NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN TÁC ĐỘNG CỦA TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT LÊN KẾT CẤU CHỐNG GIỮ ĐƯỜNG HẦM

Đỗ Ngọc Thái
Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Nguyễn Thế Mộc Chân
Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông vận tải
Email: dongocthai@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, đường hầm đóng vai trò rất quan trọng trong hệ thống giao thông và cơ sở hạ tầng của đô thị. Sự mất ổn định của đường hầm sẽ gây ảnh hưởng đến độ an toàn, ổn định của hệ thống giao thông và cơ sở hạ tầng đô thị. Từ các trận động đất gần đây cho thấy, đường hầm chịu tác động của tải trọng động đất, thậm chí các trận động đất cường độ tác động mạnh có thể gây phá hủy đường hầm, do đó việc thận trọng trong thiết kế kết cấu chống giữ đường hầm chịu động đất là rất quan trọng. Các đường hầm chịu tác động động đất thì điều kiện tiếp xúc giữa kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh xảy ra hai trường hợp là trượt toàn phần (full-slip) và không trượt (no-slip). Bài báo trình bày ảnh hưởng của tải trọng động đất tác động lên đường hầm và phương pháp tính tác động của tải trọng động đất lên kết cấu chống giữ đường hầm.

Từ khóa: *công trình ngầm, đường hầm, vỏ chống đường hầm, động đất, phân tích địa chấn*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công tác xây dựng công trình ngầm đang phát triển để đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế đất nước, đặc biệt là các đường hầm giao thông, đường hầm dẫn nước của nhà máy thủy điện hay các đường lò khai thác khoáng sản có ích. Trong những năm gần đây, tại các thành phố lớn như thủ đô Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh đang triển khai dự án xây dựng các tuyến đường hầm tàu điện ngầm để đáp ứng nhu cầu giao thông công cộng của thành phố. Trong thời gian tồn tại, các đường hầm có thể chịu tác động của nhiều loại hình tải trọng khác nhau, từ bên trong đường hầm hoặc từ môi trường khối đất xung quanh, trong đó có tải trọng gây ra do động đất.

Theo sơ đồ phân vùng động đất trên lãnh thổ Việt Nam thì nhiều khu vực có khả năng xảy ra động đất, thậm chí một số vùng thuộc khu vực phía Bắc có khả năng xảy ra động đất cấp VIII (6,0÷6,8 độ Richter). Năm 1983, Hà Nội bị ảnh hưởng của dư chấn động đất cường độ 4÷5 độ Richter. Thành phố Hồ Chí Minh và các tỉnh phía Nam, từ năm 2005 đến nay đã xảy ra hàng loạt trận động đất. Trong thực tế đã có nhiều sự cố phá hủy đường hầm do động đất đã được ghi nhận trên thế giới, ví dụ trận động đất ở Kobe, Nhật Bản năm 1995; Chi Chi, Đài Loan năm 1999; Bolu, Thổ Nhĩ Kỳ năm 1999; Baladeh, Iran năm 2004; gần đây là Tứ Xuyên, Trung Quốc năm 2008,... cho thấy sự cần thiết phải đánh giá khả năng mất ổn định của đường hầm trong điều kiện chịu tác động của tải trọng động đất.

Bài báo nghiên cứu ảnh hưởng của tác động tải trọng động đất đến kết cấu chống giữ đường hầm và phương pháp tính toán kết cấu chống giữ đường hầm chịu tác động của động đất trong điều kiện xuất hiện trượt toàn phần giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh (full-slip) và điều kiện không trượt giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh (no-slip) làm cơ sở cho công tác thiết kế kết cấu chống giữ đường hầm, nâng cao chất lượng xây dựng.

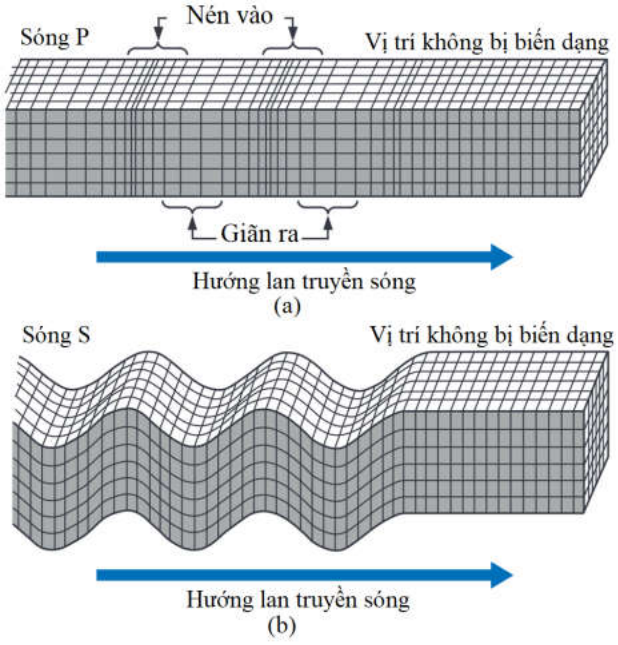
2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Ảnh hưởng của tải trọng động đất đến kết cấu chống giữ đường hầm

