

XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT TÁC DỤNG LÊN CÔNG TRÌNH THEO TCXDVN 375:2006 BẰNG QUY TRÌNH ĐƠN GIẢN

TS. NGUYỄN ĐẠI MINH, KS. NGUYỄN HOÀNG ANH
Viện KHCN Xây dựng

1. Mở đầu

Sau nhiều năm nghiên cứu tích cực [1], Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng đã trình Bộ Xây dựng ban hành tiêu chuẩn xây dựng TCXDVN 375: 2006 *Thiết kế công trình chịu động đất* (Phần 1 và 2) để phục vụ công tác thiết kế và xây dựng kháng chấn. Tiêu chuẩn TCXDVN 375:2006 [2] được biên soạn trên cơ sở chấp nhận Eurocode 8 [3] của châu Âu, trong đó bản đồ phân vùng gia tốc nền là của Việt Nam, chấp nhận đường cong phổ dạng 1 (dùng cho các vùng có cường độ chấn động bề mặt $M_s \leq 5.5$ độ Richter trong Eurocode 8) là đường cong phổ sử dụng trong tiêu chuẩn của ta, hệ số tầm quan trọng và phân cấp và phân loại nhà và công trình có sửa đổi so với tiêu chuẩn châu Âu. Ngoài ra, trong TCXDVN 375:2006, còn bổ sung thêm bảng chuyển đổi từ gia tốc đỉnh đất nền sang các cấp động đất theo thang MSK-64 hay thang Mercally cải tiến (thang MM) để có thể sử dụng khi tính toán theo các tiêu chuẩn động đất khác như SNIIP II-7-81* của Nga [4] hay UBC:1997 của Mỹ [5].

Tuy nhiên, việc áp dụng TCXDVN 375:2006 trong tính toán thiết kế là khó khăn do hệ thống Eurocode chưa được sử dụng nhiều trong thực hành thiết kế ở nước ta và các nội dung trong TCXDVN 375: 2006 và Eurocode 8 được trình bày thiên về khía cạnh nghiên cứu, với nhiều hàm lượng khoa học. Vì vậy, bài báo này trình bày một quy trình tính toán đơn giản có thể giúp các kỹ sư dễ dàng xác định được tải trọng động đất tác dụng lên công trình theo TCXDVN 375:2006 (Phương pháp phân tích tĩnh ngang tương đương).

2. Quy trình tính toán

2.1 Xác định giá trị tỷ số a_{gR}/g

Căn cứ vào bản đồ phân vùng gia tốc nền chu kỳ lặp lại 500 năm cho nền loại A lãnh thổ Việt Nam cho trong TCXDVN 375:2006, hoặc căn cứ phân vùng gia tốc nền theo địa danh hành chính (cũng cho trong tiêu chuẩn này) để xác định giá trị tỷ số a_{gR}/g (trong đó: a_{gR} - đỉnh gia tốc nền tham chiếu ở địa điểm xây dựng công trình, g - gia tốc trọng trường). Tỷ số a_{gR}/g cũng có thể lấy theo số liệu được cung cấp bởi cơ quan chuyên môn có thẩm quyền.

Chú thích: Các giá trị cho trong bản đồ phân vùng gia tốc nền và Bảng phân vùng gia tốc nền theo địa danh hành chính (của tiêu chuẩn TCXDVN 375:2006) thực chất là các giá trị của tỷ số a_{gR}/g . Ngoài ra tham số độ phổ thiết kế $S_d(T)$ trong công thức (4.5) và trong các biểu thức từ (3.13) đến (3.16) của TCXDVN 375:2006 không nói gì đến thứ nguyên của $S_d(T)$. Do vậy trong quy trình tính toán này, để tránh việc nhầm lẫn thứ nguyên, giá trị $S_d(T)$ được thay bằng $\bar{S}_d(T) = S_d(T)/g$ là đại lượng không thứ nguyên.

2.2. Mức độ và hệ số tầm quan trọng

Mức độ quan trọng được đặc trưng bởi hệ số tầm quan trọng γ . Giá trị của γ xác định theo điều 4.2.5 và Bảng 4.3 của TCXDVN 375:2006 ($\gamma = 1,25, 1,00$ và $0,75$ tương ứng với công trình loại I, II và III).

