

SƠ ĐỒ VI PHÂN VÙNG ĐỘNG ĐẤT THÀNH PHỐ HÀ NỘI TRÊN CƠ SỞ CÁC KẾT QUẢ ĐO ĐẠO ĐỘNG VI ĐỊA CHẤN

NGUYỄN TIẾN HÙNG¹, KUO-LIANG WEN²

Email: ngtienhungvn@gmail.com

¹Viện Vật lý địa cầu - Viện KH và CNVN

²Viện Vật lý Địa cầu, Đại học Trung ương Đài Loan

Ngày nhận bài: 4-4-2011

1. Mở đầu

Vi phân vùng động đất thành phố Hà Nội (Tp. Hà Nội) đã được nghiên cứu với mức độ chi tiết và tin cậy khác nhau [9, 10, 12, 13]. Nguyễn Đình Xuyên [12] sử dụng phương pháp độ cứng địa chấn và quan sát dao động vi địa chấn bằng máy ghi động đất LE-3D đã xác định hệ số khuếch đại và chu kỳ trội của các nền đất và lập bản đồ vi phân vùng động đất nội thành Tp. Hà Nội. Nguyễn Ngọc Thủy và nnk [9] cũng áp dụng phương pháp độ cứng địa chấn và vi địa chấn để xác định các đặc trưng dao động của các nền đất từ 57 điểm đo dao động vi địa chấn bằng máy K2. Kết quả cho thấy chu kỳ trội nền đất nằm trong khoảng từ 0,6s đến 2,5s. Tulandhar et al., [10] thực hiện 63 điểm đo dao động vi địa chấn tập trung chủ yếu ở các quận nội thành bằng máy đo dao động vi địa chấn xách tay. Kết quả cho thấy chu kỳ trội nền đất nằm trong khoảng từ 0,4s đến 1,2s. Tuy nhiên, việc vi phân vùng động đất ở đây vẫn còn chưa đủ rõ ràng.

Sử dụng dao động vi địa chấn trong vi phân vùng động đất được đề xuất lần đầu tiên bởi Kanai và Tanaka (1961) [4]. Họ giải thích được sự khuếch đại dao động vi địa chấn là do phản xạ nhiều lần của sóng S khi truyền qua các phân lớp nằm ngang. Ohta (1978) thực hiện nghiên cứu chu kỳ trội nền đất tại vùng Hachinohe, Nhật Bản bằng cả số liệu dao động vi địa chấn và dao động mạnh cho thấy sự khuếch đại mạnh là do các lớp trầm tích phù sa sâu [7]. Singh 1988 đánh giá sự khuếch đại trong động đất Michoacan 1985 cho thấy các khu vực bồn trầm tích có khuếch đại lớn hơn 8-50

lần so với các khu vực đồi [9]. Nakamura (1989) đề xuất phương pháp tỉ số phổ ngang và đứng (H/V) 1 trạm [5, 6]. Theo tác giả này tỉ số phổ H/V của vi địa chấn liên quan đến chu kỳ trội T_0 và hệ số khuếch đại biên độ vi địa chấn A_0 của các lớp phủ bề mặt so với đá gốc. Phương pháp này dựa trên hai giả định: (i) Vi địa chấn theo phương ngang có thể bị khuếch đại thông qua chùm phản xạ của sóng S, trong khi đó vi địa chấn theo phương đứng có thể bị khuếch đại thông qua chùm phản xạ của sóng P; (ii) Sóng Rayleigh chỉ ảnh hưởng đến vi địa chấn theo phương đứng trên lớp phủ, nhưng không ảnh hưởng đến vi địa chấn theo phương đứng trên đá gốc. Khi đó phương trình hàm truyền qua lớp phủ theo phương ngang và đứng là:

$$S_T = S_{HS} / S_{HB} \quad (1)$$

$$E_S = S_{VS} / S_{VB} \quad (2)$$

Trong đó: S_{HS} , S_{HB} , S_{VS} và S_{VB} tương ứng là: phổ dao động vi địa chấn theo phương ngang tại bề mặt, phổ dao động vi địa chấn theo phương ngang tại đá gốc, phổ dao động vi địa chấn theo phương đứng tại bề mặt và phổ dao động vi địa chấn theo phương đứng tại đá gốc. Nếu môi trường không có sóng Rayleigh thì $E_S = 1$, $E_S > 1$ khi môi trường bị ảnh hưởng bởi sóng Rayleigh. Khi đó, phương trình ảnh hưởng của sóng Rayleigh S_{TT} cho thành phần thẳng đứng và thành phần nằm ngang là:

$$S_{TT} = S_T / E_S = R_S / R_B \quad (3)$$

Trong đó: $R_S = S_{HS}/S_{VS}$ (4)

$R_B = S_{HB}/S_{VB}$ (5)

R_S và R_B lần lượt là tỷ số của phổ dao động ngang và dao động đứng tại bề mặt và tỷ số của phổ dao động ngang và dao động đứng tại đá gốc. Thực nghiệm cho thấy $R_B \cong 1$ trong toàn bộ dải tần quan tâm. Kết quả này có thể là do trong đá gốc rắn chắc dao động theo tất cả các hướng là như nhau.

