

## **MỘT SỐ YÊU CẦU VÀ CHỈ DẪN KỸ THUẬT TRONG THIẾT KẾ KẾT CẤU NHÀ SIÊU CAO TẦNG BÊ TÔNG CỐT THÉP Ở VIỆT NAM**

**TS. NGUYỄN ĐẠI MINH, TS. NGUYỄN HỒNG HẢI, TS. NGUYỄN HỒNG HÀ,  
TS. CAO DUY BÁCH**  
Viện KHCN Xây dựng

*Tóm tắt: Bài báo này trình bày một số yêu cầu và chỉ dẫn kỹ thuật cần thiết trong tính toán thiết kế kết cấu nhà siêu cao tầng bằng bê tông cốt thép (BTCT) ở Việt Nam. Các yêu cầu mang tính nguyên tắc về thiết kế kết cấu, các yêu cầu và chỉ dẫn kỹ thuật về vật liệu, tỷ số chiều cao và bề rộng nhà, các quy định và khuyến cáo về bố trí mặt bằng, mặt đứng kết cấu, giới hạn chuyển vị lệch tầng và gia tốc ngang tại đỉnh công trình, yêu cầu về thiết kế kháng chấn và chống sụp đổ dây chuyền cũng như các lưu ý về kết cấu tầng cứng được đề cập trong bài báo. Các nội dung này có thể là tài liệu tham khảo cho các kỹ sư, kiến trúc sư trong thực hành thiết kế nhà siêu cao tầng ở Việt Nam.*

*Từ khóa: Nhà siêu cao tầng, thiết kế theo tính năng, kết cấu BTCT, hệ tầng cứng, động đất, hệ cột quay ngoài, tầng chuyển, sụp đổ dây chuyền*

*Abstract: This paper presents the basic technical requirements and specifications for analysis and design of the structural system in the super tall RC buildings in Vietnam. The technical requirements and specifications on structural design principal and rules, the materials, the height and aspect ratio limitation, the structural plan and vertical arrangement, limitations for story drift and comfort, the seismic resistance design and requirement for preventing structural progressive collapse as well as the structure with outriggers and/or belt members are outlined in this paper. These technical contents are possibly be good references for structural engineers, architects in design practice of the super tall buildings in Vietnam.*

### **Mở đầu**

Trong hai thập niên vừa qua, nhà cao và siêu cao đã được xây dựng nhiều tại Hà Nội, thành phố (Tp) Hồ Chí Minh và một số thành phố khác ở nước ta. Do quỹ đất đô thị hạn hẹp, mật độ dân số cao nên việc phát triển những dự án cao tầng, các hệ thống tàu điện ngầm, tàu điện trên cao và nhiều hệ thống

hạ tầng kỹ thuật đô thị khác là cần thiết trong quá trình phát triển để đưa đất nước ta trở thành một nước công nghiệp, thịnh vượng và có thu nhập cao.

Ở Việt Nam, điển hình cho các dự án siêu cao tầng là các tòa tháp Bitexco – Tp Hồ Chí Minh (68 tầng, cao 262 m), Hanoi Keangnam Landmark Tower (72 tầng), Hanoi Lotte Center (65 tầng), Viettin Bank Hanoi Tower (68 tầng, đang xây dựng tại Hà Nội), tháp doanh nhân (51 tầng, Hà Nội), Vinhomes Landmark (81 tầng, đang xây dựng tại Tp Hồ Chí Minh). Tuy nhiên, những công trình siêu cao này phần lớn được thiết kế bởi tư vấn nước ngoài. Các đơn vị trong nước thường đóng vai trò thầu phụ. Nguyên nhân chính là do các kiến trúc sư và kỹ sư Việt Nam còn ít kinh nghiệm và chưa có cơ hội để trải nghiệm các giải pháp kết cấu hiện đại cho nhà siêu cao đã và đang phát triển trên thế giới.

Sự phát triển về công nghệ và vật liệu xây dựng cũng tạo ra nhiều thách thức cho việc tính toán (phân tích) và đưa ra các giải pháp thích hợp đối với các kết cấu siêu cao. Bê tông cường độ cao ngày càng được sử dụng nhiều trong các kết cấu cao tầng để tăng hiệu quả về diện tích sử dụng.