Động đất là hiện tượng dao động rất mạnh nền đất xảy ra khi một nguồn năng lượng lớn được giải phóng trong thời gian rất ngắn do sự nứt rạn đột ngột trong phần vỏ của trái đất. Trung tâm của các chuyển động địa chấn, nơi phát ra năng

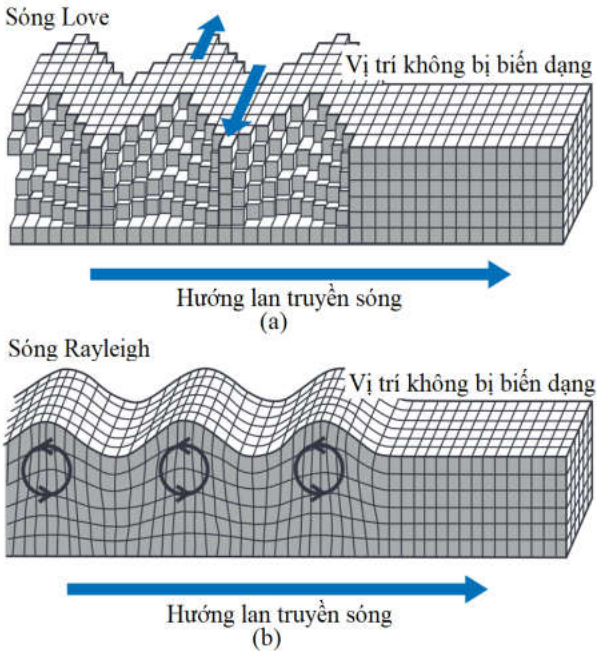
lượng được quy về một điểm được gọi là chấn tiêu [1]. Năng lượng giải phóng từ chấn tiêu được lan truyền tới bề mặt trái đất dưới dạng sóng. Có 3 loại sóng đàn hồi cơ bản gây ra chấn động làm phá hủy công trình xây dựng. Trong đó có 2 loại sóng có thể truyền từ chấn tiêu qua nền đá cứng ra môi trường bao quanh được gọi là sóng khối, còn loại sóng chỉ lan truyền trong vùng sát mặt đất thì được gọi là sóng mặt.

- Sóng khối bao gồm hai loại khác nhau là sóng dọc và sóng ngang: Sóng dọc được lan truyền nhờ sự thay đổi thể tích vật chất, gây ra biến dạng kéo và nén trong lòng đất, sóng dọc còn được gọi là sóng sơ cấp ký hiệu là P. Hướng chuyển động của các hạt vật chất trùng với hướng di chuyển của sóng. Sóng ngang có hướng chuyển động của các hạt vật chất vuông góc với hướng di chuyển của sóng, sóng ngang gây ra hiện tượng xoắn và cắt. Vì vậy sóng ngang còn có tên gọi là sóng cắt hay sóng thứ cấp, ký hiệu là S. Biến dạng của nền đất do sóng khối gây ra được thể hiện trên Hình H.1.



