0TT + 0.3HT
- 0.9TT
- 1.0TT + 0.3HT + Wind
- 0.9TT + Wind

Do công trình nằm trong khu vực không có động đất nên việc kiểm tra độ ổn định chỉ giới hạn trong tĩnh tải, hoạt tải và tải trọng gió. Tải trọng tính toán tác động lên chân công trình được tính toán đối với trục chịu tải lớn nhất đối với từng mặt cắt ngang tại trục X và Y là trục 6 và trục E. Tuy nhiên do tải trọng tác dụng tại 2 mặt cắt này là bằng nhau nên chúng tôi chỉ xét tại trục 6. Các lực tác dụng bao gồm tĩnh tải và hoạt tải truyền xuống móng công trình tại trục 6 có được là 2.015T. Tải trọng gió tính toán cho khu vực của Thành phố Cần Thơ tính được là $V = 2.003 \text{ kN}$ và moment gây ra là $M = 40.552 \text{ kNm}$.

Để kiểm tra khả năng chịu tải của tường, chúng tôi sử dụng phần mềm MPL để kiểm tra cường độ và thép cho tường. Kết quả thể hiện trong hình 3. Kết quả cho thấy panel thiết kế yêu cầu có chiều

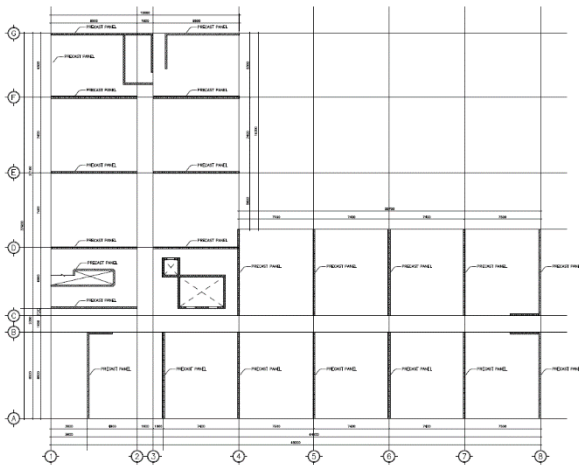
dày 200 mm cường độ bê tông $f_c = 40$ MPa. Khả năng chịu lực của panel đạt 2.110 kN/m.

| B3.2 | | Licensed to TN DESIGN | |
|--|--------------------|-----------------------------------|-----------------|
| MEP CONCRETE V4.12 | | WALL 200 THICK, 40MPa, 3.22M HIGH | |
| Designer TN | | | |
| Concrete Strength | $f_c = 40$ MPa | DURABILITY | = E1 |
| Wall Thickness | $t_w = 200$ mm | FIRE RESISTANCE | = 120 minutes |
| Cover to outer bars | = 40 mm | | |
| Cover to Vertical Bars | = 40 mm | | |
| Effective Height | $h_{eff} = 3.22$ m | $h_{eff}/t_w = 16.1$ | |
| Load Eccentricity | = 0.0 mm | Minimum Ecc | = 10.0 mm |
| Design Eccentricity | $e = 10.0$ mm | Extra Ecc | $e_a = 20.7$ mm |
| Vertical | 10 mm dia @ 400 mm | $f_{ay} = 500$ MPa | $p_w = 0.20\%$ |
| Horizontal | 10 mm dia @ 400 mm | | $p_w = 0.20\%$ |
| ** Minimum $p_w = 0.0015$ vertically; 0.0025 horizontally if restrained ** | | | |
| LOAD CAPACITY | | | |
| | | $\phi N_u = 2110$ kN/m | |
| Wall Height | $H_w = 3.22$ m | $\phi V_{uc} = 3495$ kN | |
| SHEAR Length | $L_w = 8.5$ m | $\phi V_{us} = 935$ kN | |
| CAPACITY | $H_w/L_w = 0.38$ | $\phi V_{uwx} = 7616$ kN | |
| | | $\phi V_u = 4429$ kN | |

