

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH MỘT SỐ THÔNG SỐ SÓNG ĐỘNG ĐẤT CÓ THỂ XUẤT HIỆN Ở KHU VỰC XÂY DỰNG TÀU ĐIỆN NGẦM HÀ NỘI

GS.TS. GOSPODARIKOV ALEXANDR

Đại học Quốc gia nguyên liệu, khoáng sản và Mỏ-LB Nga
NCS. NGUYỄN CHÍ THÀNH - Trường Đại học Mỏ-Địa chất
Đại học Quốc gia nguyên liệu, khoáng sản và Mỏ-LB Nga

Hà Nội đang trong giai đoạn phát triển mạnh về kinh tế, xã hội. Những hệ thống công trình ngầm để đáp ứng được các nhu cầu về giao thông, vận tải, cấp thoát nước,... trong khu vực là rất cần thiết. Đặc biệt, hệ thống tàu điện ngầm tại Hà Nội đã và đang được xây dựng, phát triển để đáp ứng được các yêu cầu về đời sống và chính trị của Hà Nội.

Do điều kiện địa chất khá phức tạp, các đường hầm trong hệ thống tàu điện ngầm ở Hà Nội chủ yếu nằm nông và trong vùng đất yếu, Hà Nội lại nằm trong vùng được đánh giá là có khả năng chịu tác động của động đất nên việc đánh giá ảnh hưởng của sóng động đất tới sự ổn định của các công trình ngầm trong hệ thống tàu điện ngầm tại Hà Nội là hết sức cần thiết. Điều này sẽ đảm bảo cho việc thiết kế, thi công và trong quá trình hoạt động của các đường hầm trong hệ thống tàu điện ngầm Hà Nội đáp ứng được các yếu tố về an toàn, kĩ thuật và kinh tế.

1. Cơ sở lý thuyết

Sóng động đất là một trong những yếu tố thiên tai xảy đến bất ngờ và khó dự đoán cũng như tính toán nhất hiện nay. Tùy theo các đặc tính của sóng động đất (cường độ của sóng, khoảng cách từ tâm chấn của sóng đến khu vực gây ảnh hưởng đang xét, tính chất của môi trường truyền sóng...) mà các tác hại của sóng đến các công trình sẽ có độ phá hủy là nhỏ hay lớn.

2.1. Các loại sóng động đất hiện nay

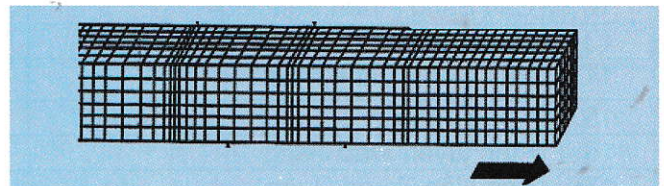
Như chúng ta đã biết, sóng động đất là những dạng sóng năng lượng hình thành và lan truyền bởi sự va và chấn của các lớp địa tầng khi xảy ra động đất. Sóng động đất có nhiều dạng với nhiều cách lan truyền khác nhau. Trong đó, có thể phân ra hai nhóm lớn: sóng khối (body wave) và sóng bề mặt (surface wave). Sóng khối có thể lan truyền trong các tầng đất

phía sâu, còn sóng bề mặt chỉ có thể lan truyền ở lớp đất phía trên của vỏ quả đất.

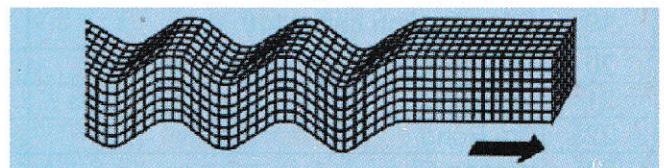
2.1.1. Sóng khối

Khi động đất xảy ra, sóng khối di chuyển xuyên qua các lớp đất và truyền lên mặt đất. Sóng khối có tần số cao hơn và vận tốc lan truyền từ tâm chấn nhanh hơn sóng bề mặt. Có hai dạng sóng khối chính [2]: Sóng P (P Waves); Sóng S (S Waves).

a. Sóng P (P Waves). P là viết tắt của "primary" có nghĩa là sóng sơ cấp. Đây là sóng địa chấn có vận tốc nhanh nhất, vì thế nó được ghi nhận sớm nhất khi có động đất xảy ra. Sóng P có thể di chuyển qua các lớp đá rắn và các lớp vật chất lỏng trong vỏ quả đất, như lớp mắc ma, nước biển hay nước ngầm. Sóng P truyền theo phương dọc, tương tự như sóng âm thanh. Sóng P còn được gọi là sóng nén (compression waves) vì tác dụng đẩy và kéo lên lớp đất đá. Hướng lan truyền của sóng P đặc trưng cho hướng phân tán năng lượng địa chấn.



