

# TÍNH TOÁN TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT THEO TIÊU CHUẨN NGA

## SP 14.13330.2014 “XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH TRONG VÙNG ĐỘNG ĐẤT”

**TS. CAO DUY KHÔI**

Viện KHCN Xây dựng

**ThS. NGUYỄN VIỆT SƠN**

Cục Giám định Nhà nước về chất lượng công trình xây dựng

*Tóm tắt: Hiện nay, Tiêu chuẩn thiết kế chịu động đất mới của Việt Nam đang được biên soạn dựa trên Tiêu chuẩn kháng chấn mới nhất của Nga SP 14.13330.2014. Phiên bản này có nhiều khác biệt rõ nét với Tiêu chuẩn kháng chấn cũ của Nga là SNIP II-7-81\*, và so với Tiêu chuẩn kháng chấn hiện hành của Việt Nam là TCVN 9386:2012. Do đó, việc tìm hiểu, nghiên cứu tiêu chuẩn mới để kịp thời vận dụng trong thực tế thiết kế khi TCVN mới được ban hành là điều cần thiết. Bài báo này trình bày một trong những nội dung quan trọng của công tác thiết kế kháng chấn là phương pháp tính toán tải trọng động đất theo SP 14.13330.2014.*

### 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, các tiêu chuẩn thiết kế chủ yếu của Việt Nam (Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép, kết cấu thép, kết cấu gạch đá, tiêu chuẩn tải trọng và tác động,...) được biên soạn dựa trên Tiêu chuẩn Nga tương ứng. Nhằm đảm bảo tính đồng bộ và hệ thống, Bộ Xây dựng đã giao Hội kết cấu và công nghệ xây dựng thực hiện đề tài Biên soạn TCVN “Xây dựng công trình trong vùng động đất” trên cơ sở Tiêu chuẩn kháng chấn mới nhất của Nga SP 14.13330.2014. Dự thảo TCVN trên đã được nghiệm thu tại hội đồng khoa học của Bộ, nhưng chưa được ban hành chính thức.

Phiên bản SP 14.13330.2014 [2] có nhiều khác biệt rõ nét so với Tiêu chuẩn kháng chấn cũ của Nga là SNIP II-7-81\* [3], và so với Tiêu chuẩn kháng chấn hiện hành của Việt Nam là TCVN 9386:2012 [1]. Do đó, việc tìm hiểu, nghiên cứu tiêu chuẩn mới để kịp thời vận dụng trong thực tế thiết kế khi TCVN mới được ban hành là điều cần thiết. Bài báo này trình bày một trong những nội dung quan trọng của công tác thiết kế kháng chấn là phương pháp tính toán tải trọng động đất theo SP 14.13330.2014.

### 2. Phương pháp tính toán tải trọng động đất theo SP 14.13330.2014 [2]

Tạp chí KHCN Xây dựng - số 3/2015

Về bản chất, tải trọng động đất tác dụng lên nhà cao tầng là lực quán tính gây ra do các khối lượng của nhà dao động dưới ảnh hưởng của chuyển động đất nền. Như vậy, để tính toán tải trọng động đất, người ta cũng cần biết hai yếu tố:

- Đặc điểm động đất của địa điểm xây dựng công trình. Yếu tố này thuộc phạm trù điều kiện tự nhiên, thay đổi tùy từng điều kiện địa chất, từng vùng và từng quốc gia. Trong SP 14.13330.2014, đặc điểm động đất được thể hiện bằng khái niệm Cấp động đất theo thang MSK-64;

- Đặc điểm của chính công trình nhà đang xét, bao gồm giải pháp kết cấu, các đặc trưng động lực học (khối lượng tham gia dao động, tần số, các mode dao động, ...).

Cấp động đất của địa điểm xây dựng có thể xác định thông qua 03 bản đồ A, B, C với chu kỳ lặp lần lượt là 500 năm, 1000 năm và 5000 năm trên nền đất tham chiếu là nền đất loại II (hay còn gọi là nền trung bình). Trong đó bản đồ A (500 năm) dành cho các công trình có tầm quan trọng bình thường và thấp (xây dựng hàng loạt); Bản đồ B (1000 năm) và C (5000 năm) - cho các công trình có tầm quan trọng nâng cao (các công trình đặc biệt nguy hiểm, phức tạp về kỹ thuật hoặc các công trình đặc thù). Với các loại đất nền không phải loại II, có thể sử dụng bảng 1 của SP 14.13330.2014 [2] để xác định cấp động đất tính toán của địa điểm xây dựng.