Tải trọng gió ảnh hưởng rất lớn đến giải pháp kết cấu siêu cao không chỉ đối với hệ kết cấu chịu lực mà còn với hệ kết cấu bao che. Lý do chính là tải trọng gió tác dụng theo phương ngang là phương gây ảnh hưởng nổi trội đối với các kết cấu có độ cao lớn. Trong khi một số vấn đề như tương tác giữa gió và kết cấu, dao động theo phương ngang của luồng gió, gió xoắn, ổn định khí động, tiện nghi động và thí nghiệm ống thổi khí động chưa được đề cập rõ trong các tiêu chuẩn thiết kế của ta. Cụ thể là tiêu chuẩn tải trọng và tác động hiện hành TCVN 2737: 1995 [1] chỉ phù hợp với nhà 40 tầng (cao khoảng 150 m) trở xuống. Ngoài ra, áp lực gió lên kết cấu bao che quy định trong TCVN 2737:1995 có thể chỉ thích hợp đối với nhà thấp tầng. Vì thế, ảnh hưởng của tải trọng gió lên kết cấu siêu cao cần được quan tâm để việc thiết kế kết cấu an toàn và hiệu quả. Vấn đề này đã

được khái quát trong [3] và nằm ngoài phạm vi thảo luận trong bài báo này.

Một yếu tố rất quan trọng ảnh hưởng đến sự làm việc của các kết cấu siêu cao là tác động động đất. Mặc dù Hà Nội và Tp Hồ Chí Minh là các khu vực có mức độ nguy hiểm động đất trung bình (trị số đỉnh gia tốc nền chu kỳ lặp 500 năm trên nền đá gốc  $a_{gR} = 0.08 - 0.11g$ ,  $g = 9.87 \text{ m/s}^2$ , TCVN 9386: 2012 [2]) nhưng các vấn đề như hệ số tầm quan trọng, chu kỳ lặp, dao động đất nền do động đất, đường cong phổ phản ứng, phân tích ứng xử và cấu tạo của hệ kết cấu siêu cao chịu động đất cần được nghiên cứu sâu hơn để không những đảm bảo an toàn, không gây hoảng sợ đối với người sử dụng và hạn chế hư hỏng khi động đất nhẹ hay trung bình (thấp hơn động đất thiết kế) xảy ra mà còn kinh tế, phù hợp với điều kiện nước ta. Tiêu chuẩn TCVN 9386: 2012 về thiết kế công trình chịu động đất chỉ thích hợp với các nhà có chu kỳ dao động riêng từ 4s (khoảng 30-40 tầng) trở xuống nếu không có các nghiên cứu chuyên sâu. Vì vậy, nghiên cứu tính toán kháng chấn đối với kết cấu siêu cao là cần thiết. Tính toán động đất đối với nhà siêu cao cũng được trình bày trong [3-5], tuy nhiên dự kiến sẽ thảo luận trong bài báo chuyên sâu khác với những đặc trưng riêng của Việt Nam.

Các vấn đề khác như tác động do nhiệt độ, co ngót, từ biến, co ngắn cột, móng sâu và tầng hầm,... đặc biệt là những yêu cầu kỹ thuật đặc thù khác với kết cấu thấp tầng cũng rất cần thiết trong thiết kế kết cấu siêu cao.

Thiết kế nhà siêu cao là vấn đề sâu và rộng, do nhiều bộ môn phối hợp thực hiện. Bài báo này chỉ trình bày một số yêu cầu và chỉ dẫn kỹ thuật cần thiết trong thiết kế kết cấu nhà siêu cao ở Việt Nam. Đây là một phần kết quả của nhiệm vụ khoa học được nhóm nghiên cứu của Viện KHCN Xây dựng – Bộ Xây dựng và Đại học Melbourne, Australia thực hiện [3], các yêu cầu kỹ thuật này cũng được tham khảo các tài liệu trong và ngoài nước [4-7]. Bài báo có thể là tài liệu tham khảo tốt cho các sinh viên, các kỹ sư và những bạn đọc quan tâm đến thiết kế nhà siêu cao tầng.