H.1. Hình dạng của sóng P [2]



H.2. Hình dạng của sóng S [2]

b. Sóng S (S Waves). S là viết tắt của "secondary" có nghĩa là sóng thứ cấp. Vận tốc lan truyền của sóng S nhỏ hơn sóng P, do đó sóng S

được ghi nhận sau sóng P, và vì thế được gọi là sóng thứ cấp. Sóng S chỉ có thể lan truyền trong lớp đá rắn mà không thể di chuyển qua các lớp vật chất lỏng. Chính tính chất này của sóng S giúp các nhà địa chấn khẳng định lớp vỏ quả đất có chứa magma. Sóng S truyền theo phương ngang, tức là vuông góc với phương truyền năng lượng địa chấn (cũng là phương P) của sóng.

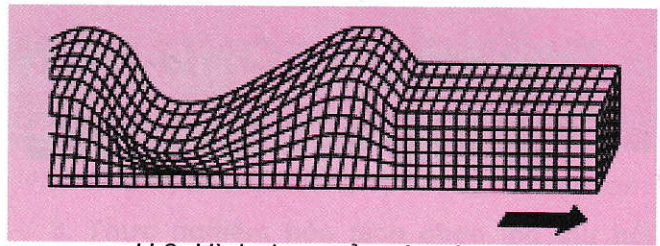
2.1.2. Sóng bề mặt

Dạng sóng này có tần số thấp hơn sóng khối, chỉ di chuyển trong lớp đất phía trên sát mặt đất. Mặc dù dạng sóng này “đến” sau sóng khối, nhưng hầu như sóng bề mặt mới là nguyên nhân chính gây ra phá hoại nhà cửa trong các trận động đất. Khi tâm chấn ở độ sâu lớn, thì cường độ sóng cũng như nguy cơ phá hoại do sóng này gây ra mới giảm bớt.

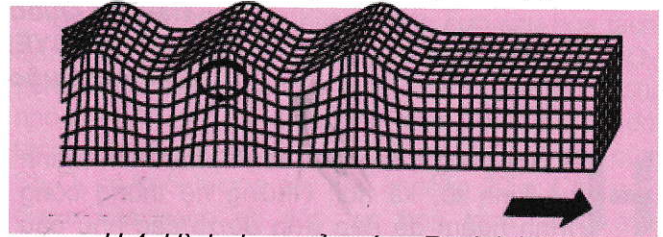
a. Sóng Love (Love Waves)

Đây là dạng sóng đầu tiên của sóng bề mặt, được đặt tên theo nhà toán học người Anh A.E.H. Love, là người đầu tiên đề xuất mô hình toán học cho kiểu

sóng này vào năm 1911. Sóng Love lan truyền theo phương ngang và có tốc độ nhanh nhất trong các sóng bề mặt. Sóng Love là nguyên nhân chủ yếu gây nên chuyển động ngang của bề mặt vỏ quả đất.



H.3. Hình dạng của sóng Love [2]



H.4. Hình dạng của sóng Rayleigh [2]

Bảng 1. Tham số vùng nguồn phát sinh động đất mạnh khu vực nghiên cứu [2]