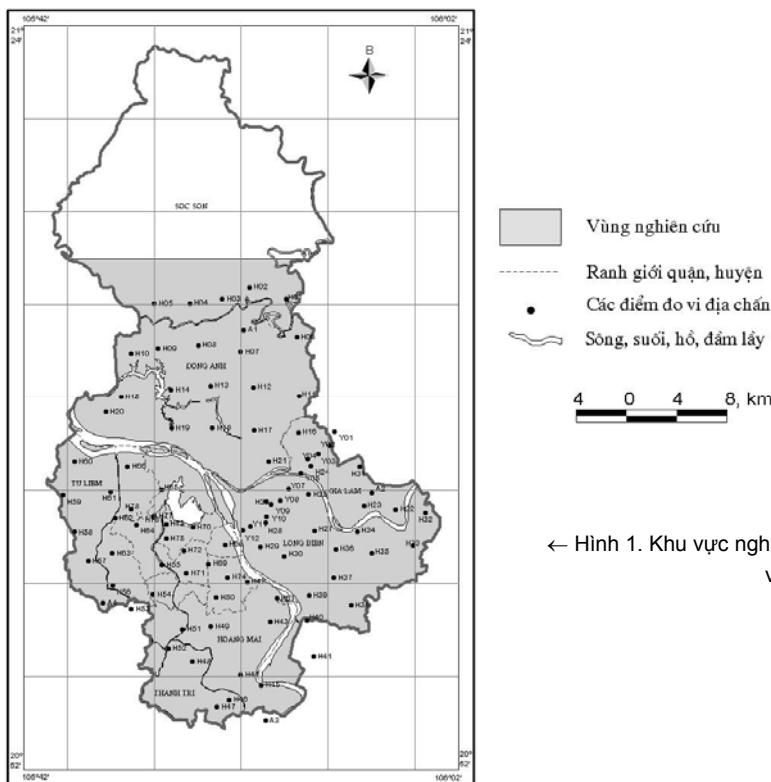
$R_B \cong 1 \Rightarrow S_{TT} = R_S = S_{HS}/S_{VS}$ (6)

Phương trình (6) cho thấy phương trình hàm truyền trong lớp phủ có thể được đánh giá chỉ bằng vi địa chấn tại bề mặt.

Một số kỹ thuật hay được sử dụng để đánh giá đặc tính động học của nền như: (i) Khoan thăm dò là kỹ thuật đánh giá chính xác nhất. Tuy nhiên, kỹ thuật này có giá thành cao, tốn nhiều thời gian và nói chung là không thích hợp cho vi phân vùng động đất; (ii) Đo địa chấn phản xạ, khúc xạ, phân tích đa kênh sóng mặt,... là kỹ thuật thường dùng để đánh giá lát cắt vận tốc sóng ngang (V_s). Tuy nhiên, nó khó thực hiện trong các khu đông dân cư vì sử dụng nguồn nổ và chịu ảnh hưởng nhiều bởi các nguồn nhiễu bề mặt; (iii) Dùng băng ghi số liệu

dao động mạnh là kỹ thuật cho kết quả trung thực nhất. Tuy nhiên, kỹ thuật này đòi hỏi phải thu được đầy đủ các sự kiện xảy ra ứng với từng loại nền. Vì thế, kỹ thuật này chỉ áp dụng được ở một vài quốc gia có hệ thống trạm ghi dao động mạnh đầy đặc và thường xuyên có động đất; (iv) Vi địa chấn là kỹ thuật đo tín hiệu thụ động, được dùng phổ biến cho vi phân vùng vì giá thành rẻ, tốn ít thời gian và không cần tham khảo đầy đủ các băng ghi dao động mạnh mà vẫn đánh giá chính xác chu kỳ khuếch đại dao động nền đất [1, 2, 3-13]. Vì thế, chúng tôi sử dụng phương pháp vi địa chấn để xây dựng một phương án mới cho sơ đồ vi phân vùng động đất Tp. Hà Nội.

Nghiên cứu này tiến hành trong 3 năm 2008, 2009 và 2010. Toạ độ vùng nghiên cứu được giới hạn trong phạm vi: vĩ độ từ 20°52'N tới 21°14'N, kinh độ từ 105°42'E tới 106°02'E. Để xây dựng sơ đồ vi phân vùng động đất Tp. Hà Nội chúng tôi đã tiến hành đo dao động vi địa chấn tại 93 điểm bằng hệ thống máy dao động vi địa chấn Servo (hình 1). Kết quả đo đạc, phân tích số liệu và vi phân vùng động đất Tp. Hà Nội thuần túy bằng phương pháp vi địa chấn được trình bày trong bài báo này.



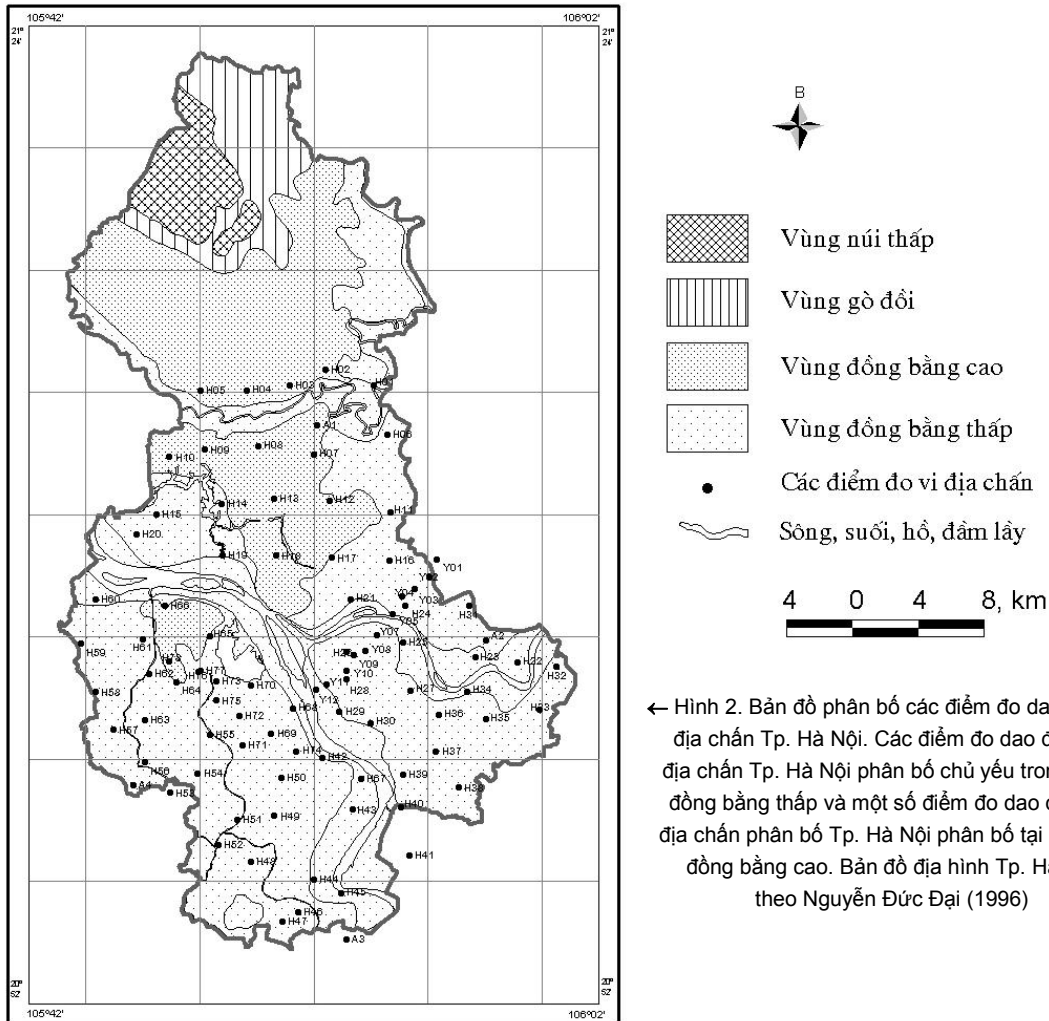
← Hình 1. Khu vực nghiên cứu và các điểm đo dao động vi địa chấn