Bài báo có sử dụng một số thuật ngữ sau:

*Nhà siêu cao:* Nhà siêu cao trong bài báo này là các tòa nhà có chiều cao từ 100-300 m (*Chú thích:*

Theo các tác giả bài báo thì với sự phát triển nhà cao tầng ở nước ta hiện nay (năm 2018) thì giới hạn độ cao 75 m nên được thay bằng 100 m do công nghệ thiết kế, công nghệ xây dựng, các phương tiện phòng chống cháy nổ và cứu nạn cũng như ý thức của người dân khác xa so với cách đây 30-40 năm, khi ấy số lượng nhà cao tầng rất ít và nhà cao trên 75 m hầu như không có ở Hà Nội. Nhà cao trên 100 m nên gọi là nhà siêu cao).

*Hệ kết cấu quây ngoài:* Hệ kết cấu quây ngoài là hệ cột bố trí theo chu vi xung quanh tòa nhà, được liên kết với nhau bằng các dầm bo bố trí tại các cao trình tầng.

*Cấu kiện, kết cấu chuyển:* Là cấu kiện hoặc kết cấu bố trí để thực hiện việc chuyển biến hình thức kết cấu từ tầng nhà bên trên đến tầng nhà bên dưới hoặc để thay đổi bố trí kết cấu từ tầng nhà bên trên đến tầng nhà bên dưới, bao gồm dầm chuyển, dàn chuyển, sàn chuyển. Các dầm chuyển của một số kết cấu vách trong khung đỡ (khung chuyển) có thể đơn giản gọi là dầm khung đỡ (khung chuyển).

*Tầng chuyển:* Là tầng bố trí với các cấu kiện kết cấu chuyển đổi bao gồm các cấu kiện ngang và các cấu kiện đứng liền dưới tầng.

*Tầng cứng:* Là tầng nhà có kết cấu nổi cứng (outrigger dạng dầm, dàn hoặc vách) liên kết hệ lõi cứng bên trong với kết cấu quây ngoài, khi cần thiết có thể làm dầm hoặc dàn nằm ngang có dạng đai chạy quanh kết cấu quây ngoài của tầng nhà ấy (còn gọi là hệ đai biên).

*Thiết kế kết cấu theo tính năng (PBD – Performance Based Design)* chịu động đất định trước: Là cách thiết kế kết cấu chịu động đất dựa trên các mục tiêu về tính năng chịu động đất được ấn định trước của kết cấu.

### 1. Yêu cầu chung

a. Hệ kết cấu nhà siêu cao phải phù hợp với các yêu cầu sau đây:

- Phải có khả năng chịu lực, độ cứng và độ dẻo cần thiết;

- Phải tránh do sự phá hủy của một bộ phận kết cấu mà dẫn đến toàn bộ kết cấu bị mất khả năng chịu tải trọng bản thân, tải trọng gió và động đất;

- Ở những chỗ có nguy cơ yếu hay giảm yếu, phải áp dụng các biện pháp hiệu quả để tăng cường.

b. Hệ kết cấu nhà siêu cao nên đáp ứng các yêu cầu sau:

- Bố trí chiều đứng và chiều ngang của kết cấu nên có sự phân bố hợp lý về độ cứng và về phân phối khả năng chịu lực, tránh vì đột biến độ cứng cục bộ và hiệu ứng vận xoắn mà hình thành những vùng mềm yếu;

- Hệ kết cấu nên có một số đường phòng tuyến dự phòng để chống động đất.

c. Các biện pháp cần được thực hiện đối với các kết cấu BTCT của nhà siêu cao để giảm ảnh hưởng bất lợi của các hiệu ứng không tải như sự co ngót bê tông, từ biến, thay đổi nhiệt độ và chênh lún.

d. Các cấu kiện phi kết cấu của nhà siêu cao như tường xây và tường ngăn nên áp dụng các loại vật liệu nhẹ khác nhau, được liên kết chắc chắn với phần kết cấu chính và phải đảm bảo các yêu cầu về độ bền, ổn định và biến dạng.