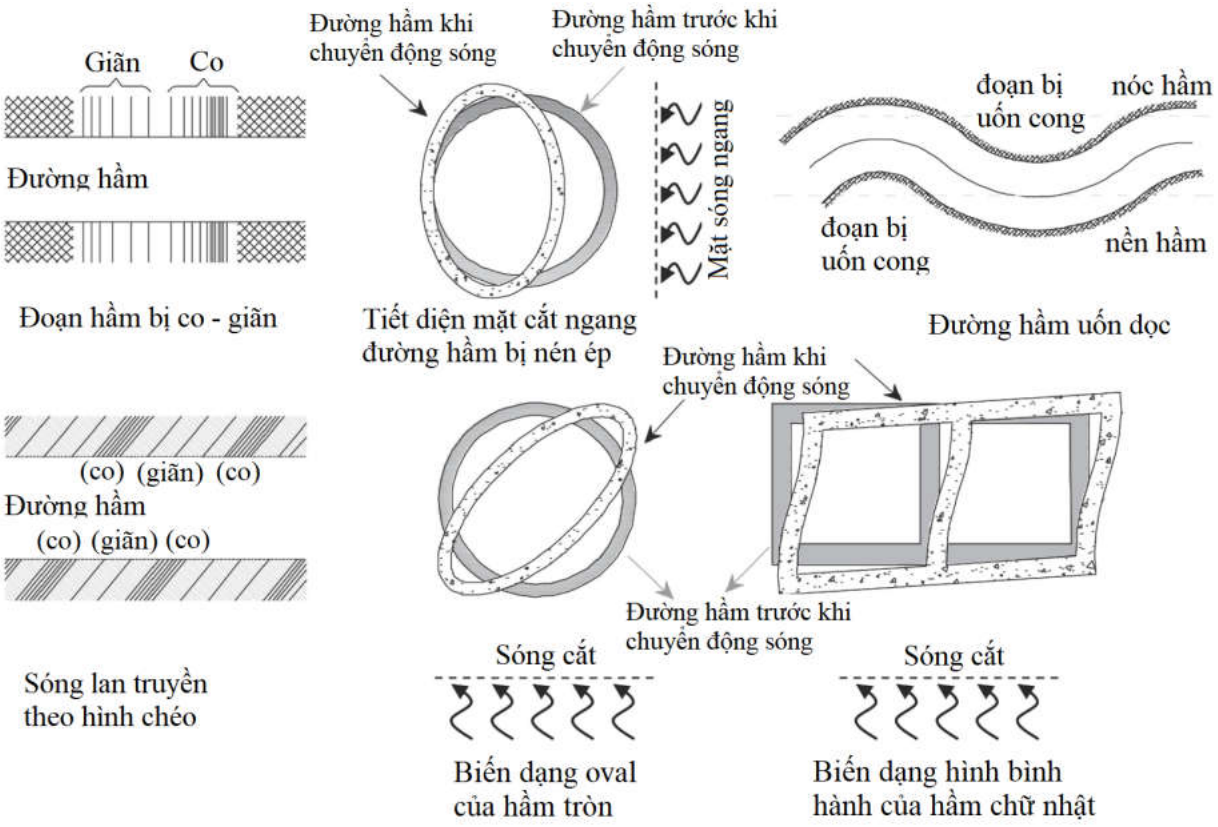
H.1. Biến dạng nền đất do sóng khối gây ra: a - Sóng P; b - Sóng Q

- Sóng mặt khi lan truyền lên tới mặt đất phản xạ trở lại tạo thành các sóng mặt gây ra chuyển động nền đất ở lớp mặt đất, có 2 loại sóng mặt là sóng Rayleigh và sóng Love. Sóng Rayleigh làm cho các phần tử vật chất chuyển động theo một quỹ đạo hình elip trong mặt phẳng thẳng đứng song song với hướng truyền sóng, chuyển động này gây ra hiện tượng nén, kéo và cắt trong nền đất. Sóng Love có chuyển động tương tự như sóng S nhưng không có thành phần thẳng đứng, sóng làm cho các phần tử vật chất chuyển động trong mặt phẳng nằm ngang song song với mặt đất, vuông góc với hướng truyền sóng. Biến dạng của nền đất do sóng mặt gây ra được thể hiện trong Hình H.2.



H.2. Biến dạng nền đất do sóng mặt gây ra: a - Sóng Love; b - Sóng Rayleigh

Sóng đàn hồi động đất tác động lên đường hầm, các biến dạng trượt của đất xuất hiện do lan truyền sóng cắt là ảnh hưởng tác động chủ yếu của tải trọng động đất gây ra. Các tác động này làm biến dạng mặt cắt ngang đường hầm dạng tròn thành hình oval, làm biến dạng mặt cắt ngang đường hầm dạng hình chữ nhật thành hình bình hành và làm chuyển vị dọc trục thì đường hầm bị dãn nở hoặc bị uốn cong. Biến dạng lớn nhất của các dạng trên được tạo nên do sóng lan truyền theo phương vuông góc trục hầm, còn biến dạng dọc và uốn được hình thành bởi sóng dọc lan truyền dọc trục hầm. Vỏ đường hầm bị biến dạng khi sóng động đất tác độngvuông góc trục hầm được thể hiện trên Hình H.3.