| MEP CONCRETE V4.12 | | Licensed to TN DESIGN | |
|--|--------------------|---|-----------------|
| Designer TN | | WALL 200 THICK, 40MPa, 3.22M HIGH WITH 32MM LOAD ECCENTRICITY | |
| Concrete Strength | $f_c = 40$ MPa | DURABILITY | = E1 |
| Wall Thickness | $t_w = 200$ mm | FIRE RESISTANCE | = 120 minutes |
| Cover to outer bars | = 40 mm | | |
| Cover to Vertical Bars | = 40 mm | | |
| Effective Height | $h_{eff} = 3.22$ m | $h_{eff}/t_w = 16.1$ | |
| Load Eccentricity | = 32.0 mm | Minimum Ecc | = 10.0 mm |
| Design Eccentricity | $e = 32.0$ mm | Extra Ecc | $e_a = 20.7$ mm |
| Vertical | 10 mm dia @ 400 mm | $f_{ay} = 500$ MPa | $p_w = 0.20\%$ |
| Horizontal | 10 mm dia @ 400 mm | | $p_w = 0.20\%$ |
| ** Minimum $p_w = 0.0015$ vertically; 0.0025 horizontally if restrained ** | | | |
| LOAD CAPACITY | | | |
| | | $\phi N_u = 1730$ kN/m | |
| Wall Height | $H_w = 3.22$ m | $\phi V_{uc} = 3495$ kN | |
| SHEAR Length | $L_w = 8.5$ m | $\phi V_{us} = 935$ kN | |
| CAPACITY | $H_w/L_w = 0.38$ | $\phi V_{uwx} = 7616$ kN | |
| | | $\phi V_u = 4429$ kN | |

Hình 3. Kết quả kiểm tra sức chịu tải của Panel.

Trong giới hạn của bài toán này chúng tôi trình bày bài toán kiểm tra sự ổn định ngang của toàn bộ công trình. Để giải quyết bài toán này chúng ta kiểm tra tầng trệt nơi chịu tải trọng đứng và ngang lớn nhất (gây ra do moment). Mô hình sàn điển hình được thể hiện trong Hình 4.



Hình 4. Mô hình sàn tầng trệt.

Nguyên lý kiểm tra độ ổn định của công trình là kiểm tra khả năng chống lật của toàn bộ công trình trên cơ sở ổn định của từng cấu kiện trong công trình. Để làm được điều này chúng ta phải giải bài toán phân bố lực tác dụng của toàn bộ công trình lên từng cấu kiện của nó. Để làm được điều đó chúng ta phải tìm ra các đặc trưng hình học của công trình và việc phân bố tải trọng của nó lên các cấu kiện.

3.1.3. Các đặc trưng hình học của công trình

3.1.3.1. Tâm khối lượng sàn bất kỳ C.M/C.R

Tâm khối lượng C.M là trọng tâm của các khối lượng M_i của sàn tầng bất kỳ. Khối lượng M_i bao gồm: khối lượng của sàn (tĩnh tải, hoạt tải sàn), khối lượng của các hệ chịu lực (cột, vách, lõi cứng) và khối lượng của các kết cấu bao che.

Tọa độ của C.M xác định theo công thức

$$X_{C.M} = \frac{\sum_1^n M_i X_i}{\sum_1^n M_i}$$

$$Y_{C.M} = \frac{\sum_1^n M_i Y_i}{\sum_1^n M_i}$$

3.1.3.2. Tâm cứng của sàn bất kỳ C.R

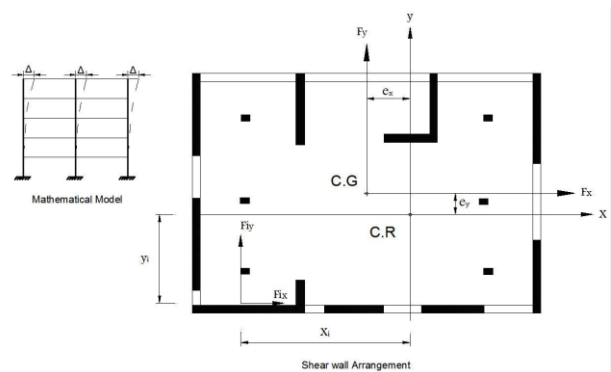
Tâm cứng C.R của sàn tầng bất kỳ là tọa độ trọng tâm độ cứng của tất cả các vách cứng, lõi cứng được bố trí trong đó.