### 2. Yêu cầu về vật liệu

a. Các cột, lõi cứng và tầng cứng của nhà siêu cao nên xem xét áp dụng các loại bê tông có cường độ cao (B50-60 hay C50-60), B - Bê tông, C- Concrete, hoặc cao hơn) và cốt thép cường độ cao (giới hạn chảy  $f_y = 500$  MPa trở lên). Đối với các cấu kiện có nội lực lớn hoặc yêu cầu chống động đất cao nên xem xét áp dụng bê tông cốt thép liên hợp (cốt cứng).

b. Cấp cường độ bê tông của sàn tầng hầm cũng như phần xây dựng phía trên không nên nhỏ hơn C30 (để thuận tiện gọi bê tông cấp cường độ 30 MPa là C30).

c. Cấp cường độ bê tông của sàn trong kết cấu tầng chuyển, dầm chuyển, cột chuyển, kết cấu chuyển dạng hộp và kết cấu sàn chuyển dày không được nhỏ hơn C40.

d. Cấp cường độ bê tông trong kết cấu ứng lực trước không nên nhỏ hơn C40.

e. Các đặc trưng và yêu cầu về cốt thép, thép hình của cấu kiện BTCT nên tuân thủ các quy định của tiêu chuẩn TCVN 5574: 2012 [8], TCVN 5575:2012 [9] hoặc các tiêu chuẩn thiết kế khác quy định trong dự án (ví dụ: ACI 318: 2014 [10], AISC [11], BS EN 1992 [12], BS EN 1993 [13] v.v.), phù hợp với chức năng kết cấu.

### 3. Giới hạn tỉ số giữa chiều cao và bề rộng nhà

Tỉ số giữa chiều cao H trên bề rộng B của nhà siêu cao BTCT không nên lấy lớn hơn 8.

### 4. Mặt bằng kết cấu

a. Trong một đơn nguyên kết cấu độc lập của nhà siêu cao, nên chọn hình dạng mặt bằng kết cấu đơn giản, đều đặn với khối lượng, độ cứng và khả năng chịu lực phân bố đồng đều, không nên dùng những kiểu bố trí mặt bằng đặc biệt bất thường.

b. Nhà siêu cao nên dùng kiểu hình dạng mặt bằng có hiệu ứng giảm tác dụng của tải trọng gió.

c. Bố trí mặt bằng nhà siêu cao có yêu cầu thiết kế chịu động đất nên đơn giản, đều đặn, giảm bớt lệch tâm theo các khuyến cáo của tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn áp dụng (ví dụ TCVN 9386: 2012, BS EN 1998 [14], ASCE 7-10 [15], UBC 1997 [16], JGJ 2010 [4],...). Bố trí mặt bằng kết cấu phải giảm thiểu ảnh hưởng của vận xoắn. Khi hình dạng mặt bằng kiến trúc phức tạp mà lại không có cách nào để có thể điều chỉnh lại hình dạng mặt bằng và bố trí kết cấu làm cho nó trở thành kết cấu không đều đặn, không mạch lạc, cần thiết phải làm khe kháng chấn. Bố trí khe kháng chấn và bề rộng của khe kháng chấn tuân thủ các quy định của tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn áp dụng cho dự án.

d. Khi thiết kế công trình chịu động đất, bề rộng khe co giãn, khe lún đều phải phù hợp yêu cầu về bề rộng tối thiểu của khe kháng chấn.

e. Khoảng cách lớn nhất giữa các khe biến dạng trong kết cấu nhà siêu cao nên phù hợp quy định trong các tiêu chuẩn áp dụng có xem xét đặc điểm khí hậu và môi trường khu vực xây dựng.

g. Trong trường hợp áp dụng các biện pháp cấu tạo và biện pháp thi công để giảm bớt ảnh hưởng của nhiệt độ và co ngót của bê tông đối với kết cấu thì khoảng cách giữa các khe biến dạng có thể nới rộng thêm thích hợp. Các biện pháp cấu tạo và thi công này có thể như sau:

– Tầng hàm lượng cốt thép ở những chỗ chịu nhiều ảnh hưởng của biến đổi nhiệt độ như tầng mái, bản đỉnh tầng hầm, tường hồi và gian đầu của vách tường dọc;

– Tầng mái tăng cường biện pháp cách nhiệt, bên ngoài tường ngoài có làm lớp cách nhiệt;

– Cứ cách 30 - 40 m nên xem xét chừa băng thi công đổ sau, bề rộng băng 800 - 1000 mm; cốt thép nối dùng kiểu đầu nối chồng, bê tông băng đổ sau nên đổ sau đó 45 ngày;

– Dùng loại xi măng có độ co ngót nhỏ, giảm hàm lượng xi măng, cho thêm chất phụ gia thích hợp vào bê tông;

Tăng hàm lượng thép cấu tạo của bản sàn mỗi tầng nhà hoặc áp dụng một phần kết cấu ứng lực trước.