H.3. Vỏ đường hầm bị biến dạng khi sóng động đất tác độngvuông góc trục hầm [5]

Trên thế giới đã có các báo cáo, tổng hợp những thiệt hại, phá hủy công trình ngầm do tác động của tải trọng động đất gây ra từ những năm 1970. Sự cố phá hủy ga tàu điện ngầm Daikai ở Kobe, Nhật Bản trong trận động đất Hyogoken-Nambu năm 1995 được thể hiện trên Hình H.4 cho thấy các đường hầm có thể bị phá hủy bởi tác động tải trọng động đất [4]. Từ sau sự cố phá hủy ga tàu điện ngầm Daikai ở Kobe, Nhật Bản; sự cố sập hầm Bolu ở Thổ Nhĩ Kỳ trong trận động đất Düzce năm 1999 cũng như sự hư hỏng của đường hầm Longxi ở Trung Quốc trong trận động đất Tứ Xuyên năm 2008 (xem Hình H.5) thì công tác thiết kế kháng chấn đối với đường hầm đã được chú trọng hơn.

a) b)

H.4. Sự cố phá hủy ga tàu điện ngầm Daikai ở Kobe, Nhật Bản trong trận động đất Hyogoken-Nambu năm 1995 [4]: a - Phá hủy lên đến mặt đường do sập đường hầm tàu điện ngầm; b - Phá hủy nhà ga tàu điện ngầm

a - Phá hủy cửa hầm phía đông của đường hầm *b - Phá hủy vỏ chống đường hầm*

H.5. Sự cố sập đường hầm Longxi trong trận động đất ở Tứ Xuyên năm 2008, [4]

Trong trận động đất Chi Chi năm 1999 ở Đài Loan, một số lượng lớn các đường hầm được xây dựng trên núi đã bị hư hỏng ở các mức độ khác nhau [4]. Đặc biệt, 26% trong số 50 đường hầm nằm trong phạm vi cách tâm chấn một khoảng cách 25 km đã bị hư hỏng nghiêm trọng, trong khi hơn 20% đường hầm bị hư hỏng ở mức độ vừa phải. Các loại hư hỏng khác nhau đã được ghi chép lại, bao gồm: tạo ra vết nứt, mảng vỡ trên lớp vỏ chống đường hầm, hư hỏng cửa hầm, vỏ hầm bị thấm nước, cốt thép vỏ hầm bị vênh và lộ ra, lớp vỏ hầm bị dịch chuyển.

Các thiệt hại nghiêm trọng đã được quan sát thấy khi đường hầm được xây dựng ở gần với các sườn dốc hoặc tại các cửa hầm gần mặt đất. Các đường hầm được xây dựng ở vị trí sâu hơn thì vận hành tốt hơn, có thiệt hại về động đất là nhỏ hơn. Kết quả ghi nhận tại hiện trường cho thấy các thông số địa chấn sau đây là quan trọng có ảnh hưởng đến độ ổn định của các đường hầm: cường độ động đất, độ sâu và khoảng cách đến tâm chấn, đặc tính hình học của lớp vỏ hầm, độ sâu xây dựng đường hầm và sự thay đổi đột ngột của hình dạng tiết diện ngang đường hầm.

2.2. Phương pháp tính toán tải trọng động đất lên kết cấu chống giữ đường hầm

2.2.1. Phương pháp của Wang (1993)

Phương pháp Wang (1993) là phương pháp giải tích đầu tiên tính toán nội lực của kết cấu chống giữ đường hầm ở hai điều kiện: điều kiện trượt toàn phần giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh; điều kiện không trượt giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh khi đường hầm chịu tác động động đất.

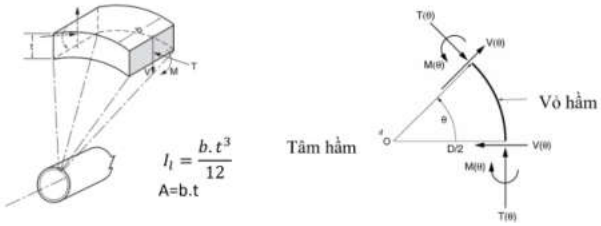
Sơ đồ tính nội lực trong vỏ hầm tiết diện tròn được xét cho 1 phần tử vỏ hầm khi sóng động đất tác động vuông góc trục hầm được thể hiện trên Hình H.6. Để xác định độ cứng tương đối giữa vỏ hầm và môi trường khối đất xung quanh, sử dụng hai hệ số truyền ứng suất khi chịu nén C và khi chịu uốn F.