2. Đặc điểm địa hình, địa chất công trình Tp. Hà Nội

2.1. Địa hình

Địa hình Tp. Hà Nội mang tính thang bậc khá rõ nét, bao gồm: (i) Địa hình đồi và núi thấp phân bố ở phía bắc thành phố, có độ cao từ 270 đến

374m; (ii) Đồng bằng - gò đồi phát triển rộng ở phía đông bắc Sóc Sơn; (iii) Đồng bằng cao phân bố chủ yếu ở Đông Anh và phần còn lại của Sóc Sơn, có độ cao từ 6 đến 15m; (iv) Đồng bằng thấp phân bố phổ biến ở phần đông nam thành phố, dọc theo Sông Hồng, Sông Đuống, Sông Cà Lồ. Độ cao trung bình từ 2m đến 6m (hình 2) [theo Nguyễn Đức Đại, 1996].



← Hình 2. Bản đồ phân bố các điểm đo dao động vi địa chấn Tp. Hà Nội. Các điểm đo dao động vi địa chấn Tp. Hà Nội phân bố chủ yếu trong vùng đồng bằng thấp và một số điểm đo dao động vi địa chấn phân bố Tp. Hà Nội phân bố tại khu vực đồng bằng cao. Bản đồ địa hình Tp. Hà Nội theo Nguyễn Đức Đại (1996)

2.2. Đặc điểm địa chất công trình

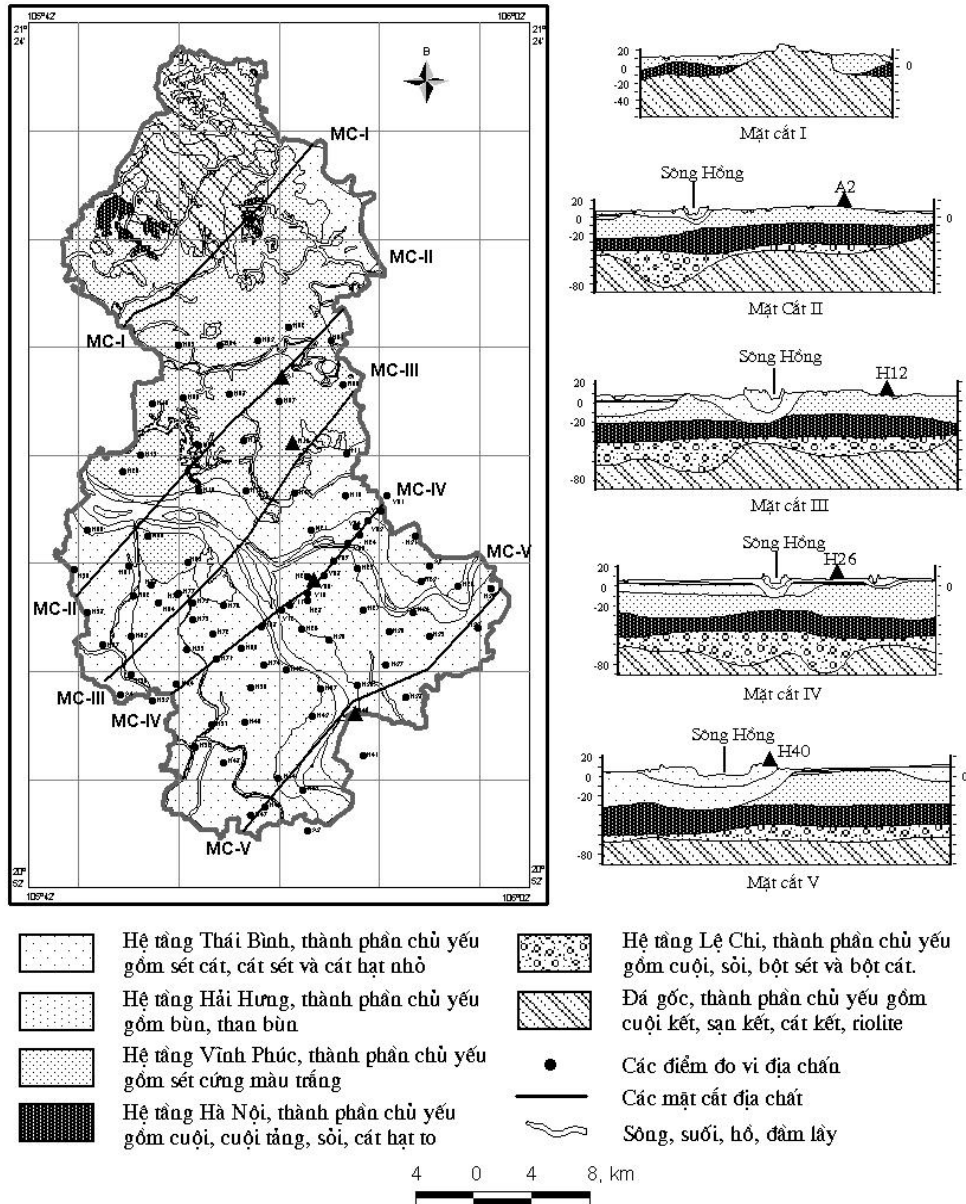
Các trầm tích Đệ tứ ở Tp. Hà Nội được hình thành từ Pleistocen sớm đến Holocen muộn, gồm 5 hệ tầng trầm tích, từ trên xuống dưới là: (i) Hệ tầng Thái Bình với thành phần chủ yếu là sét pha, cát pha, cát hạt nhỏ, cát bột lẫn mùn thực vật; (ii) Hệ tầng Hải Hưng là trầm tích hồ - đầm lầy, trầm tích