### 5. Bố trí kết cấu theo phương đứng

a. Hình thể theo chiều đứng của nhà siêu cao nên quy củ, đồng đều. Độ cứng theo phương ngang của kết cấu nên giảm dần và thống nhất từ dưới lên trên.

b. Khối lượng các tầng nên phân bố đều đặn theo chiều cao. Khối lượng của tầng bên trên không nên lớn hơn 1.5 lần khối lượng của tầng liền kề bên dưới trừ trường hợp tầng chuyển hay tầng cứng.

c. Nhà siêu cao không nên áp dụng việc thay đổi độ cứng và khả năng chịu lực trên cùng 1 tầng. Trường hợp một số tầng và cột được cắt đi để tạo thành các không gian thoáng ở các tầng mái và áp mái, phân tích đàn hồi hoặc bổ sung phân tích đàn-dẻo theo thời gian nên được thực hiện và phải xem xét những biện pháp cấu tạo kháng chấn hữu hiệu.

### 6. Hệ sàn với giả thiết là tuyệt đối cứng trong mặt phẳng sàn

a. Nên dùng kết cấu sàn đỡ tại chỗ đối với nhà siêu cao.

b. Độ dày bản sàn đỡ tại chỗ lấy theo tính toán thiết kế nhưng không nhỏ hơn 100 mm. Độ dày bản dầm mái nhà cũng lấy theo tính toán nhưng không nhỏ hơn 120 mm, nên đặt cốt thép hai lớp hai chiều. Độ dày bản dầm của tầng hầm thông thường lấy theo tính toán nhưng không nên nhỏ hơn 160 mm. Bản dầm của tầng hầm mà có ngầm giữ các kết cấu bên trên phải dùng kết cấu dầm bản, độ dày bản cũng lấy theo tính toán nhưng không nhỏ hơn 180 mm, phải đặt thép hai chiều hai lớp, hàm lượng đặt thép của mỗi lớp theo mỗi chiều không nên nhỏ hơn 0.25%.

c. Độ dày bản sàn bê tông ứng lực trước đổ tại chỗ có thể lấy bằng  $1/45 \sim 1/50$  của khẩu độ, không nhỏ hơn 150 mm. Khi thiết kế bản sàn bê tông ứng lực trước đổ tại chỗ phải áp dụng các biện pháp để

phòng ngừa hoặc giảm bớt tác động của việc kéo căng cáp ứng lực trước đối với kết cấu bản sàn.

### 7. Giới hạn về chuyển vị lệch tầng và tính tiện nghi sử dụng

a. Trong điều kiện sử dụng bình thường, kết cấu nhà siêu cao phải có đủ độ cứng, tránh sinh ra chuyển vị lớn ảnh hưởng tới khả năng chịu lực, tính ổn định của kết cấu và yêu cầu sử dụng.

b. Trong điều kiện sử dụng bình thường, chuyển vị ngang của kết cấu phải được tính chịu tác dụng của tải trọng gió, của tác động động đất.

c. Tỷ số giữa chuyển vị lớn nhất giữa các tầng  $\Delta u/h$  ( $\Delta u$  - chuyển vị lớn nhất giữa các tầng,  $h$  - chiều cao tầng) cần thỏa mãn các yêu cầu sau đây:

- Nhà siêu cao có chiều cao từ 100 đến 150 m, tỷ số giữa chuyển vị lớn nhất giữa các tầng nhà với độ cao tầng nhà  $\Delta u/h < 1/800$  đối với kết cấu khung-vách, khung-ống lõi, bản cột-vách, và  $\Delta u/h < 1/1000$  đối với kết cấu ống trong ống, vách cứng;

- Nhà có chiều cao từ 250 đến 300 m, tỷ số giữa chuyển vị lớn nhất giữa các tầng nhà với độ cao tầng nhà  $\Delta u/h$  không nên lớn hơn  $1/500$ ;

- Nhà có chiều cao trong khoảng từ 150 ~ 250m thì giới hạn giá trị của tỷ số giữa chuyển vị lớn nhất giữa các tầng nhà với độ cao tầng nhà lấy theo cách nội suy tuyến tính giữa các hạn trị ghi trong khoản (1) và (2) nói trên.