2.3. Xác định giá trị gia tốc đỉnh đất nền thiết kế

Gia tốc đỉnh đất nền thiết kế a_g ứng với trạng thái giới hạn cực hạn xác định như sau (thông qua g):

$$a_g/g = a_{gR}/g * \gamma \quad (1)$$

Chú ý: TCXDVN 375: 2006 quy định:

- Động đất mạnh $a_g/g \geq 0.08$, phải tính toán và cấu tạo kháng chấn.
- Động đất yếu $0.04 \leq a_g/g < 0.08$, chỉ cần áp dụng các giải pháp kháng chấn đã được giảm nhẹ.
- Động đất rất yếu $a_g/g < 0.04$, không cần thiết kế kháng chấn.

2.4. Nhận dạng điều kiện đất nền theo tác động động đất

Có 7 loại nền đất theo phân loại nền đất theo TCXDVN 375:2006, bao gồm: A, B, C, D, E, S1 và S2. Căn cứ vào mặt cắt địa tầng và các số liệu khảo sát địa chất công trình tại khu vực xây dựng và điều kiện đất nền theo tác động động đất trong quy định trong điều 3.1.2 và Bảng 3.1 của TCXDVN 375:2006 để nhận dạng nền đất phục vụ việc tính toán kháng chấn.

Chú ý: Trường hợp sử dụng móng cọc bê tông cốt thép, có thể lấy đặc trưng nền theo loại đất từ vị trí đặt mũi cọc đến độ sâu ít nhất 5m kể từ mũi cọc.

2.5. Xác định hệ số ứng xử q của kết cấu

a. Đối với kết cấu bê tông cốt thép:

- Đối với hệ khung hoặc hệ khung tương đương (hỗn hợp khung – vách), có thể xác định gần đúng hệ số ứng xử q như sau (cấp dẻo trung bình):

$$q = 3.3 - \text{nà một tầng;}$$

$$q = 3.6 - \text{nà nhiều tầng, khung một nhịp}$$

- $q = 3.9$ - nhà nhiều tầng, khung nhiều nhịp hoặc kết cấu hỗn hợp tương đương khung.
- Đối với hệ vách cứng hoặc vách cứng có lỗ:
 - $q = 3.6$ - hệ kết cấu hỗn hợp tương đương vách cứng, hoặc hệ vách cứng có lỗ (hệ tường có dầm liên kết);
 - $q = 3.0 \cdot k_w$ - hệ tường/vách cứng chỉ có hai tường/vách cứng (không phải là vách cứng có lỗ);
 - $q = 3.1 \cdot k_w$ - các hệ vách cứng không phải là vách cứng có lỗ;
- trong đó k_w xác định theo biểu thức (2):

$$0.5 < k_w = (1 + \alpha_0)/3 \leq 1 \quad (2)$$

$$\text{mà } \alpha_0 = \sum h_{wi} / \sum l_{wi} \quad (3)$$

Trong công thức (3):

h_{wi} – chiều cao tường thứ i , l_{wi} – là độ dài của tường thứ i .

b. Đối với kết cấu thép:

- Đối với hệ kết cấu đều đặn theo cả chiều cao và mặt bằng (xem TCXDVN 375: 2006) thì giá trị giới hạn trên của hệ số ứng xử q có thể lấy theo Bảng 1 như dưới đây.

Bảng 1. Giá trị giới hạn trên của hệ số ứng xử q cho hệ kết cấu thông thường

Dạng kết cấu	Phân loại cấp dẻo
	DCM (trung bình)
a) Khung chịu mômen	4
b) Khung có hệ giằng đúng tâm	4
Hệ giằng chéo	4
Hệ giằng chữ V	2
c) Khung với hệ giằng lệch tâm	4
d) Khung chịu mômen kết hợp với hệ giằng đúng tâm	4
e) Khung chịu mômen kết hợp với tường chèn.	2
Tường xây chèn hoặc bê tông không được liên kết mà chỉ tiếp giáp với khung.	4
Tường chèn phân cách với khung chịu mômen (xem phần khung chịu mômen).	4

Lý giải: TCXDVN 375:2006 và Eurocode 8 quy định các nhà thép chịu được động đất cần được thiết kế theo một trong hai quan niệm sau:

- a) Kết cấu có khả năng tiêu tán năng lượng thấp (quan niệm a);
- b) Kết cấu có khả năng tiêu tán năng lượng (quan niệm b).