biển và đầm lầy, chủ yếu gồm bùn, than bùn, sét bột chứa tàn tích thực vật; (iii) Hệ tầng Vĩnh Phúc lộ với diện tích rộng tại vùng Sóc Sơn, Đông Anh và một vùng nhỏ ở Cổ Nhuế - Xuân Đình, thành phần chủ yếu gồm sét bột, cát lẫn sét, cát vàng xây dựng; (iv) Hệ tầng Hà Nội lộ ở vùng gò đồi Sóc Sơn, còn phần lớn chúng bị phủ, chỉ quan sát được trong các lỗ khoan từ Sóc Sơn, Đông Anh trở

xuống phía nam, đông nam thành phố, thành phần chủ yếu gồm cuội, cuội tầng, sỏi sạn, cát hạt thô, ít cát bột; (5) Hệ tầng Lệ Chi chỉ xuất hiện trong các lỗ khoan thuộc mặt cát I, II và III (hình 3) ở độ sâu 45m đến 69,5m, thành phần chủ yếu gồm cuội, sỏi, cát, ít bột sét [theo Nguyễn Đức Đại, 1996].

tầng Hải Hưng và hệ tầng Vĩnh Phúc là các lớp đất yếu, trong đó hệ tầng Hải Hưng chứa than bùn và bùn có tính cơ lý kém nhất. Hệ tầng Hà Nội chủ yếu là cuội sỏi nên có tính cơ lý tốt, phân bố rộng khắp khu vực nghiên cứu với độ sâu tăng dần từ bắc xuống nam. Cùng với hệ tầng Lệ Chi (nằm dưới) tạo nên một lớp cuội sỏi dày tương phản với lớp trầm tích bùn, cát, sét phía trên nó.

Trong 5 hệ tầng này thì hệ tầng Thái Bình, hệ



Hình 3. Bản đồ địa chất công trình Tp. Hà Nội (theo Nguyễn Đức Đại, 1996).

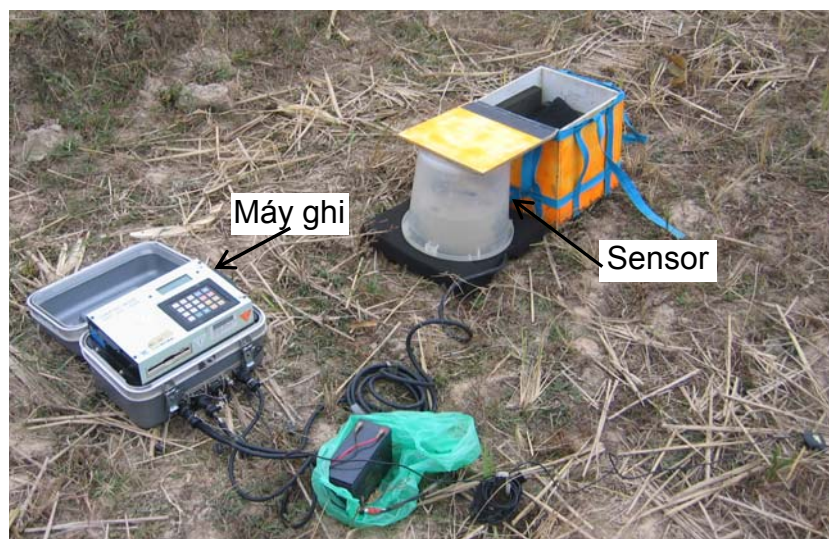
Các điểm được đánh dấu (trên mặt cát) bằng biểu tượng hình tam giác là các điểm đo dao động vi địa chấn dùng để so sánh điều kiện địa chất công trình với kết quả đo dao động vi địa chấn

3. Phân vùng nhỏ động đất Tp. Hà Nội bằng phương pháp vi địa chấn

3.1. Thiết bị sử dụng

Thiết bị chúng tôi sử dụng trong nghiên cứu này là hệ thống máy ghi dao động vi địa chấn Servo do

hãng Tokyo Sukushin sản xuất. Một hệ thống gồm 1 máy ghi SAMTAC-801H và 1 sensor VSE315D hay VSE355EV. Máy ghi có độ phân giải 24 bit và sensor có 6 thành phần (3 thành phần vận tốc và 3 thành phần gia tốc) với dải tần từ 0,1 tới 50Hz (hình 4).



Hình 4. Một hệ thống máy ghi Servo bao gồm một máy ghi và một Sensor

3.2. Đo đạc và xử lý số liệu dao động vi địa chấn

Tại mỗi điểm, chúng tôi tiến hành đo liên tục trong khoảng 18 phút, tần số lấy mẫu của phép đo là 200 mẫu/giây. Số liệu dùng để phân tích là số liệu dao động vi địa chấn 3 thành phần vận tốc, gồm hai thành phần nằm ngang (NS và EW) và một thành phần thẳng đứng (V). Các điểm đo được xác định chính xác bằng hệ thống định vị toàn cầu (GPS) cầm tay.

Các băng ghi số liệu này được chúng tôi tiến hành xử lý như sau: (i) Chia toàn bộ băng ghi thành nhiều đoạn, mỗi đoạn có độ dài 20,48s (4096 điểm số liệu); (ii) Loại bỏ các đoạn bị ảnh hưởng bởi nhiễu và bất thường; (iii) Sử dụng phép biến đổi Fourier nhanh để tính toán cho từng thành phần của mỗi đoạn; (iv) Tính tỷ số biên độ Fourier, sau này gọi là tỷ số phổ H/V, của mỗi đoạn bằng công thức:

$$\sqrt{(NS * EW)} / V \quad (7)$$

trong đó NS, EW, V lần lượt là phổ Fourier của thành phần bắc-nam, đông-tây, đứng; (5) Lấy trung tỷ số phổ H/V của các đoạn thu được tỷ số phổ H/V cuối cùng. Đỉnh trội của tỷ số phổ H/V cuối cùng này là chu kỳ trội nền đất tại điểm đo dao động vi địa chấn tương ứng.