*Ghi chú:* Chuyển vị lớn nhất giữa tầng nhà  $\Delta u$  tính bằng hiệu của chuyển vị ngang lớn nhất của tầng nhà, không trừ đi biến dạng uốn cong tổng thể. Dưới tác dụng của tải trọng gió, chuyển vị giữa các tầng tính theo phương pháp đàn hồi. Khi thiết kế chịu động đất, tính toán chuyển vị tầng nhà quy định trong điều này không kể đến ảnh hưởng của lệch tâm ngẫu nhiên.

d. Kết cấu nhà siêu cao phải đáp ứng yêu cầu về tính tiện nghi sử dụng theo dao động do gió. Gia tốc lớn nhất ở đỉnh kết cấu theo chiều dọc theo luồng gió và vuông góc với luồng gió có thể tính toán theo các quy định và yêu cầu của tiêu chuẩn áp dụng. Giới hạn gia tốc đỉnh kết cấu lớn nhất lấy nhỏ hơn  $0.15 \text{ m/s}^2$  hoặc lấy theo quy định của tiêu chuẩn áp dụng cho dự án. Quy định về vận tốc hay áp lực gió và chu kỳ lặp của tải trọng gió trong tính toán gia tốc lớn nhất ở đỉnh kết cấu lấy theo hướng dẫn của tiêu chuẩn áp dụng.

### 8. Yêu cầu thiết kế độ bền đối với kết cấu

Yêu cầu thiết kế độ bền (khả năng chịu lực) đối với kết cấu tuân theo các quy định của tiêu chuẩn thiết kế áp dụng.

Khi áp dụng tiêu chuẩn TCVN 2737:1995 và TCVN 5574:2012, hệ quả của tải trọng và tác động (trừ tác động động đất) tác dụng lên kết cấu được khuyến nghị nhân thêm với hệ số tầm quan trọng tòa nhà lấy bằng 1.15 đối với nhà cao từ 100 đến 250 m, bằng 1.2 đối với nhà cao từ 250 đến 300 m<sup>1</sup>. Để tránh sử dụng 2 lần hệ số tầm quan trọng của công trình, khi đó hệ số độ tin cậy của tải trọng gió chỉ lấy bằng 1.2 ứng với tuổi thọ thiết kế giả định là 50 năm.

<sup>1</sup>Chú thích: Ở Việt Nam, nhà cao từ 100 m trở lên có tuổi thọ 100 năm, khi tính tải trọng gió phải nhân thêm với hệ số 1.15. Vì vậy, kiến nghị hệ số tầm quan trọng 1.15 đối với nhà cao từ 150-250m và 1.2 đối với nhà cao từ 250-300m (Tiêu chuẩn Nga và TCVN 10304: 2014 [17] quy định hệ số 1.1, 1.15 và 1.2).

Trường hợp sử dụng các tiêu chuẩn nước ngoài, tuân thủ các quy định của các tiêu chuẩn này và các quy định bắt buộc của các quy chuẩn xây dựng Việt Nam.

### 9. Yêu cầu kháng chấn

Mức độ và hệ số tầm quan trọng khi tính toán thiết kế kháng chấn lấy theo tiêu chuẩn động đất áp dụng. Tính toán cốt thép và cấu tạo cũng lấy theo tiêu chuẩn kháng chấn áp dụng.

### 10. Yêu cầu chống sụp đổ dây chuyền

a. Nhà siêu cao thuộc loại công trình cấp 1, cấp đặc biệt theo quy chuẩn QCVN 03:2012/BXD [18] cần đáp ứng các yêu cầu về chống sụp đổ dây chuyền và nên dự kiến ngay trong thiết kế cơ sở, nếu có yêu cầu đặc biệt, thiết kế chống sụp đổ dây chuyền có thể được thực hiện bằng cách áp dụng phương pháp dỡ bỏ từng phần kết cấu.

b. Thiết kế chống sụp đổ dây chuyền phải thỏa mãn những yêu cầu sau:

- Các kết cấu cấu tạo liên kết cần thiết phải được thực hiện tăng cường để đảm bảo tính toàn vẹn kết cấu.