Theo quan niệm a, nội lực có thể được tính toán trên cơ sở phân tích đàn hồi tổng thể mà không xét đến sự làm việc phi tuyến của vật liệu. Cũng theo quan niệm a, khả năng chịu lực của các cấu kiện và các mối liên kết cần được tính toán theo tiêu chuẩn EN 1993 (Eurocode 3 – Tiêu chuẩn kết cấu thép của châu Âu, tương ứng với TCVN 5573:1991 hay TCXDVN 338:2005) mà không cần bổ sung thêm các yêu cầu khác.

Theo quan niệm b, khả năng chịu tác động động đất của các bộ phận (vùng tiêu tán năng lượng) của kết cấu phải tính đến sự làm việc ngoài giới hạn đàn hồi. Các kết cấu được thiết kế theo quan niệm b phải có độ mềm dẻo thuộc cấp dẻo trung bình hoặc cao (DCM hoặc DCH).

Nguy cơ động đất ở Việt Nam là từ thấp đến trung bình. Thực tế các kết cấu xây dựng ở Việt Nam phần lớn thỏa mãn yêu cầu về cấp dẻo trung bình, có hệ số ứng xử cao hơn hoặc bằng so với kết cấu bê tông cốt thép. Rất hiếm khi gặp các loại kết cấu thép có độ dẻo hay độ tiêu tán năng lượng thấp hơn so với kết cấu bê tông cốt thép. Vì vậy, việc lựa chọn hệ số ứng xử cho trong Bảng 1 là hợp lý, kinh tế và có thể chấp nhận được khi tính toán động đất trong điều kiện kinh tế kỹ thuật của nước ta hiện nay.

2.6. Xác định chu kỳ dao động riêng cơ bản của công trình

- a. Đối với nhà và công trình có chiều cao không lớn hơn 40m, giá trị T_1 (tính bằng s) có thể tính gần đúng theo biểu thức sau:

$$T_1 = C_t \cdot H^{3/4} \quad (4)$$

Trong đó:

$C_t = 0.085$ đối với khung thép không gian chịu mômen;

$C_t = 0.075$ đối với khung bê tông không gian chịu mômen và khung thép có giằng lệch tâm;

$C_t = 0.050$ đối với các kết cấu khác;

H là chiều cao của công trình (tính bằng m) từ mặt móng hoặc đỉnh của phần cứng phía dưới.

- b. Có thể áp dụng các công thức gần đúng khác như của UBC:1997, SNiP II-7-81* hay của các tài liệu kỹ thuật chuyên ngành khác [6, 7] (ví dụ: $T=0.1n$ đối với nhà cao tầng có n tầng bằng khung bê tông cốt thép v.v.) hoặc sử dụng các chương trình máy tính và mô hình phần tử hữu hạn (SAP 2000, STAAD III, InfoCAD v.v.) để xác định chu kỳ dao động riêng của nhà và công trình.

2.7. Phổ thiết kế dùng cho phân tích đàn hồi

Như đã nói ở trên, khác với TCXDVN 375:2006, phổ thiết kế trong quy trình này là đại lượng không thứ nguyên, ký hiệu là $\bar{S}_d(T)$ và $\bar{S}_d(T) = S_d(T)/g$ (trong đó $S_d(T)$ là phổ thiết kế sử dụng trong TCXDVN 375:2006).

Đối với các thành phần nằm ngang của tác động động đất, phổ thiết kế $\bar{S}_d(T)$ được xác định bằng các biểu thức sau:

$$0 \leq T \leq T_B : \bar{S}_d(T) = \frac{a_g}{g} S \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (5)$$

$$T_B < T \leq T_C : \bar{S}_d(T) = \frac{a_g}{g} S \frac{2.5}{q} \quad (6)$$

$$T_C < T \leq T_D : \bar{S}_d(T) \begin{cases} = \frac{a_g}{g} S \frac{2.5 T_C}{q T} \\ \geq \beta \frac{a_g}{g} \end{cases} \quad (7)$$

$$T_D < T : \bar{S}_d(T) \begin{cases} = \frac{a_g}{g} S \frac{2.5 T_C T_D}{q T^2} \\ \geq \beta \frac{a_g}{g} \end{cases} \quad (8)$$

Trong đó:

S, T_B, T_C và T_D , xác định theo Bảng 3.2 của TCXDVN 375:2006.

T - Chu kỳ dao động của hệ (1 bậc tự do);

$\beta = 0.2$ (hệ số ứng với cận dưới của phổ thiết kế theo phương ngang).