Ta có:

$$C = \frac{E_m\left(1-v_1^2\right).r}{E_1 t(1+v_m)(1-2v_m)}, \quad (1)$$

$$F = \frac{E_m\left(1-v_1^2\right)r^3}{6E_1 I_l(1+v_m)}, \quad (2)$$

Trong đó: E_m – Mô đun đàn hồi của lớp đất, kPa; u_m – Hệ số Poisson của lớp đất; E_1 – Mô đun đàn hồi của vỏ hầm, kPa; u_1 – Hệ số Poisson của vỏ hầm; r – Bán kính đường hầm, m; t – Chiều dày lớp vỏ hầm, m; I_l – Mô men quán tính của vỏ hầm.



H.6. Sơ đồ tính nội lực vỏ hầm, xét cho một phần tử khi sóng động đất tác động vuông góc trục hầm [5]

Theo Wang (1993), bằng phương pháp giải tích xác định được các nội lực vỏ hầm như mô men uốn cực đại M_{max}, lực dọc cực đại vỏ hầm N_{max} như sau:

- Trong điều kiện xuất hiện sự trượt toàn phần giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh:

$$M_{\max} = \pm\frac{1}{6}K_1\frac{E_m}{(1+v_m)}r^2 g_{\max}, \quad (3)$$

$$N_{\max} = \pm\frac{1}{6}K_1\frac{E_m}{(1+v_m)}r g_{\max}, \quad (4)$$

Trong đó: K_1 – Hệ số truyền ứng suất lên vỏ hầm; r – Bán kính đường hầm, m; g_{max} – Biến dạng trượt cực đại; V_s – Vận tốc chuyển động đạt đỉnh, m/s; C_s – vận tốc lan truyền sóng, m/s.

$$K_1 = \pm\frac{12(1-v_m)}{2F+5-6v_m},$$

$$g_{\max} = \frac{V_s}{C_s},$$

Theo các kết quả nghiên cứu, khả năng xảy ra khi động đất, sự xuất hiện sự trượt toàn phần giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh chỉ xảy ra đối với các đường hầm ở vùng đất yếu hoặc khi cường độ tải trọng động đất là nghiêm trọng.

Trong quá trình thiết kế, tính toán lực dọc cực đại trong kết cấu chống vỏ hầm cần phải xét đến lực dính nghĩa là bỏ qua sự trượt giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh (no-slip), theo Wang lực dọc cực đại N_{max} được xác định theo biểu thức:

$$N_{\max} = \pm K_2\frac{E_m}{2(1+v_m)}r g_{\max}, \quad (5)$$

Trong đó: K_2 – hệ số truyền ứng suất lên vỏ hầm, được xác định theo công thức:

$$K_2 = 1+\frac{F[(1-2v_m)-(1-2v_m)C]-\frac{1}{2}(1-2v_m)^2+2}{F[(3-2v_m)-(1-2v_m)C]+C\left[\frac{5}{2}-8v_m+6v_m^2\right]+6-8v_m},$$

2.2.2. Phương pháp của Penzien (2000)

Penzien (2000) đã đề xuất phương pháp tính toán nội lực trong kết cấu chống giữ đường hầm tiết diện tròn chịu tác động động đất được xác định như sau:

Trong điều kiện xuất hiện sự trượt toàn phần giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh, nội lực vỏ hầm được xác định theo công thức:

$$N_{(\theta)} = -\frac{12E_1I_l\Delta D^n_{lining}}{D^3(1-v_1^2)}\cos 2\left(\theta+\frac{\pi}{4}\right), \quad (6)$$

$$M_{(\theta)} = -\frac{6E_1I_l\Delta D^n_{lining}}{D^2(1-v_1^2)}\cos 2\left(\theta+\frac{\pi}{4}\right), \quad (7)$$

$$V_{(\theta)} = -\frac{24E_1I_l\Delta D^n_{lining}}{D^3(1-v_1^2)}\sin 2\left(\theta+\frac{\pi}{4}\right), \quad (8)$$

Trong đó: E_1 – Mô đun đàn hồi vỏ hầm, kPa; u_1 – Hệ số Poisson của vỏ hầm; D – Đường kính đường hầm, m; I_l – Mô men quán tính của vỏ hầm.

Hằng số: ΔD^n_{lining} xác định theo công thức:

$$\Delta D^n_{lining} = R^n\Delta D_{free-field} = R^n\frac{g_{\max}D}{2},$$

Với hệ số: $R^n = \pm\frac{4(1-v_n)}{\alpha^n+1}$

Trong đó

$\alpha^n = \frac{12E_1I_l(5-6v_m)}{D^3G_m(1-v_1^2)}$ với G_m – là mô đun biến dạng trượt của lớp đất xung quanh , kPa.

$$G_m = \frac{E_m}{2(1+v_m)} = \rho.C_m^2$$

ρ – khối lượng thể tích của lớp đất, kg/m³.