- Nguyên tắc kết cấu siêu tĩnh đa nhịp chỉ áp dụng cho các kết cấu lớn.

- Kết cấu, bộ phận kết cấu phải có độ dẻo thích hợp để tránh phá hoại do cắt, ép mặt, neo và phá hoại nút trước khi phá hoại kết cấu, bộ phận kết cấu.

- Kết cấu, bộ phận kết cấu phải có khả năng chịu lực đổi chiều tức thì.

- Khoảng cách giữa các cột trong hệ kết cấu quay ngoài và nhịp biên của khung không nên quá lớn.

- Kết cấu chuyển phải có nhiều phương thức truyền tải để có thể truyền được toàn bộ tải trọng bản thân.

- Dầm và cột của kết cấu BTCT nên áp dụng liên kết cứng. Bản tầng cứng trên/dưới nên được bố trí liên tục xuyên qua các gối đỡ tùy theo yêu cầu chịu kéo.

- Nên áp dụng **liên kết giằng móng giữa các khối móng độc lập**.

c. Phương pháp tính toán, thiết kế chống sụp đổ dây chuyền thực hiện theo các tài liệu chuyên ngành về lĩnh vực này.

### 11. Các lưu ý đối với hệ có tầng cứng

a. Khi độ cứng ngang của kết cấu khung – lõi, kết cấu lõi trong lõi không thỏa mãn yêu cầu, có thể lợi dụng không gian của tầng lánh nạn, tầng kỹ thuật để bố trí cấu kiện nối theo phương ngang có độ cứng thích hợp, hình thành kết cấu siêu cao có tầng cứng (tầng cứng thực). Khi cần thiết, tầng cứng cũng có thể đồng thời bố trí cấu kiện đai biên theo phương ngang (tầng cứng ảo). Cấu kiện nối, cấu kiện đai biên có thể sử dụng các dạng kết cấu như giàn có thanh chéo, dầm đặc, dầm hộp, dàn rỗng.

b. Việc thiết kế kết cấu siêu cao có tầng cứng phải thỏa mãn các quy định sau:

(1) Số lượng tầng cứng, độ cứng và vị trí tầng cứng phải được thiết kế một cách hợp lý, phù hợp với yêu cầu kiến trúc và kỹ thuật (M&E) tòa nhà.

Khi bố trí 1 tầng cứng, có thể bố trí tại vị trí khoảng 0.6 lần chiều cao nhà (0.6H).

Khi bố trí 2 tầng cứng, có thể phân biệt bố trí tại đỉnh và (0.5 – 0.6)H. Khi bố trí 3 tầng cứng trở lên, nên bố trí đều từ đỉnh công trình trở xuống.

(2) Cấu kiện nối của tầng cứng nên kéo suốt qua lõi, vị trí bố trí trên mặt bằng nên ở vị trí góc của lõi, vị trí nút chữ T.

Liên kết của cấu kiện nối với khung bên ngoài nên sử dụng liên kết khớp hoặc liên kết nửa cứng.

Khi tính toán nội lực và chuyển vị của kết cấu nên xét đến biến dạng trong mặt phẳng của bản sàn tại tầng cứng có bố trí cấu kiện nối dạng dàn.

- (3) Phải tăng cường cấu tạo cốt thép đối với cột, lõi tại tầng cứng và các tầng lân cận.
- (4) Phải tăng cường cấu tạo cốt thép đối với bản sàn tầng cứng và các tầng trên và dưới tầng cứng.
- (5) Trình tự thi công và cấu tạo liên kết phải sử dụng biện pháp để giảm thiểu biến dạng theo phương đứng do nhiệt độ của kết cấu và sự chênh lệch của biến dạng dọc trục (co ngấn cột), mô hình phân tích kết cấu phải phản ánh được ảnh hưởng của biện pháp thi công.

c. Thiết kế kết cấu siêu cao có tầng cứng chịu động đất cần thỏa mãn các yêu cầu sau ngoài các quy định trong tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn áp dụng:

- (1) Cấp hay tầm quan trọng kháng chấn của cột khung, vách của lõi tại tầng cứng và các tầng lân cận phải tăng thêm một cấp để tính toán, cụ thể theo TCVN 9386: 2012 thì cấp I tăng thành cấp đặc biệt (hệ số  $\gamma_1$  lấy bằng 1.5 thay vì 1.25), khi thiết kế theo UBC 1997 hay ASCE 7-05 thì lấy hệ số tầm quan trọng bằng 1.5.
- (2) Cốt đai của cột khung tại tầng cứng và các tầng lân cận phải tăng dày trong suốt chiều dài cột, giới hạn về tỷ số nén phải lấy giảm bớt 0.05 so với cột ở các tầng khác.
- (3) Phải bố trí cấu kiện biên đối với vách của lõi tại tầng cứng và các tầng lân cận.

### 12. Kiểm tra kết cấu theo phương pháp thiết kế dựa theo tính năng

Ngoài việc tính toán theo phương pháp phổ phản ứng quy định trong tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn áp dụng cho dự án, cần thiết kiểm tra các kết cấu, cấu kiện chịu động đất theo phương pháp thiết kế dựa theo tính năng PBD (Performance Based Design) [19] hay phương pháp động học phi tuyến tích phân theo giản đồ gia tốc [3].

#### Kết luận

Bài báo đã trình bày các yêu cầu và nguyên tắc cơ bản trong tính toán thiết kế kết cấu nhà siêu cao bằng BTCT ở Việt Nam. Các vấn đề quan trọng khác như tải trọng gió và tác động động đất tác dụng lên nhà siêu cao tầng cũng như các chuyên đề về tính toán thiết kế hệ tầng chuyển và tầng cứng hay thiết kế theo công năng các tác giả hy vọng có dịp sẽ trình bày trong các bài báo khác sau này.

---

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

---

- [1] **TCVN 2737: 1995** Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 1996.
- [2] **TCVN 9386-1: 2012** Thiết kế công trình chịu động đất. Phần 1: Quy định chung, tác động động đất và quy định đối với kết cấu nhà, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2012.
- [3] **Viện KHCN Xây dựng** Báo cáo tổng kết nhiệm vụ NĐT Việt Nam – Australia về nhà cao tầng có tầng cứng chịu tác động động đất, Bộ XD – Bộ KHCN, Hà Nội, 2015.
- [4] **JGJ 3-2010**. 高层建筑混凝土结构技术规程 (Technical specification for concrete structures of tall building), Beijing, PRC, 2010.
- [5] **CTBUH** Outrigger Design for High-Rise Buildings, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 2012.
- [6] **Ove Arup** Dự án Vinhomes Landmark 81 – Chỉ dẫn thiết kế, HCM city, 2015.
- [7] **DongYang Structural Engineer** KeangNam Hanoi Landmark Tower Project, Hanoi, 2009.
- [8] **TCVN 5574: 2012** Kết cấu bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2012.
- [9] **TCVN 5575: 2012** Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2012.
- [10] **ACI 318: 2014** Building codes requirements for structural concrete and commentary, American Concrete Institute, USA.
- [11] **ANSI-AISC 360** Specification for structural steel buildings, American Institute for Steel Construction, USA, 2010.
- [12] **BS EN 1992-1-1: 2004** Eurocode 2: Design of concrete structures. General rules and rules for buildings.
- [13] **BS EN 1993-1-1:2005** Eurocode 3. Design of steel structures. General rules and rules for buildings.
- [14] **BS EN 1998-1:2004** Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. General rules, seismic actions and rules for buildings.
- [15] **ASCE/SEI 7-10** Minimum design loads for buildings and other structures, USA.
- [16] **UBC - 1997** Uniform building codes – Volume 2, USA.
- [17] **TCVN 10304: 2014** Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2012.
- [18] **QCVN 03: 2012/BXD** Nguyên tắc phân cấp và phân loại công trình, NXB Xây dựng Hà Nội.
- [19] **PEER** Guidelines for seismic design of tall buildings, Pacific Earthquake Engineering Research Center, USA, 2010.

**Ngày nhận bài:** 18/01/2018.

**Ngày nhận bài sửa lần cuối:** 05/2/2018.