2.8. Xác định tải trọng động đất theo phương pháp tính lực ngang tương đương

a. Điều kiện áp dụng:

Phương pháp tính lực ngang tương đương có thể áp dụng nếu nhà và công trình đáp ứng được cả hai điều kiện sau:

- Có các chu kỳ dao động cơ bản T_1 theo hai hướng chính nhỏ hơn các giá trị sau:

$$T_1 \leq \begin{cases} 4.T_C \\ 2.0s \end{cases} \quad (9)$$

- Thỏa mãn những tiêu chí về tính đều đặn theo chiều cao.

b. Lực cắt đáy:

Theo TCXDVN 375:2006, theo mỗi hướng ngang được phân tích, lực cắt đáy động đất F_b được xác định theo biểu thức sau:

$$F_b = \bar{S}_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda \quad (10)$$

trong đó:

$\bar{S}_d(T_1)$ - Tung độ của phổ thiết kế (xem mục 2.7) tại chu kỳ T_1 ;

T_1 - Chu kỳ dao động cơ bản của nhà và công trình do chuyển động ngang theo hướng đang xét;

W : - Tổng trọng lượng của nhà và công trình ở trên móng hoặc ở trên đỉnh của phần cứng phía dưới.

$\lambda = 0.85$ nếu $T_1 \leq 2 T_C$ với nhà và công trình có trên 2 tầng, $\lambda = 1.0$ với các trường hợp khác.

c. Phân bố lực động đất theo phương ngang:

Khi dạng dao động cơ bản được lấy gần đúng bằng các chuyển vị ngang tầng tuyến tính dọc theo chiều cao, lực ngang F_i tính bằng:

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i W_i}{\sum z_j W_j} \quad (11)$$

trong đó:

z_i và z_j là độ cao của trọng lượng W_i và W_j so với điểm đặt tác động động đất (mặt móng hoặc đỉnh của phần cứng phía dưới).

3. Ví dụ tính toán

Một công trình bằng bê tông cốt thép 11 tầng cao 40m, nền móng cọc khoan nhồi bê tông cốt thép tựa trên nền đá loại A theo Eurocode 8 (đá vôi và đá cát kết) hay loại B theo UBC:1997, đỉnh gia tốc nền tham chiếu tại địa điểm xây dựng công trình $a_{gR} = 0.0806g$ (tương đương vùng IIA theo UBC:1997 hay cấp VII theo MSK-64).

So sánh giữa tính toán lực động đất tác dụng lên công trình theo tiêu chuẩn UBC:1997 và theo tiêu chuẩn Việt Nam TCXDVN- 375:2006.

a. Theo UBC:1997

Vùng động đất: Vùng IIA
 Hệ số vùng: $Z=0.15$
 Loại đất nền: S_B
 Hệ số C_v : $C_v=0.15$
 Hệ số tầm quan trọng I : $I=1.0$
 Hệ số phụ thuộc loại kết cấu: $R=5.5$ (khung bê tông cốt thép chịu mô men)
 Khung bê tông: $C_t=0.0731$
 Chiều cao nhà h_n : $h_n=40$ (m)
 Chu kỳ cơ bản T : $T=C_t*(h_n)^{3/4} = 0.0731*40^{3/4}=1.16$ s.
 Tổng trọng lượng kết cấu: W
 Tổng lực cắt đáy V : $V=(C_v*I)/(R*T) * W$
 $V=0.15*1.0/(5.5*1.16) * W = 0.0235W$
 Lực cắt đáy $V \geq V_{min} = 0.11*C_a*I*W=0.11*0.15*1*W = 0.0165W$
 Lực cắt đáy $V \leq V_{max}=(2.5*C_a*I/R)*W=(2.5*0.15*1/5.5)*W = 0.0682W$
 Vậy lực cắt đáy V bằng: $V=0.0235*W$ (15)

b. Theo TCXDVN 375:2006

Xác định tỉ số a_{gR}/g : 0.0806
 Hệ số tầm quan trọng γ : $\gamma = 1.0$
 Xác định tỉ số a_g/g : $a_g/g = 0.0806$
 Loại đất nền: $A: S=1.0, T_B=0.15, T_C=0.4, T_D=2$
 Hệ số ứng xử: $q = 3.6$ (khung BTCT nhiều tầng nhiều nhịp)
 Khung bê tông: $C_t=0.075$
 Chiều cao nhà H : $H=40$ (m)
 Chu kỳ cơ bản T_1 : $T_1=C_t*(H)^{3/4} = 0.075*40^{3/4} = 1.19$ s.
 Như vậy: $T_1 < 4T_C = 1.6$ s và 2.0 s
 Thỏa mãn điều kiện tính theo phương pháp tĩnh lực ngang tương đương
 Tổng trọng lượng kết cấu: W