Tọa độ của tâm cứng của sàn bất kỳ.

$$X_{C.R} = \frac{\sum_1^n I_{xi} X_i}{\sum_1^n I_{xi}}$$

$$Y_{C.R} = \frac{\sum_1^n I_{yi} Y_i}{\sum_1^n I_{yi}}$$

3.2. Phân phối tải trọng ngang vào các hệ chịu lực



Hình 5. Sơ đồ phân phối lực lên cấu kiện.

Trên cơ sở phân tích tĩnh tải, hoạt tải, lực gió chúng ta tiến hành kiểm tra khả năng chịu tải của panel điển hình, khả năng chịu lật dưới tác dụng của tổ hợp tải trọng lên toàn bộ công trình.

Đối với công trình có tường chịu lực, dưới tác dụng của lực ngang bên ngoài các tường sẽ chịu một ngoại lực ngang nhất định tùy thuộc vào độ cứng của mình.

Phân bố lực ngang lên vách đổ tại chỗ kết hợp với tường bê tông chịu lực đúc sẵn có thể được thể hiện thông qua các biểu thức sau:

$$V_{ix} = F'_{ix} + F''_{ix}$$

$$F_{iy} = F'_{iy} + F''_{iy}$$

F'_{ix} : tải gây ra do chuyển vị ngang tạo ra theo hướng x

F'_{iy} : tải gây ra do chuyển vị ngang tạo ra theo hướng y

F''_{ix} : tải gây ra do xoắn tạo ra theo hướng x

F''_{iy} : tải gây ra do xoắn tạo ra theo hướng y

F'_{ix} : tổng lực tác dụng lên tường theo hướng x

F_{iy} : tổng lực tác dụng lên tường theo hướng y

Tổng lực tác dụng F_x và F_y lên công trình được phân bổ lên từng tường F'_{ix} và F'_{iy} theo tỉ lệ của độ cứng của nó.

Lực tác dụng lên tường I gây ra do chuyển vị ngang và xoắn, theo hướng x được thể hiện

$$F'_{ix} = \frac{F_x I_{iy}}{\sum I_{iy}}$$

Lực tác dụng lên tường I gây ra do chuyển vị ngang và xoắn, theo hướng y được thể hiện

$$F'_{iy} = \frac{F_x I_{ix}}{\sum I_{ix}}$$

Trong đó

F_x : tổng tải trọng tác dụng lên tường theo hướng x

F_y : tổng tải trọng tác dụng lên tường theo hướng y

I_{ix} : moment quán tính của tường i theo trục x

I_{iy} : moment quán tính của tường i theo trục y

$\sum I_{ix}$: tổng moment quán tính của tất cả tường theo trục x

$\sum I_{iy}$: tổng moment quán tính của tất cả tường theo trục y

Lực tác dụng lên tường i do xoắn tạo ra theo trục x được thể hiện

$$F''_{ix} = \frac{(F_x e_y) y_i I_{iy}}{\sum (x_i^2 I_{ix} + y_i^2 I_{iy})}$$

Lực tác dụng lên tường i do xoắn tạo ra theo trục y được thể hiện

$$F''_{iy} = \frac{(F_y e_x) x_i I_{ix}}{\sum (x_i^2 I_{ix} + y_i^2 I_{iy})}$$

Trong đó

x_i : tọa độ x của tường i so với tâm cứng CR của công trình

y_i : tọa độ y của tường i so với tâm cứng CR của công trình

e_x : khoảng cách giữa tâm cứng CR và trọng tâm CM của công trình theo hướng x

e_y : khoảng cách giữa tâm cứng CR và trọng tâm CM của công trình theo hướng y

3.2.1. Xác định nội lực của từng cấu kiện

Như đã nói ở trên việc kiểm tra độ ổn định của công trình được tính toán bằng cách kiểm tra sự ổn định do tải trọng ngang tác động lên công trình. Các lực này bao gồm lực gió, tải trọng bản thân và hoạt tải của công trình truyền xuống đất đối với từng tấm tường sau khi đã được phân bổ lại. Trong bảng tính sau chúng tôi thể hiện kết quả tính toán của lực phân bổ đối với panel tại trục 6.