STT	Vùng nguồn	b	M _{max}	H	v
1	Võng Irabad	0,74	7,6	30	0,75
2	Sì Sawat	0,86	6,2	30	0,67
3	Liang Cang	0,86	7,8	30	1,00
4	Wuliang Shan	0,86	6,1	25	0,32
5	Mường Sạt	0,86	7,2	25	0,20
6	Sông Cả - Rào Nậy	0,84	6,1	17	0,32
7	Sông Hồng - Sông Chảy	0,84	5,4	20	0,32
8	Sông Mã - Sơn La	0,84	7,3	25	0,38
9	Mường Tè	0,84		15	0,01
10	Sông Đà - Phong Thổ - Mường La	0,84	5,2	15	0,08
11	Sông Lô	0,89	5,5	15	0,08
12	Cao Bằng - Tiên Yên	0,89	5,8	15	0,03
13	Nam Ninh	0,89		15	0,04
14	Ven biển Quảng Ninh	0,89	5,8	15	0,03
15	Đông Triều	0,89		25	0,08
16	Kinh tuyến Xiao Jiang	0,89	6,5	30	0,30
17	Ven biển Trung Quốc	0,89	5,9	15	0,13
18	Hải Nam	0,89		25	0,02
19	Đứt gãy Kinh tuyến 110	1,00	5,6	15	0,009
20	Ba Tư - Củng Sơn	1,00	5,6	15	0,05
21	Minh Hải	1,00	5,6	12	0,006
22	Trà Bồng	1,00	5,6	12	0,01
23	Woang Chao	1,00	5,6	30	0,022

b. Sóng Rayleigh (Rayleigh Waves)

Đây là dạng thứ hai của sóng bề mặt, được đặt theo tên của Lord Rayleigh, người đã dùng công

thức toán học tiên đoán sự tồn tại của dạng sóng này vào năm 1885. Sóng Rayleigh cuộn tròn dọc theo mặt đất, tương tự như sóng nước cuộn trên

mặt biển. Vì thế, mặt đất bị di chuyển lên xuống, qua lại theo phương truyền của sóng này. Phần lớn sự rung lắc cảm nhận được trong các trận động đất là từ sóng Rayleigh, với cường độ lớn hơn tất cả các dạng sóng địa chấn khác.

Trong các loại sóng địa chấn kể trên, có thể thấy đối với các hệ thống công trình trên bề mặt thì loại sóng có tác động chủ yếu là loại sóng bề mặt (sóng Love và sóng Rayleigh), còn đối với hệ thống các công trình ngầm ở Hà Nội (hầu hết các công trình ngầm nằm nông) thì hai loại sóng P và đặc biệt là sóng S sẽ là hai loại sóng gây tác động lớn nhất.

2.2. Đặc tính động đất tại khu vực Hà Nội

Như đã biết, độ nguy hiểm động đất bao gồm 2 tham số chính: 1) Vùng nguồn phát sinh động đất với các thông số đặc trưng của nó như độ nghiêng đồ thị lặp lại, chấn cấp cực đại, độ sâu trung bình của động đất và tốc độ xảy ra động đất. 2) Phương trình tắt dần dao động nền theo khoảng cách. Dựa vào các nghiên cứu và tính toán, tác giả tổng hợp được một số dữ liệu về cấp độ nguy hiểm về động đất ở Hà Nội nói riêng và Việt Nam nói chung: các vùng nguồn phát sinh động đất mạnh cùng các kết quả xác định độ nghiêng đồ thị lặp lại, M_{max} , tốc độ xảy ra động đất và độ sâu trung bình được trình bày trên Bảng 1.

Với giả thiết tâm chấn của trận động đất tới Hà Nội khoảng 50 km, các công trình ngầm thuộc hệ thống tàu điện ngầm Hà Nội được xây dựng ở độ sâu khoảng 20 m, cấp độ động đất được lấy bằng $M=6,5$ richter để đảm bảo an toàn với các thông số của môi trường đất đá mà sóng truyền qua (Bảng 2).

Bảng 2. Các thuộc tính của môi trường truyền sóng và đặt công trình ngầm

Các thuộc tính của môi trường	Giá trị	Đơn vị
Modun đàn hồi của môi trường đất đá (E)	408.74	MPa
Hệ số Poisson của môi trường đất, đá (ν)	0.35	-
Tỷ trọng trung bình của môi trường đất, đá (ρ)	1,803	g/cm ³
Chiều sâu đặt công trình ngầm (H)	20	m

Bảng 3. Xác định vận tốc sóng truyền trong các môi trường tương ứng [4]

Cường độ động đất (Mw)	Vận tốc sóng truyền trong môi trường đất cùng với gia tốc đỉnh là g		
	Khoảng cách từ tâm chấn đến vùng đang nghiên cứu (km)		
	0÷20	20÷50	50÷100
Đất rất cứng			
6,5	66	76	86
7,5	97	109	97
8,5	127	140	152
Đất cứng			
6,5	94	102	109
7,5	140	127	155
8,5	180	188	193
Đất mềm			
6,5	140	132	142
7,5	208	165	201
8,5	269	244	251