C_s – vận tốc truyền sóng, m/s.

Trong điều kiện không xuất hiện sự trượt giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh (no-slip), nội lực trong kết cấu chống giữ đường hầm được xác định theo công thức:

$$N_{(\theta)} = -\frac{24E_1I_l\Delta D_{lining}}{D^3(1-v_1^2)}\cos 2\left(\theta+\frac{\pi}{4}\right), \quad (9)$$

$$M_{(\theta)} = -\frac{6E_1I_l\Delta D_{lining}}{D^2(1-v_1^2)}\cos 2\left(\theta+\frac{\pi}{4}\right), \quad (10)$$

$$V_{(\theta)} = -\frac{24E_1I_l\Delta D_{lining}}{D^3(1-v_1^2)}\sin 2\left(\theta+\frac{\pi}{4}\right), \quad (11)$$

Trong đó: Hằng số: ΔD_{lining} xác định theo công thức: $\Delta D_{lining} = R\Delta D_{free-field} = R\frac{g_{\max}D}{2}$,

Hệ số R được xác định theo công thức: $R = \pm\frac{4(1-v_m)}{\alpha+1}$ với $\alpha = \frac{24E_l I_l (3-4v_m)}{D^3 G_m (1-v_1^2)}$.

2.2.3. Phương pháp phần tử hữu hạn

Sử dụng chương trình Plaxis để tính toán nội lực trong vỏ chống đường hầm khi chịu tác động của tải trọng động đất. Mô hình vật liệu sử dụng trong bài toán: lớp đất sử dụng mô hình Mohr-Coulomb (MC); vỏ hầm sử dụng mô hình đàn hồi.

Tiến hành xác định nội lực trong vỏ hầm dưới tác độngcủa tải trọng động đất có giản đồ gia tốc theo thời gian như trên Hình H.7. Nội lực trong vỏ hầm được phương pháp xác định như sau [6]:

$$[M]_n\{\ddot{u}\}_n + [C]_n\{\dot{u}\}_n + [K]_n\{u\}_n = \{F\}_n \cdot$$

Trong đó: $[M],[C],[K]$ – ma trận khối, ma trận cản và ma trận độ cứng; $\{\ddot{u}\},\{\dot{u}\},\{u\}$ – véc tơ gia tốc, véc tơ vận tốc và véc tơ chuyển vị; $\{\ddot{u}_g\}$ – véc tơ gia tốc nền.

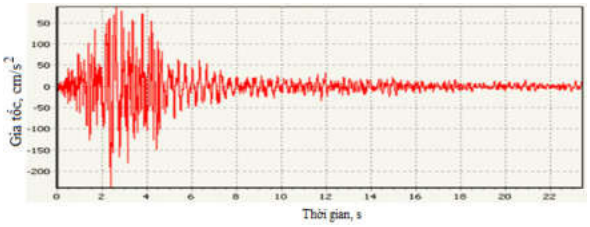
Ta có: $[C] = \alpha[M] + \beta[K]$ với α và β là hằng số được tính từ hệ số cản ζ, được xác định theo công thức: $\alpha = \frac{2}{3}\varsigma$ và $\beta = \frac{1}{3}\varsigma$ với $\varsigma = \frac{\sum n_i h_i}{H}$, trong đó: n_i, h_i – giá trị cản và chiều dày lớp thứ I; H – chiều dày lớp đất.

Áp dụng tính toán nội lực trong vỏ chống đường hầm có tiết diện ngang hình tròn thi công qua lớp đất có các thông số cơ lý trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật đường hầm và lớp đất

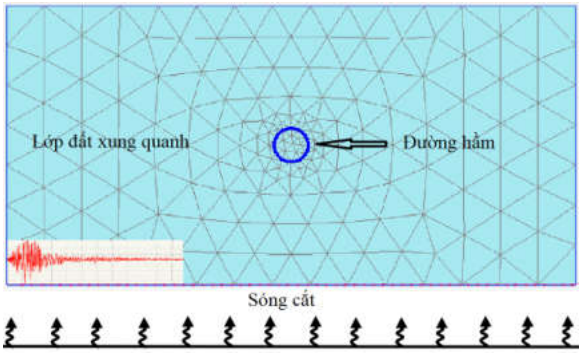
Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Đường kính đường hầm	D	6	m
Chiều dày vỏ hầm	t	0,3	m
Độ sâu xây dựng đường hầm	h	20	m
Hệ số Poisson của vật liệu vỏ hầm	v_l	0,2	
Môđun đàn hồi của vỏ hầm	E_1	$2,5.10^6$	kPa
Trọng lượng thể tích lớp đất bao quanh hầm	γ	17,3	kN/m^3
Vận tốc lan truyền sóng của lớp đất	C_m	270	m/s
Hệ số Poisson của lớp đất	v_m	0,35	
Góc ma sát trong	φ	18	độ
Lực dính kết	c	25	kPa
Đường hầm chịu tác độngtrận động đất có độ lớnmômen M_w = 6,5 và khoảng cách tâm chấn 100 km với gia tốc đạt cực đại a_{max} = 0,24g.			