Sau khi thu được các giá trị chu kỳ trội của các tỷ số phổ H/V cuối cùng tại tất cả các điểm đo dao động vi địa chấn, chúng tôi tiến hành biểu diễn sự khác nhau của các chu kỳ trội tại các điểm đo dao động vi địa chấn lên sơ đồ số Tp. Hà Nội. Bằng phép nội suy không gian giữa các điểm khảo sát khác nhau, chúng tôi tạo ra được sơ đồ phân bố chu kỳ trội nền đất Tp. Hà Nội. Dựa vào tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam “TCXDVN 375: 2006: Thiết kế công trình chịu động đất” [14] (bảng 1) và kỹ thuật phân loại nền theo chu kỳ trội của Đài Loan (bảng 2), chúng tôi thành lập được sơ đồ phân loại nền đất Tp. Hà Nội theo tài liệu dao động vi địa chấn.

Bảng 1. Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam “TCXDVN 375: 2006: Thiết kế công trình chịu động đất” [9]

Loại nền	Mô tả mặt cắt thạch học	Các thông số	
		Vs,30 (m/s)	N _{spt}
A	Đá hoặc các thành tạo địa chất giống như đá, gồm nhiều nhất là 5m vật chất bờ rời trên mặt.	> 800	
B	Các lớp cát, cuội sỏi rất chặt, hoặc sét rất cứng, dày ít nhất hàng chục mét, đặc trưng bởi sự tăng dần theo độ sâu của tính chất cơ lý.	360 - 800	> 50
C	Các tầng dày cát, cuội, sỏi chặt và trung bình, hoặc sét cứng bề dày từ vài chục đến hàng trăm mét.	180 - 360	15 -50
D	Các tầng đất bờ rời đến trung bình (có hay không có các lớp đất xốp), hoặc đất chủ yếu là xốp đến chặt.	< 180	<15
E	Mặt cắt gồm lớp bồi tích trên mặt với giá trị Vs của loại C hoặc D và bề dày thay đổi từ 5 đến 20m, bên dưới là vật liệu cứng hơn với Vs>800m/s.		
S1	Các tầng gồm hoặc chứa một lớp dày ít nhất 10m sét mềm/bùn với độ dẻo cao (PI>40) và chứa nước cao.	<100	
S2	Các tầng đất có khả năng hoá lỏng, sét nhạy cảm, hoặc các đất khác không có trong loại A-E hay S1.		

Bảng 2. Kỹ thuật phân loại nền đất theo chu kỳ trội của Đài Loan

Loại nền	Vs,30 (m/s)	N _{spt}	T ₀ (s)
A	>800		
B	360-800	>50	<0,3
C	180-360	15-50	0,3 – 0,7
D	<180	<15	> 0,7

Chú giải: Vs,30: giá trị trung bình của vận tốc truyền sóng ngang trong 30m phía trên của mặt cắt địa chất nền; N_{spt}: số nhát đập trong thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT); T₀: chu kỳ trội trên tỷ số phổ H/V của dao động vi địa chấn.

4. Thảo luận kết quả

Phép đo dao động vi địa chấn đã thực hiện tại 93 điểm đo dao động vi địa chấn ở Tp. Hà Nội. Sau khi xử lý tín hiệu số và tỷ số phổ H/V của tất cả các điểm đo dao động vi địa chấn, đồ thị tỷ số phổ H/V được xây dựng cho từng điểm đo dao động vi địa chấn. Các chu kỳ trội nền đất được xác định từ các đồ thị tỷ số các phổ H/V này.

Hình 5 mô tả đồ thị tỷ số phổ H/V của một số điểm đo dao động vi địa chấn được chọn ra từ 93 điểm đo dao động vi địa chấn phân bố trong hình 1, nhằm mô tả sự biến đổi tỷ số phổ H/V theo điều kiện nền ở Tp. Hà Nội.

Sự biến đổi chu kỳ trội ở Tp. Hà Nội được mô tả trong hình 6, qua đó có thể cho thấy chu kỳ trội của nền đất tăng dần từ bắc xuống nam và từ tây sang đông. Dựa vào sự biến đổi chu kỳ trội này chúng tôi chia khu vực nghiên cứu ra làm 4 vùng có chu kỳ trội khác nhau:

Vùng I: có chu kỳ trội nhỏ hơn hay bằng 0,6s.

Vùng II: có chu kỳ trội lớn hơn 0,6s và nhỏ hơn hay bằng 0,8s.

Vùng III: có chu kỳ trội lớn hơn 0,8s và nhỏ hơn hay bằng 1,2s.

Vùng IV: có chu kỳ trội lớn hơn 1,2s.