Để xác định các đặc trưng động lực học của công trình, trong [2] đề xuất hai mô hình động lực học như sau:

- Đối với nhà và công trình có giải pháp mặt bằng kết cấu đơn giản, với tình huống tính toán động đất thiết kế, thì tải trọng động đất tính toán được phép xác định bằng cách sử dụng mô hình tính toán động lực dạng công xôn (bỏ qua ảnh hưởng của các dạng dao động xoắn, chỉ kể đến các dạng dao động tịnh tiến). Đối với các nhà và công trình này, với tình

huống tính toán động đất tính toán lớn nhất phải sử dụng các mô hình tính toán động lực không gian của kết cấu và kể đến đặc điểm không gian của tác động động đất;

- Đối với nhà và công trình có giải pháp mặt bằng kết cấu phức tạp, tải trọng động đất tính toán phải được xác định bằng cách sử dụng các mô hình tính toán động lực không gian của nhà và có kể đến đặc điểm không gian của tác động động đất.

Giải pháp mặt bằng kết cấu của nhà và công trình được coi là đơn giản nếu thỏa mãn tất cả các điều kiện dưới đây:

- Dạng dao động riêng thứ nhất và thứ hai của công trình không phải là dạng dao động xoắn;

- Giá trị lớn nhất và giá trị trung bình của chuyển dịch ngang của tầng sàn nhà theo một dạng bất kỳ từ các dạng tịnh tiến của các dao động riêng của công trình không khác biệt quá 10 %;

- Giá trị chu kỳ của tất cả các dạng dao động riêng được tính đến phải khác nhau không dưới 10 %;

- Các giải pháp kết cấu trên mặt bằng và theo phương đứng có tính đối xứng với sự phân phối đều tải trọng lên các sàn và khối lượng, độ cứng của kết cấu trong mặt bằng và theo chiều cao;

- Phù hợp với yêu cầu về chiều cao nhà giới hạn trong bảng 7 [2]. Đối với kết cấu khung bê tông cốt thép có vách cứng, chiều cao giới hạn áp dụng mô hình công xôn là 16 tầng (57 m) đối với động đất cấp 7, 12 tầng (43 m) - cấp 8, 9 tầng (34 m) - cấp 9;

- Trong các sàn không có lỗ mở lớn làm giảm độ cứng của sàn.

Phương pháp tính toán tải trọng động đất cốt lõi là phương pháp phổ phản ứng áp dụng cho mô hình tính toán không gian.

Để thuận tiện cho người đọc nắm bắt phương pháp tính toán, dưới đây trích dẫn lại các công thức, giải thích ký hiệu của SP 14.13330.2014, có bổ sung một số giải thích rõ hơn.

Tải trọng động đất tính toán (lực hoặc mô men)  $S_{ik}^j$  theo phương tọa độ tổng quát thứ j, đặt vào điểm nút k của mô hình tính toán động lực và ứng với dạng dao động riêng thứ i của nhà hoặc công trình được xác định theo công thức sau:

$$S_{ik}^j = K_0 K_1 S_{0ik}^j \tag{1}$$

trong đó:

$K_0$  - hệ số kể đến chức năng và tầm quan trọng của công trình, lấy theo bảng 3 [2];

$K_1$  - hệ số kể đến mức độ hư hỏng cho phép của nhà và công trình, lấy theo bảng 4 [2].  $K_1 < 1$  trong trường hợp cho phép xảy ra hư hỏng trong nhà khi có động đất. Trường hợp không cho phép xảy ra bất cứ hư hỏng nào,  $K_1=1$  (kết cấu làm việc đàn hồi);

$S_{0ik}^j$  - giá trị tải trọng động đất đối với dạng dao động riêng thứ i của nhà hoặc công trình, được xác định với giả thiết kết cấu biến dạng đàn hồi theo công thức:

$$S_{0ik}^j = m_k^j A \beta_i K_\psi \eta_{ik}^j \tag{2}$$

trong đó:

$m_k^j$  - khối lượng của nhà hoặc mô men quán tính của khối lượng tương ứng của nhà, đặt vào điểm k theo tọa độ tổng quát j, được xác định từ tổ hợp tải trọng trường hợp có động đất. Hệ số tổ hợp lấy theo bảng 2 [2];

g - gia tốc trọng trường;

A - giá trị gia tốc ở cao độ nền, lấy bằng 1; 2; 4 m/s<sup>2</sup> tương ứng với cấp động đất tính toán là 7, 8, và 9;

$\beta_i$  - hệ số động ứng với dạng dao động riêng thứ i của nhà hoặc công trình, được tính toán như sau:

Giá trị hệ số động  $\beta_i$  phụ thuộc vào chu kỳ dao động riêng tính toán  $T_i$  của nhà hoặc công trình theo dạng thứ i khi xác định tải trọng động đất phải lấy theo công thức (3) và (4).

Đối với đất loại I và II theo tính chất động đất khi:

$$\begin{aligned} T_i \leq 0,1s & \quad \beta_i = 1 + 15T_i \\ 0,1s < T_i < 0,4s & \quad \beta_i = 2,5 \end{aligned} \tag{3}$$

$$T_i \geq 0,4s \quad \beta_i = 2,5 \left( \frac{0,4}{T_i} \right)^{0,5}$$

Đối với nền loại III và IV theo tính chất động đất khi:

$$\begin{aligned} T_i \leq 0,1s & \quad \beta_i = 1 + 15T_i \\ 0,4s < T_i < 0,8s & \quad \beta_i = 2,5 \end{aligned} \tag{4}$$

$$T_i \geq 0,8s \quad \beta_i = 2,5 \left( \frac{0,8}{T_i} \right)^{0,5}$$

Trong mọi trường hợp giá trị của hệ số  $\beta_i$  phải lấy không nhỏ hơn 0,8.

$K_\psi$  - hệ số kể đến khả năng tiêu tán năng lượng của dạng kết cấu, lấy theo bảng 5 [2];

$\eta_{ik}^j$  - hệ số, phụ thuộc vào dạng biến dạng của nhà hoặc công trình ở dạng dao động riêng thứ  $i$  của nó, vào điểm đặt tải trọng tính toán và hướng tác động của động đất, được xác định như sau:

Đối với nhà và công trình được tính toán theo mô hình tính toán động lực không gian, khi chịu tác động động đất tịnh tiến đều thì giá trị  $\eta_{ik}^j$  được xác định theo công thức:

$$\eta_{ik}^j = \frac{U_{ik}^j \sum_{p=1}^m \sum_{l=1}^3 m_p^l U_{ip}^l r_l}{\sum_{p=1}^m \sum_{j=1}^6 m_p^j (U_{ip}^j)^2} \quad (5)$$

trong đó:

$U_{ik}^j$  - chuyển dịch theo dạng dao động thứ  $i$  tại điểm nút  $k$  trong mô hình tính toán động lực theo phương tọa độ tổng quát có số thứ tự  $j$  (với  $j = 1, 2, 3$  là chuyển dịch thẳng, khi  $j = 4, 5, 6$  là chuyển dịch xoay);

$m_p^j$  - các đặc trưng quán tính ở điểm nút  $p$ , bằng khối lượng nhà hoặc công trình đặt tại điểm nút  $p$  theo phương trục  $j$  khi  $j = 1, 2, 3$ , còn khi  $j = 4, 5, 6$  thì bằng mô men quán tính của khối lượng đối với tọa độ góc tổng quát;

$r_l$  - cosin các góc giữa phương tác động động đất với trục có số thứ tự  $l$ . Nếu chuyển vị tổng quát dọc theo các trục 1 và 2 tương ứng với mặt phẳng nằm ngang, còn chuyển vị theo trục 3 là thẳng đứng, thì các hệ số này bằng:  $r_1 = \cos \alpha \cos \beta$ ;  $r_2 = \sin \alpha \cos \beta$ ;  $r_3 = \sin \beta$ , trong đó  $\alpha$  - góc giữa phương tác động động đất và tọa độ tổng quát  $l=1$ ,  $\beta$  - góc giữa phương tác động động đất và mặt phẳng nằm ngang.

SP 14.13330.2014 quy định, tác động động đất có thể có phương bất kỳ trong không gian. Có thể hiểu là, về mặt lý thuyết, cần phải xét tất cả các phương, từ đó chọn ra phương mà tác động động đất là nguy hiểm nhất.