Bảng ghi gia tốc nền động đất có gia tốc đạt cực đại a_{max} = 0,24g được sử dụng trong bài toán phần tử hữu hạn thể hiện trên Hình H.7.



H.7. Bảng ghi gia tốc nền động đất có gia tốc đỉnh a_{max} = 0,24g

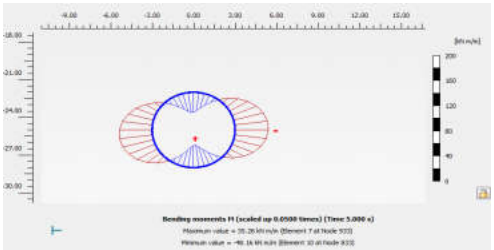
Trong bài toán này, sử dụng điều kiện không xuất hiện sự trượt giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh. Mô hình bài toán được thể hiện trên Hình H.8.



H.8. Mô Hình bài toán đường hầm chịu tác độngđộng đất

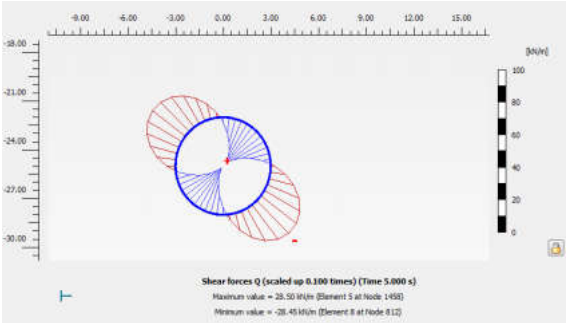
Kết quả tính nội lực trong vỏ chống đường hầm bằng phương pháp phần tử hữu hạn được thể hiện trên các Hình H.9, H.10 và H.11.

Sơ đồ phân bố mômen M, kN.m/m trong vỏ hầm được thể hiện trên Hình H.9.



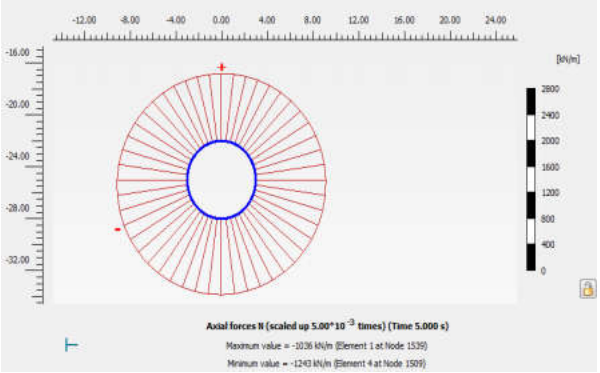
H.9. Kết quả tính toán momen M, kN.m/m

Sơ đồ phân bố lực cắt Q, kN.m trong vỏ hầm được thể hiện trên Hình H.10.



H.10. Kết quả tính toán lực cắt Q, kN/m

Sơ đồ phân bố lực dọc N, kN/m trong vỏ hầm được thể hiện trên Hình H.11.



H.11. Kết quả tính toán lực dọc N, kN/m

Giá trị tính toán nội lực lớn nhất trong kết cấu chống vỏ hầm xác định theo phương pháp Wang (1993), phương pháp Penzien (2000) và phương pháp phần tử hữu hạn trong điều kiện bài toán trên được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả giá trị nội lực lớn nhất trong kết cấu chống đường hầm

STT	Phương pháp tính	Điều kiện tính	N_{max} kN/m	Q_{max} kN/m	M_{max} kN.m/m
1	Wang (1993)	Trượt toàn phần	22,02	-	66,03
		Không trượt	427,6	-	66,03
2	Penzien (2000)	Trượt toàn phần	22,02	44,02	66,03
		Không trượt	41,43	41,43	62,156
3	Phương pháp phần tử hữu hạn	Không trượt	1243	28,50	48,16