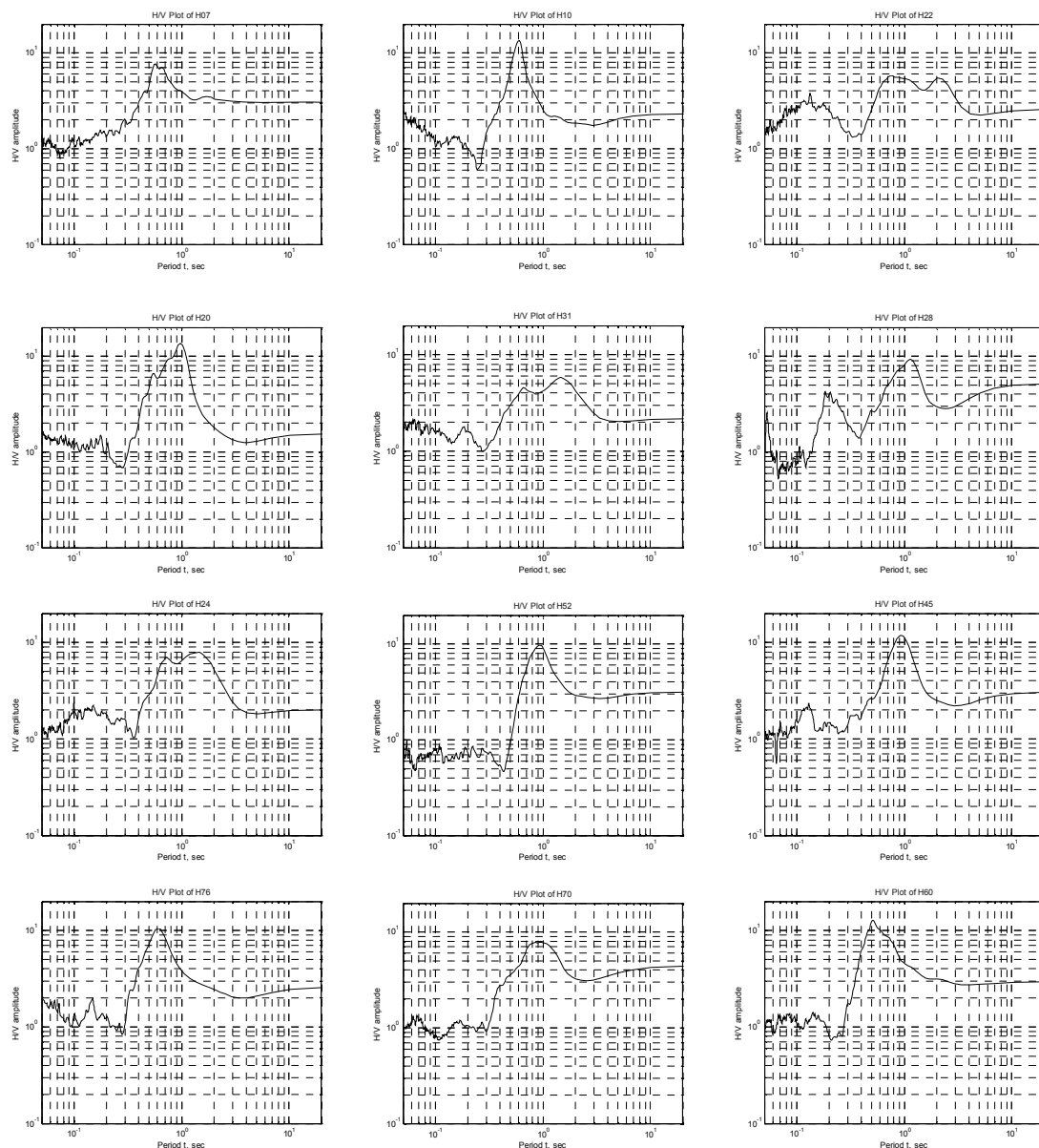
Chu kỳ trội nhỏ nhất, nhỏ hơn 0,6s, thuộc vùng phía bắc của Tp. Hà Nội, có thể là do khu vực này nằm gần dãy núi Tam Đảo, đất phủ ở đây chủ yếu là sét cứng. Chu kỳ trội lớn nhất, lớn hơn 1,2s, thuộc phần phía đông của khu vực nghiên cứu, có thể là do lớp phủ ở đây rất dày, thành phần chủ yếu là bùn, sét. Dọc theo sông Hồng, khu vực nội thành, phần phía đông và nam của Tp. Hà Nội có chu kỳ trội lớn, lớn hơn 0,8s, có thể là do các khu vực này có lớp phủ chủ yếu là trầm tích sông, hồ và đầm lầy.

Theo tiêu chuẩn 375:2006 và kỹ thuật phân loại nền đất theo chu kỳ trội của Đài Loan chúng tôi

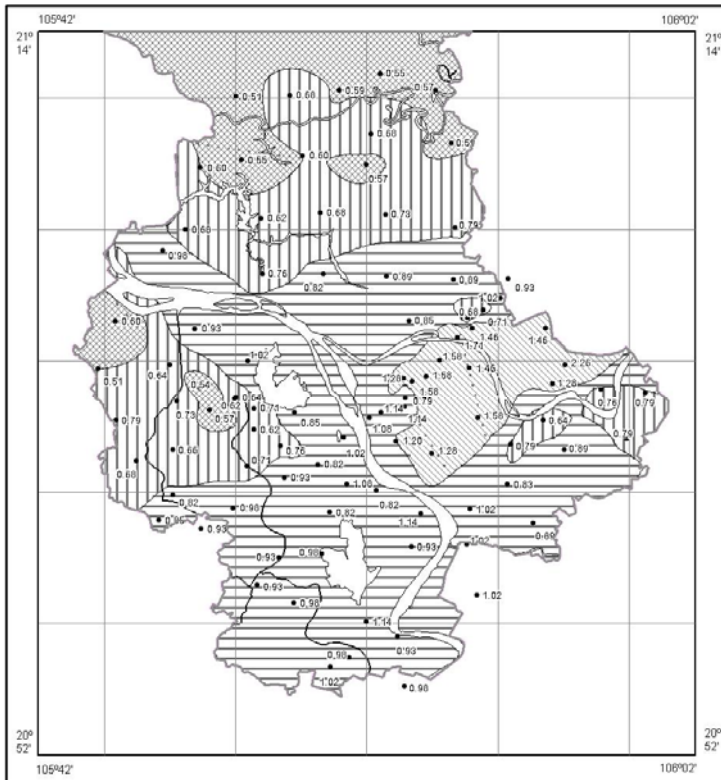
chia khu vực nghiên cứu ra thành hai loại nền: (i) Nền loại C, chu kỳ trội nhỏ hơn hay bằng 0,6s, thuộc phần phía bắc và tây của Tp. Hà Nội; (ii) Nền loại D, chu kỳ trội lớn hơn 0,6s, thuộc các vùng dọc sông Hồng, khu vực nội thành, phần phía đông và phía nam của Tp. Hà Nội (*hình 7*).

Hình 7 cũng cho thấy khu vực có thể có mức độ rủi ro lớn khi động đất là khu vực nội thành vì khu vực này có mật độ xây dựng cao và chu kỳ trội nằm trong dải nguy hiểm, từ 0,8s tới 1,2s.