Phổ thiết kế $\bar{S}_d(T)$: $\bar{S}_d(T) = 0.0188$

Tổng lực cắt đáy F_b : $F_b = 0.0188*W$ (16)

d. Nhận xét:

So sánh (15) và (16), nếu tính theo TCXDVN 375:2006 thì lực động đất sẽ xấp xỉ 80% lực động đất tính theo UBC:1997. Tuy nhiên, khi tính theo UBC:1997 nhưng với hệ số vùng lấy thẳng từ giá trị đỉnh gia tốc nền (= a_g/g) thì $V= 0.014*W$. Và lực động đất tính theo UBC:1997 sẽ bằng khoảng 77% lực động đất tính theo TCXDVN 375:2006 (cả hai đều tính thẳng từ gia tốc nền).

4. Kết luận

Bài báo này đã trình bày quy trình tính toán đơn giản xác định tải trọng động đất tác dụng lên công trình theo TCXDVN 375:2006 (phương pháp phân tích tĩnh lực ngang tương đương). Trong quy trình này, đã sử dụng tỉ số a_{gR}/g và tham số phổ thiết kế $\bar{S}_d(T)$ – là các tham số không thứ nguyên, với mục đích tránh nhầm lẫn khi tính lực động đất F_b theo công thức (4.5) của TCXDVN 375 :2006 do có thể áp dụng sai đơn vị của gia tốc trọng trường và khối lượng kết cấu. Quy trình này là đơn giản, rõ ràng, các kỹ sư có thể dễ dàng áp dụng trong tính toán thiết kế thông qua các bảng tính lập trên EXCEL [8]. Khi tính toán thiết kế hay tính toán kiểm tra, có thể kiểm soát các kết quả tính toán.

Ngoài ra, ví dụ tính toán cho thấy lực động đất tính toán theo TCXDVN 375:2006 thấp hơn so với lực động đất tính theo UBC:1997 (nếu quy đổi theo vùng). Tuy nhiên, nếu cùng tính trực tiếp từ gia tốc nền, lực động đất tính theo TCXDVN 375:2006 lớn hơn so với UBC:1997.

Theo kinh nghiệm của chúng tôi, giá trị lực động đất vào khoảng 1.88% tổng khối lượng công trình (đối với nhà cao 11 tầng trên nền loại A) nếu tính theo TCXDVN 375:2006 là có thể chấp nhận được (cả về mặt kinh tế và kỹ thuật).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. NGUYỄN ĐĂNG BÍCH và các cộng tác viên. Thuyết minh tiêu chuẩn xây dựng TCXDVN 375 : 2006 Thiết kế công trình chịu động đất (Phần 1 và 2). Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, Hà Nội, Việt Nam, 2006.

2. TCXDVN 375:2006 Thiết kế công trình chịu động đất. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, Việt Nam.
3. Eurocode 8 Design of structures for earthquake resistance. BS EN 1998-1:2004, British Standard institution, UK, April, 2005.
4. SNiP II-7-81* Xây dựng trong vùng có động đất – Tiêu chuẩn và nguyên tắc thiết kế, Moskva, Nga (tiếng Nga), 1996.
5. UBC:1997 Uniform Building Code, International Conference of Building Officials, Whittier, CA, USA, 1997.
6. KORCHINSKYI, I. L. và những người khác Seismostoikoe stroitelstvo zdanyi (Cơ sở xây dựng kháng chấn nhà cửa). Visshaia skola, Moskva, Liên Xô (cũ), 1971 (tiếng Nga).
7. Ove Arup & Partners. Concrete structures in earthquake regions: Design and analysis, Edited by Edmund Booth. Longman Scientific & Technical, England, 1994, 366p.
8. NGUYỄN ĐẠI MINH VÀ NGUYỄN HOÀNG ANH. Chương trình EXCEL xác định tải trọng động đất tác dụng lên kết cấu theo TCXDVN 375:2006. Tài liệu nội bộ áp dụng trong thiết kế.