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

- Kết quả tính toán theo phương pháp Wang (1993) và phương pháp Penzien (2000) thì điều kiện không trượt giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh (no-slip) cho kết quả lực dọc cực đại N_{max} có giá trị lớn hơn so với điều kiện trượt toàn phần giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh (full-slip);

- Phương pháp Penzien (2000), điều kiện trượt toàn phần giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh (full-slip) có giá trị mô men cực đại M_{max} và lực cắt cực đại Q_{max} lớn hơn trong điều kiện không trượt giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh (no-slip);

- Phương pháp phần tử hữu hạn trong điều kiện không trượt giữa mặt tiếp xúc kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh (no-slip) cho kết quả lực dọc cực đại N_{max} lớp hơn kết quả phương pháp Wang (1993) và phương pháp Penzien (2000) nhưng phương pháp phần tử hữu hạn lại cho giá trị mô men cực đại M_{max} và lực cắt cực đại Q_{max} nhỏ hơn phương pháp Wang (1993) và phương pháp Penzien (2000).

4. KẾT LUẬN

➢Tải trọng động đất có thể gây phá hủy đường hầm, Việt Nam thuộc khu vực có xảy ra động đất nên phải có giải pháp thiết kế kháng chấn cho đường hầm;

➢Các kết quả được ghi chép từ hiện trường trong các trận động đất phá hủy đường hầm là rất hữu ích, vì chúng cung cấp những thông số chấn động rất quan trọng về ứng xử thực tế của các đường hầm khi chịu tác độngcủa tải trọng động đất. Làm cơ sở cho công tác thiết kế kết cấu chống giữ đường hầm chịu tác động tải trọng động đất;

➢Các đường hầm khi chịu tác động của tải trọng động đất thì điều kiện tiếp xúc giữa kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh xảy ra trường hợp trượt toàn phần (full-slip) và không trượt (no-slip). Trong quá trình thiết kế, tính toán nội lực trong kết cấu chống vỏ hầm cần tính toán các điều kiện tiếp xúc giữa kết cấu chống vỏ hầm với khối đất xung quanh❐

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Lê Ninh (2008). Động đất và thiết kế công trình chịu động đất. Nhà xuất bản Xây dựng. 241 trang.
2. Penzien, J., Wu, C.L. (1998). Stresses in linings of bored tunnels. Int. J. Earthquake Eng. Struct. Dynamics, 27: 283-300. 2001.
3. Penzien, Z. (2000). Seismically induced racking of tunnel linings. Int. J. Earthquake Eng. Struct. Dynamic, 29: 683-691. 2000.
4. Tsinidis et al. (2020). Seismic behaviour of tunnels: From experiments to analysis. Tunnelling and Underground Space Technology. 99. doi.org/10.1016/j.tust.2020.103334. 2020.
5. Wang, J.N. (1993). Seismic design of tunnels: A state-of-the-art approach, m.7. Monograph, Éd. Brinckerhoff Quade and Douglas Inc., New York. 1993.
6. Brinkgreve, R., Swolfs, W., Engin, E., Waterman, D., Chesaru, A., Bonnier, P., Galavi, V. (2011). Plaxis 2d Reference Manual; Delft University of Technology and PLAXIS bv: Delft, The Netherlands.

STUDY ON CALCULATING THE IMPACT OF EARTHQUAKE ON TUNNEL LININGS

Do Ngoc Thai, Nguyen The Moc Chan

ABSTRACT

In these modern times of space scarcity, underground tunnels play an important role as a key component of an urban transportation and utilities network. Any instability of tunnels will be highly detrimental to their performance thereby posing a threat to public safety, consequently cause life-threatening and infrastructure crippling consequences. Recent experiences show that tunnels become vulnerable during an earthquake event. Major seismic events have shown that tunnels in cohesionless soils may suffer extensive seismic damage. Hence, a careful consideration of the effects of earthquake loadings on the analysis, design, construction, operation and risk assessment of tunnels is of great importance. For most tunnels, the interface condition is between full-slip and no-slip, so both cases should be investigated for critical lining forces. This paper presents method to calculate the effect of earthquake loads on tunnels.

Keywords: *underground construction, tunnel, tunnel linings, earthquake, seismic analysis*

Ngày nhận bài: *14/12/2021*;
Ngày gửi phản biện: *20/12/2022*;
Ngày nhận phản biện: *18/1/2022*;
Ngày chấp nhận đăng: *28/5/2022*.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: *Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.*