Đối với nhà và công trình được tính theo sơ đồ công xôn, giá trị  $\eta_{ik}$  khi tác động động đất tịnh tiến theo phương ngang (đứng) không kể đến mô men quán tính của khối lượng xác định theo công thức:

$$\eta_{ik} = \frac{X_i(x_k) \sum_{j=1}^n m_j X_i(x_j)}{\sum_{j=1}^n m_j X_i^2(x_j)}, \quad (6)$$

trong đó:

$X_i(x_k)$  и  $X_i(x_j)$  - chuyển dịch của nhà hoặc công trình ứng với dạng dao động riêng thứ  $i$  tại điểm  $k$  đang xét và tại tất cả các điểm  $j$ ;

Thứ nguyên của công thức như sau:

- Khi tính toán tải trọng lực động đất  $S_{0ik}^j$  ( $j = 1, 2, 3$ ):  $S_{0ik}^j$  (N),  $m$  (kg); các hệ số trong công thức (2) – không có thứ nguyên;

- Khi tính toán tải trọng mô men động đất  $S_{0ik}^j$  ( $j = 4, 5, 6$ ):  $S_{0ik}^j$  (Nm),  $m$  (kg),  $\eta_{ik}^j$  (1/m); các hệ số còn lại trong công thức (2) – không có thứ nguyên.

Khi tính toán nhà và công trình có chiều dài hoặc chiều rộng lớn hơn 30 m theo mô hình công xôn, phải kể đến mô men xoắn đối với trục đứng của nhà hoặc công trình đi qua tâm cứng của nó. Giá trị độ lệch tâm tính toán giữa tâm cứng và tâm khối lượng của nhà hoặc công trình ở cao độ đang xét lấy không nhỏ hơn 0,1B, trong đó B là kích thước mặt bằng của nhà hoặc công trình theo phương vuông góc với phương tác dụng của lực  $S_{ik}$ .

Tải trọng động đất được xác định ứng với từng chu kỳ dao động riêng cần kể đến, sau đó hệ quả của chúng được tổ hợp dưới dạng căn bình phương bậc hai (SRSS) hoặc tổ hợp bình phương đầy đủ (CQC). Theo mô hình động lực không gian, ứng với mỗi dạng dao động riêng của công trình, tải trọng động đất bao gồm hai lực theo hai phương ngang tổng quát và một mô men xoắn theo phương đứng.

### 3. Kết luận

Bài báo đã trình bày các nội dung chính của phương pháp tính toán tải trọng động đất theo Tiêu chuẩn thiết kế chống động đất mới của Nga SP 14.13330.2014.

Nhìn chung, khi tính toán tải trọng động đất theo SP 14.13330.2014, khâu phức tạp nhất chính là xác định hệ số  $\eta_{ik}^j$ . Đối với nhà cao tầng, cần có sự trợ giúp của phần mềm tính toán để xác định được các đặc trưng động lực học của công trình như tần số dao động, các mode dao động, khối lượng tham gia dao

động, mô men quán tính của các khối lượng,.... Các tham số còn lại của công thức (1), (2) có thể dễ dàng tính toán bằng cách tra bảng hoặc sử dụng các công thức biểu diễn phổ phản ứng đơn giản (3), (4).

Từ góc độ thiết kế thực hành, khi sử dụng ETABS hoặc SAP 2000, đối với TCVN 9386:2012, kỹ sư có thể dễ dàng nhập tải trọng động đất tự động trong phần mềm tính toán theo mô đun tải trọng động đất của Eurocode 8. Nhưng đối với SP 14.13330.2014, người kỹ sư bắt buộc phải tính toán thủ công các giá trị tải trọng động đất, rồi mới nhập vào các phần mềm tính toán. Điều này đòi hỏi người kỹ sư phải nắm chắc

phương pháp tính toán tải trọng động đất, nhất là tính toán các đặc trưng động lực học của công trình.

---

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

---

1. TCVN 9386:2012, Thiết kế công trình chịu động đất. Hà Nội, 2014.
2. СП 14.13330.2014, Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*.
3. СНиП II-7-81\* Строительство в сейсмических районах. Москва 2007.

**Ngày nhận bài: 10/6/2015.**

**Ngày nhận bài sửa lần cuối: 10/7/2015.**