Vận tốc sóng động đất lan truyền trong môi trường có thể được tính theo các công thức sau đây [1], [3]:

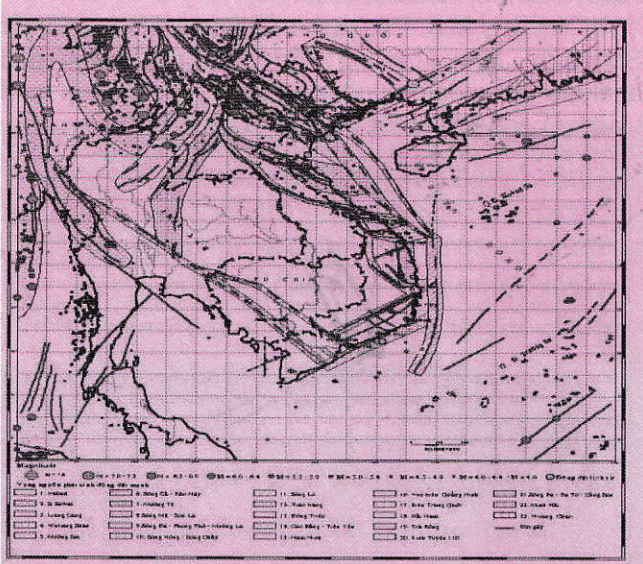
$$C_P = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E \cdot (1 - \nu)}{\rho \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}} = \tag{1}$$

$$= \sqrt{\frac{408 \cdot (1 - 0,35)}{1,803 \cdot (1 + 0,35) \cdot (1 - 2 \cdot 0,35)}} = 596,34 \text{ m/s.}$$

$$C_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2\rho \cdot (1 + \nu)}} = \tag{2}$$

$$= \sqrt{\frac{408}{2 \cdot 1,803 \cdot (1 + 0,35)}} = 283,24 \text{ m/s.}$$

Trong đó: C_P - Vận tốc sóng dọc (sóng P); C_S - Vận



H.5. Bản đồ vùng nguồn phát sinh động đất mạnh ở khu vực Việt Nam [2]

Có thể thấy rằng, tại Hà Nội có thể chịu ảnh hưởng của sóng động đất thuộc vùng nguồn Sông Hồng - Sông Chảy với các đặc tính của động đất cấp chấn $M=5,4$ và chiều sâu trung bình $H=20$ m.

2.3. Tính toán các tham số, đặc tính của sóng động đất tại khu vực đặt các công trình tàu điện ngầm Hà Nội

tốc của sóng ngang (sóng S); E - Modun đàn hồi của môi trường truyền sóng, MPa; ρ - Tỷ trọng của vật liệu môi trường truyền sóng, kg/m^3 ; ν - Hệ số Poisson của môi trường truyền sóng.

Gia tốc đỉnh của sóng động đất được tính toán và lựa chọn [4]:

$$a_g = (0,2.g) \quad (3)$$

Như đã biết, trong các loại sóng động đất thì sóng động đất loại S có tác dụng mạnh nhất và chủ yếu đến các công trình nằm trong phạm vi ảnh hưởng của địa chấn. Bỏ qua tác dụng của sóng P, ta tính được vận tốc sóng hiệu dụng của sóng S là [3], [4]:

$$C_{se} = (k_s \cdot 0,8 \cdot C_s) = (283,24 \cdot 0,8) = 226,6 \text{ m/s} \quad (4)$$

Trong đó: k_s - Hệ số ảnh hưởng bởi chiều sâu đặt công trình, với $H=15$ m, có $k_s=0,8$;

Vận tốc đỉnh mà sóng S gây ra là:

$$V_s = (0,8 \cdot 0,2 \cdot 102/100) = 0,1632 \text{ m/s} \quad (5)$$

Từ đây, có thể tính được độ biến dạng cắt cực đại theo phương ngang của công trình theo công thức:

$$\gamma_{\max} = \frac{V_s}{C_{SE}} = \frac{0,1632}{226,6} \cdot 100 = 0,072 \% \quad (6)$$