Khi so sánh điều kiện địa chất công trình và kết quả đo vi địa chấn tại các điểm được đánh dấu bằng biểu tượng hình tam giác ở hình 3, cho thấy chiều sâu tới hệ tầng Hà Nội ảnh hưởng rất rõ đến chu kỳ trội của dao động vi địa chấn. Chiều sâu lần lượt là: 20m, 25m, 45m và 45m làm cho T_0 thay đổi lần lượt là: 0,68s, 0,73s, 1,28s và 1,02s tương ứng với các điểm đo dao động vi địa chấn A1, H12, H26 và H40. *Hình 8* mô tả đồ thị tỉ số phổ H/V của 4 điểm đo dao động vi địa chấn được đánh dấu bằng biểu tượng hình tam giác ở hình 3.



Hình 5. Các đồ thị tỷ số phổ H/V của một số điểm đo dao động vi địa chấn được chọn ra từ 93 điểm đo dao động vi địa chấn được mô tả trong hình 1

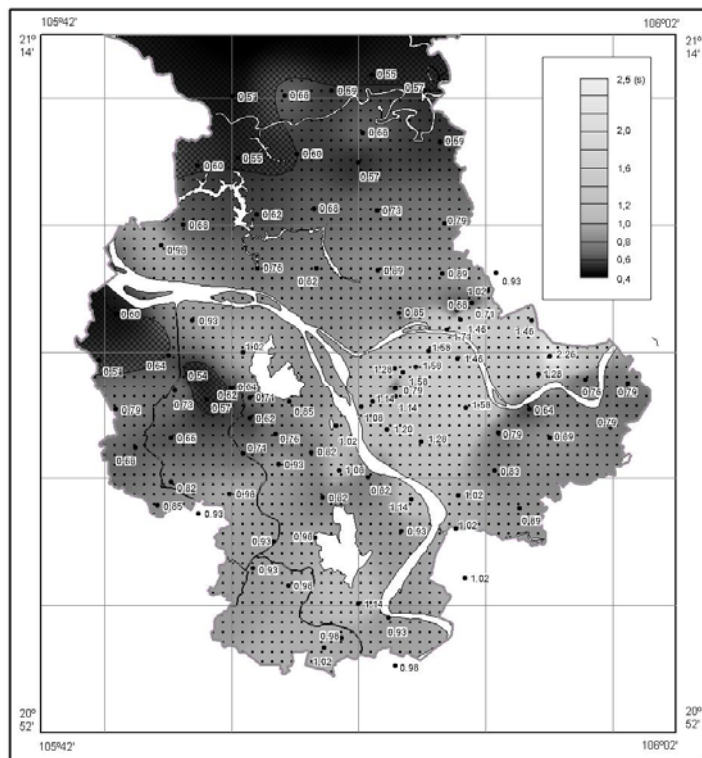


Phân loại chu kỳ trội

- $\leq 0,6 s$
- 0,6 - 0,8 s
- 0,8 - 1,2 s
- $> 1,2 s$
- Các điểm đo vi địa chấn và giá trị chu kỳ trội
- Sông, suối, hồ, đầm lầy

4 0 4 8, km

← Hình 6. Sơ đồ vi phân vùng thành phố Hà Nội

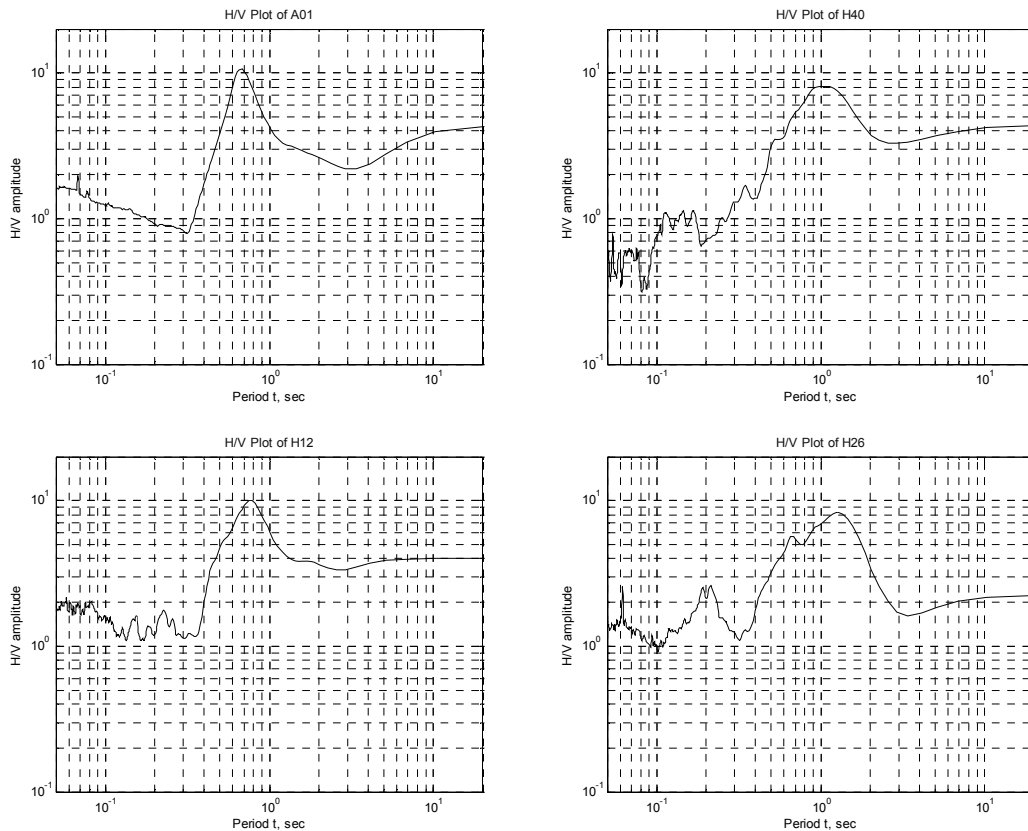


Phân loại nền đất tại Hà Nội bằng số liệu vi địa chấn

- Nền loại C, Chu kỳ trội $\leq 0,6 s$
- Nền loại D, Chu kỳ trội $> 0,6 s$
- Các điểm đo vi địa chấn và các giá trị chu kỳ trội
- Sông, suối, hồ, đầm lầy