Sau đó các giá trị thu thập được sẽ được tính để thiết kế vách lõi thang (trong báo cáo này chúng tôi không thể hiện việc tính toán này). Sau khi xác định chiều dày và cường độ bê tông của vách đỡ tại chỗ kết hợp với tường bê tông chịu lực đúc sẵn và precast panel nguy hiểm nhất, chúng tôi sẽ tiến hành tính toán chi tiết sự phân bổ lực ngang lên toàn bộ công trình. Dựa trên độ cứng của từng panel chúng ta có được giá trị lực ngang mà từng panel chịu đựng dưới tác dụng của lực cắt trực tiếp và moment xoắn tạo ra do tổ hợp tải của tải trọng bản thân, hoạt tải và gió gây ra cho toàn bộ công trình.



Hình 1. Sơ đồ phân bổ độ cứng công trình.

3.2.2. Kiểm tra khả năng an toàn chịu lực của tường

Trên cơ sở giá trị nội lực của từng vách đỡ tại chỗ kết hợp với tường bê tông chịu lực đúc sẵn trên từng tầng chúng ta kiểm tra được khả năng chịu lực của nó. Để kiểm tra sự an toàn chịu lực của tường trong mặt phẳng của mình chúng ta kiểm tra lật của tường nguy hiểm nhất. Dựa trên giá trị moment tính toán ta có được giá trị lớn nhất là 5,449kNm và kiểm tra khả năng chịu lật của tường tại vị trí này (SWY2-trục 6).

3.2.3. Kiểm tra ổn định công trình

Để kiểm tra khả năng này chúng ta cần sử dụng thiết kế tường đối với tổ hợp tải trọng bản thân và tải trọng gió. Ở đây chúng tôi kiểm tra tường điển hình SWY2 theo hướng Y. Dữ liệu đầu vào được lấy từ bản “Design wall load for combination of gravity and Wind loads XY-Direction” như đính kèm ở trang sau B 7.1 (Hình 7). Từ các số liệu đó chúng ta kiểm tra lật tường nguy hiểm nhất theo bảng tính B 7.2. Do panel tại tầng trệt ngồi trực tiếp lên dầm móng thông qua sàn tầng trệt nên việc đảm bảo ổn định của nó đồng nghĩa với ổn định của móng và công trình.

Hình 2. Bảng tính phân bổ lực đến các tường bê tông chịu lực đúc sẵn.

3.2.4. Kiểm tra lật tường nguy hiểm nhất

Tường nguy hiểm nhất khi tính toán gió là tường SW1 ở tầng 2 với tổ hợp tải trọng bản thân và gió theo hướng Y, E_{edy}

$$DL = 979 \text{ kN/m}$$

$$LL = 193 \text{ kN/m}$$

$$M_{wind} = 5.449 \text{ kNm}$$

Từ phần mềm MPLC, đối với tường có chiều dày 200mm với f_c = 40 MPa, ΦN_u = 2.110 kN/m

Theo sơ đồ lực chúng ta có thể kiểm tra kháng lật như sau:

$$e = \frac{M_{wind}^*}{R^*L}$$

$$x = \left(\frac{L}{2} - e\right) 2$$

$$w^* = \frac{P^*}{x}$$

Kiểm tra khả năng chịu lực của tấm tường

$$w^* < \Phi N_u$$

Kiểm tra lật

Moment chống lật

$$M_{resist} = Load\ combination \frac{\left(\frac{L}{2} + e\right)^2}{2}$$

$$M_{resist} > M_{wind}$$

Áp dụng với các tổ hợp lực ta có kết quả như bảng tính dưới đây

Bảng 1. Bảng kiểm tra lật tấm tường.

| | DL: = | 982 | kN/m | M* _{wind} : = | 5,449 | kNm | | |
|--------------------|-------|-------|------|------------------------|-------|-------------|---------------------|------------|
| | LL: = | 190 | kN/m | ΦN _u := | 2,110 | kN/m | | |
| | P* | R* | e | x | w | KT cường độ | M _{resist} | KT ổn định |
| Tổ hợp tải trọng 1 | 1,039 | 8,624 | 0,63 | 7,04 | 1,226 | ĐẠT | 11,879 | Không lật |
| Tổ hợp tải trọng 2 | 883,8 | 7,336 | 0,74 | 6,81 | 1,076 | ĐẠT | 10,579 | Không lật |

Với việc kiểm tra khả năng kháng lật của từng cấu kiện dưới tác động của các lực phân bố khác nhau chúng ta đã chứng minh được rằng công trình đạt độ ổn định dưới tác dụng của các lực khác nhau.