3. Kết quả nghiên cứu

Từ các kết quả nghiên cứu và tính toán ở trên, có thể thấy rằng Hà Nội nằm trong vùng có thể chịu ảnh hưởng của động đất. Với các thông số như vận tốc sóng khối sơ cấp $C_p=596,34$ m/s, vận tốc sóng ngang thứ cấp $C_s=283,34$ (m/s), vận tốc sóng ngang thứ cấp hiệu dụng $C_{se}=226,6$ m/s, vận tốc đỉnh $V_s=0,163$ (m/s). Do đặc điểm của Hà Nội là thủ đô của đất nước, là trung tâm chính trị và văn hóa của cả nước, nơi tập trung dân cư với mật độ rất lớn, các công trình ngầm tại khu vực Hà Nội hầu hết đều nằm nông, gần mặt đất nên đây là những công trình có khả năng chịu ảnh hưởng của sóng động đất rất cao và sẽ rất nguy hiểm nếu không tính toán chính xác các ảnh hưởng này. Chính vì vậy, việc đánh giá và đưa ra các tính chất của sóng động đất có thể xuất hiện tại khu vực Hà Nội là rất cần thiết để từ đó có thể vận dụng các phương pháp tính toán, thiết kế cho các công trình tại khu vực Hà Nội và các công trình ngầm xây dựng tại Hà Nội. Một số phương pháp tính toán ảnh hưởng và kết cấu cho công trình ngầm đã được tác giả đưa ra trong tài liệu [2].

4. Kết luận

Hiện nay, có rất nhiều lý thuyết để đánh giá và tính toán các tác động của địa chấn tới sự ổn định của các công trình ngầm (Phương pháp giải tích của Wang, Pienzen và nnk, phương pháp HRM, phương pháp số,...). Tuy nhiên, dù là các phương pháp khác nhau thế nào thì các thông số cơ bản

của sóng động đất gây ra bởi địa chấn cũng được sử dụng làm các thông số đầu vào cho việc giải quyết các bài toán nói trên. Trong khuôn khổ của bài báo này, tác giả đã sử dụng các kết quả đo đạc và đánh giá về khả năng địa chấn có thể có tại khu vực Hà Nội, kết hợp với các kết quả khảo sát địa chất của khu vực Hà Nội để nghiên cứu và tính toán ra một số các thông số cơ bản nhất của sóng động đất có thể ảnh hưởng tới khu vực Hà Nội, từ đó có thể làm nguồn dữ liệu cho các nhà nghiên cứu, thiết kế và thi công các công trình nói chung, công trình ngầm nói riêng tại khu vực Hà Nội nhằm đảm bảo an toàn và kĩ thuật, kinh tế cho các công trình này. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đỗ Ngọc Anh, 2014, Luận án tiến sĩ. Số hiệu: 2014ISAL0042, INSA de Lyon.
2. Gospodarikov Alexandr, Nguyễn Chí Thành (2016). Nghiên cứu, trình bày một số phương pháp tính toán ảnh hưởng của sóng động đất đến sự ổn định của công trình ngầm tại Hà nội'. Tuyển tập các công trình khoa học kỷ niệm 50 năm thành lập Bộ môn Xây dựng Công trình ngầm và Mỏ. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. Hà Nội. 2016.
3. Кутузов, Бартанов. "Безопасность сейсмического и воздушного воздействия массовых взрывов". МГУ издательство, Москва, 2008.
4. Yousséf M.A. Hashasha, Jeffrey J. Hooka, Birger Schmidt, John I-Chiang Yao. "Seismic design and analysis of underground structures". Tunnelling and Underground Space Technology, USA, 2001.

Người biên tập: Võ Trọng Hùng

Từ khóa: sóng động đất, vận tốc sóng, tàu điện ngầm, tham số sóng, cấp độ động đất

Ngày nhận bài: 26 tháng 10 năm 2015

Ngày duyệt đăng bài: 12 tháng 7 năm 2016

SUMMARY

In this paper, the authors have used the results of measurement and evaluation of seismic capability can be obtained at Hanoi, combined with the geological survey of the area in Hanoi to research and calculate some of the most basic parameters of seismic waves can affect Hanoi area, the author of the article wants the designer and construction of the system Hanoi metro will discuss and use these results to ensure that the underground metro system in Hanoi can guaranteed safety during construction and operation.