4 0 4 8, km

← Hình 7. Sơ đồ phân loại nền đất thành phố Hà Nội theo số liệu vi địa chấn



Hình 8. Tỷ số phổ H/V của 4 điểm đo dao động vi địa chấn được đánh dấu bằng biểu tượng hình tam giác tại hình 3. So sánh điều kiện địa chất công trình và kết quả đo vi địa chấn cho thấy chiều sâu tới tầng Hà Nội ảnh hưởng rất rõ lên chu kỳ trội của dao động vi địa chấn. Chiều sâu tầng từ 20m đến 45m từ điểm A1 đến điểm H40 làm cho T_0 thay đổi từ 0,68s đến 1,28s

5. Kết luận

Lần đầu tiên sử dụng hệ thống máy ghi dao động vi địa chấn Servo để vi phân vùng động đất tại Việt Nam. Với 93 điểm đo dao động vi địa chấn ở Tp. Hà Nội cho thấy chu kỳ trội của nền đất tăng dần từ bắc xuống nam và từ tây sang đông. Chu kỳ trội nhỏ nhất, nhỏ hơn 0,6s, thuộc vùng phía bắc và chu kỳ trội lớn nhất, lớn hơn 1,2s, thuộc vùng phía đông của khu vực nghiên cứu. Kết quả này phù hợp với các kết quả nghiên cứu của Nguyễn Ngọc Thủy và nnk, Tulandhar và nnk trước đó.

Ngoài ra nghiên cứu này đã chia được khu vực nghiên cứu ra thành 2 loại nền: (i) Nền C, chu kỳ trội nhỏ hơn hay bằng 0,6s, thuộc phần phía bắc và tây của Tp. Hà Nội; (ii) Nền D, chu kỳ trội lớn hơn 0,6s, thuộc các vùng dọc sông Hồng, khu vực nội thành, phần phía đông và phía nam. Hơn nữa, khi so sánh điều kiện địa chất công trình và kết quả đo

vi địa chấn cho thấy chiều sâu tới tầng Hà Nội ảnh hưởng rất rõ đến chu kỳ trội của dao động vi địa chấn. Chiều sâu tầng từ 20m đến 45m từ điểm A1 đến điểm H40 làm cho T_0 thay đổi từ 0,68s đến 1,28s.

TÀI LIỆU DẪN

- [1] Arai, H., Hibino, H., Okuma, Y., Matsuoka, M., Kubo, T., and Yamazaki, F., 2002: Estimation of ground motion characteristics and damage distribution in Golcuk, Turkey, based on microtremor measurements.
- [2] Chiang, H. J., Wen, K. L., Chang, T. M., 2004: Ground Motion Characteristic in the Kaohsiung & Pingtung Area, Taiwan, American Geophysical Union, Fall Meeting.
- [3] Kuo, C. H., 2008: Study and Application of the Microtremor Characteristics, Doctoral

Dissertation, Institute of Geophysics, National Central University, Chung-Li, Taiwan, 151pp.

[4] *Kanai, K., and Tanaka T.*, 1961: On Microtremor VIII, Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo University, Vol.39, 97-114.

[5] *Nakamura, Y.*, 1989: A Method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, Quarterly Report of RTRI, 30(1), 25-33.

[6] *Nakamura, Y.*, 2007: Characteristics of H/V spectrum, NATO Advanced Research Workshop, Dubrovnik, Croatia.

[7] *Ohta Y., H. Kagami, N. Goto., and K. Sudo*, 1978: Observation of 1 to 5 second microtremors and their application to earthquake engineering. Part I: Comparison with long-period accelerations at the Tokachi-Oki earthquake of 1968, Bull. Seism. Soc. Am., No.68.

[8] *Singh S.K., Mena E., and Castro R.*, 1988: Some aspects of source characteristics of the 19 September Michoacan earthquake and ground amplification in and near Mexico City from strong ground motions data, Bull. Seism. Soc. Am. No.78, Vol.2, 451pp.

[9] *Nguyễn Ngọc Thủy và nnk.*, 2004: Nghiên cứu bổ sung và hoàn chỉnh bản đồ phân vùng nhỏ động đất Tp. Hà Nội mở rộng, tỷ lệ 1:25.000, lập cơ sở dữ liệu về đặc trưng dao động nền đất ở Hà Nội, Viện Kỹ thuật xây dựng và Viện Vật lý địa cầu.

[10] *Tulandhar, R., Cuong, N. N. H., Yamazaki, F.*, 2004: Seismic microzonation of Hanoi, Vietnam using microtremor observations, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, August 1-6.

[11] *Wang, C. H.*, 2003: Site effect study in the Hsin Yi area, Taipei City, Master Thesis, Institute of Geophysics, National Central University, Chung-Li, Taiwan, 100pp.

[12] *Nguyễn Đình Xuyên*, 1994: Hoàn chỉnh bản đồ phân vùng nhỏ động đất nội thành Hà Nội và ven nội tỷ lệ 1:25.000, Viện Vật lý Địa cầu.

[13] *Phân vùng nhỏ động đất thành phố Hà Nội*, 1990: Viện vật lý Địa cầu, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, 106 trang.

[14] *Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam*, 2006: Thiết kế công trình chịu động đất, Nhà xuất bản Xây dựng, 296 trang.

SUMMARY

Seismic microzoning map of Hanoi city on the basis of microtremor motion observations

In this study, seismic microzoning maps of Hanoi city are constructed on the basis of microtremor motion observations at 93 points. The ground predominant periods were determined from the horizontal to vertical (h/v) spectral ratios of microtremor motions. A microzonation map was constructed from the variation analysis of predominant periods by space. The result indicated that the predominant period of the study area increased from north to south and from west to east. The largest predominant period, larger than 1.2s, is found in the eastern part of this study area. In contrast, the lowest predominant period, less than 0.6s, is found in the northern part. Moreover, the results also showed that the study area can be divided into two categories: class C is distributed on the northern and western areas, while class D is distributed along the Red River, metropolitan, the eastern and the southern areas.