4. Giá trị kinh tế mang lại

Giải pháp được phát triển trên nguyên lý đơn giản trong thiết kế kiến trúc và kết cấu. Chúng tôi tận dụng tối đa sức chịu nén cao

của bê tông và giảm áp lực chịu kéo cho nó. Với nguyên lý này chúng tôi tiết kiệm đáng kể khối lượng thép và tường gạch dẫn đến tổng trọng lượng của tòa nhà có thể đạt giảm gần 20 phần trăm đối với tòa nhà đến 20 tầng và có thể nhiều hơn nữa đối với tòa nhà cao từ 30 tầng trở lên đặc biệt là bê tông. Theo tính toán, đối với tòa nhà 20 tầng hiện nay lượng thép tiết kiệm được 25 % so với tòa nhà đổ tại chỗ. Nếu tính luôn cấp dự ứng lực thì chi phí thép và cấp giảm được đến 30 % so với giải pháp dầm sàn truyền thống. Tổng diện tích tường gạch chiếm 40 % so với xây gạch truyền thống. Như vậy bản thân công trình đã tự động đáp ứng được yêu cầu bắt buộc của Chính phủ về hạn chế sử dụng vật liệu nung hiện nay. Do có thể sơn trực tiếp lên bề mặt tấm tường mà không cần phải tô trát và bả matit nên khối lượng tô trát và bả matit của chúng tôi chỉ chiếm 40 % so với giải pháp tường gạch. Với những con số ấn tượng kể trên việc tiết kiệm từ 10% đến 15 % trực tiếp trên giá thành thi công chưa tính đến thời gian và các yếu tố khác đã được chứng minh.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã chỉ ra được với các tiêu chuẩn Australia và các tiêu chuẩn Việt Nam, việc áp dụng các lý thuyết tính toán cơ bản nhất giúp chúng ta có thể giải được bài toán kết cấu cho công trình chung cư cao 12 tầng với kết cấu chịu lực đứng và ngang hoàn toàn bằng tường bê tông chịu lực đúc sẵn. Với lý thuyết tính toán như trên chúng ta còn có thể thiết kế cho các tòa nhà chung cư cao đến 60-70 tầng mà không cần đến những phần mềm phức tạp và tốn kém.

Với giá thành thi công thấp giải pháp này có thể mang lại giá trị về kinh tế rất lớn cho xã hội. Đặc biệt với khả năng thi công nhanh giúp cho chúng ta có khả năng thi công hàng loạt các chung cư với qui mô lớn để có thể giải quyết được bài toán nhà ở cho đại bộ phận nhân dân. Việc tự động hóa cao trong công tác thiết kế, thi công, quản lý thi công (BIM) là một lợi thế đáng lưu tâm trong bối cảnh nhân công đang ngày trở nên khan hiếm và đắt đỏ.

Rõ ràng với những viện dẫn như trên chúng tôi có thể tuyệt đối tin tưởng rằng đây là một giải pháp tương lai cho việc xây dựng chung cư cao tầng của Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- [1]. TCVN 2737-1995, “Tiêu chuẩn thiết kế tải trọng và tác động” (tải trọng động đất và gió);
- [2]. AS 3600-2009, “Concrete Structures” (Kết cấu bê tông)
- [3]. Trần Phước Đông “Báo cáo Thuyết minh thiết kế cơ sở” - Dự án Chung cư CTU, tháng 9 năm 2017
- [4]. Trần Phước Đông “Thuyết minh thiết kế kỹ thuật” – Dự án Chung cư CTU, tháng 9 năm 2019