

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

Nguyễn Tiến Hùng

**NGHIÊN CỨU ƯỚC LƯỢNG HIỆU ỨNG
NỀN ĐẤT KHU VỰC NỘI THÀNH THÀNH PHỐ
HÀ NỘI VÀ LÂN CẬN**

Chuyên ngành: Vật lý địa cầu

Mã số: 9 44 01 11

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ VẬT LÝ ĐỊA CẦU

Hà nội - 2023

Công trình được hoàn thành tại: Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS.TS. Nguyễn Hồng Phương

Người hướng dẫn khoa học 2: TS. Nguyễn Lê Minh

Phản biện 1: ...

Phản biện 2: ...

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện, họp tại Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam vào hồi ... giờ ..', ngày ... tháng ... năm 202....

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Học viện Khoa học và Công nghệ
- Thư viện Quốc gia Việt Nam

MỞ ĐẦU

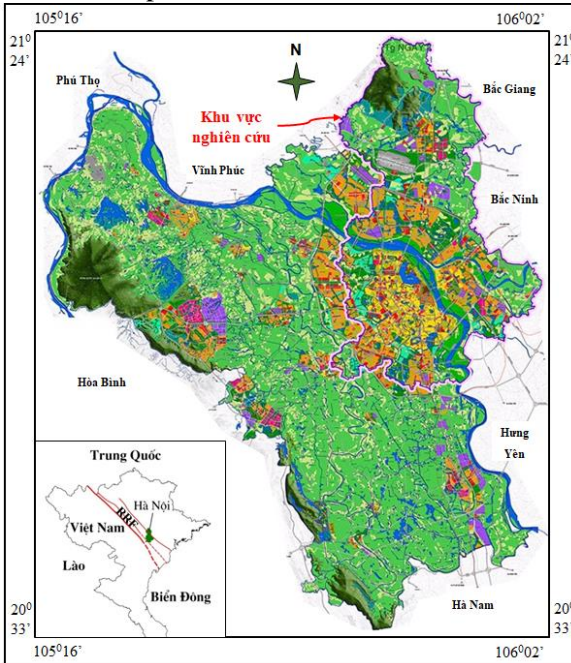
Hà Nội là thủ đô nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam, trung tâm đầu não chính trị và hành chính của cả nước. Theo đồ án quy hoạch đến năm 2050, Hà Nội gồm một khu đô thị trung tâm và 5 khu đô thị vệ tinh (Hình 1). Trong đó, khu đô thị trung tâm có vai trò quan trọng nhất, là hạt nhân của Hà Nội. Các nghiên cứu trước đây [Nguyễn Đức Đại và nnk, 1996, Vũ Nhật Thăng và nnk, 2003] cho thấy nền đất của Hà Nội là các trầm tích yếu. Thành phần chủ yếu là bùn, sét và cát hạt nhỏ. Nền đất này thường làm khuếch đại các sóng động đất thêm nhiều lần. Hơn nữa, nghiên cứu hoạt động động đất [Nguyễn Đình Xuyên và nnk, 1994] cho thấy Hà Nội nằm trên đới đứt gãy Sông Hồng (RRF). Chấn động có thể đạt cấp VIII (thang MSK-64), tức là mức độ nguy hiểm động đất cao, nguy cơ thiệt hại do động đất là lớn. Vì vậy, luận án này đặt ra nhiệm vụ nghiên cứu sự khuếch đại dao động gây ra do nền đất với tên Đề tài: “**Nghiên cứu ước lượng hiệu ứng nền đất khu vực nội thành thành phố Hà Nội và lân cận**”, nhằm xác định rõ các tham số đặc trưng liên quan đến tính cơ-lý của các lớp đất, đá phục vụ công tác lập quy hoạch, thiết kế công trình chịu động đất trong ứng phó và giảm thiểu thiệt hại do động đất cho cộng đồng đô thị.

Mục tiêu của Luận án: Làm rõ mức độ khuếch đại sóng động đất tại mặt đất khu vực nội thành thành phố Hà Nội và lân cận (nttp. Hà Nội) chủ yếu là do điều kiện nền đất địa phương.

Nội dung nghiên cứu của Luận án: (1) Thu thập, cập nhật, tổng hợp số liệu, tài liệu đo dao động vi địa chấn (ĐĐVĐC) và địa chất công trình (ĐCCT); (2) Đo bổ sung số liệu ĐĐVĐC một trạm; (3) Nghiên cứu, hoàn thiện quy trình đánh giá hiệu ứng nền đất (HUNĐ) bằng kỹ thuật đo ĐĐVĐC; (4) Xác định hệ số khuếch đại dao động nền (KĐĐN) khu vực nttp. Hà Nội.

Những điểm mới của luận án: (1) Làm rõ được mối liên quan giữa đặc điểm ĐĐVĐC và điều kiện nền đất (ĐKNĐ) địa phương khu vực nttp. Hà Nội; (2) Thành lập sơ đồ phân loại nền đất theo giá trị vận tốc sóng ngang trong 30m phía trên cùng (V_{S30}) khu vực nttp. Hà Nội; (3) Xác định được hệ số khuếch đại các loại nền B, C và D khu vực nttp. Hà Nội theo kỹ thuật mô phỏng biểu đồ tỷ số phổ H/V bằng thuật toán di truyền.

Cấu trúc của luận án: Ngoài phần mở đầu và kết luận gồm 5 chương, đó là: Chương 1. Tổng quan tình hình nghiên cứu và điều kiện nền đất khu vực nghiên cứu; Chương 2. Phương pháp nghiên cứu hiệu ứng nền đất; Chương 3. Nguồn số liệu và các quy trình minh giải; Chương 4. Đặc điểm dao động vi địa chấn khu vực nội thành thành phố Hà Nội và lân cận; Chương 5. Hiệu ứng nền đất khu vực nội thành thành phố Hà Nội và lân cận.



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu. Gồm 12 quận nội thành (Ba Đình, Cầu Giấy, Đống Đa, Hà Đông, Hai Bà Trưng, Hoàn Kiếm, Hoàng Mai, Long Biên, Tây Hồ, Thanh Xuân, Bắc Từ Liêm và Nam Từ Liêm) và 4 huyện ngoại thành lân cận (Đông Anh, Gia Lâm, Sóc Sơn và Thanh Trì). Tổng diện tích nghiên cứu khoảng 1000km².

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ ĐIỀU KIỆN NỀN ĐẤT KHU VỰC NGHIÊN CỨU

1.1. Nghiên cứu hiệu ứng nền đất trên thế giới và Việt Nam

Nghiên cứu HUNĐ ra đời vào thời điểm cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 2. Các nghiên cứu đã chỉ ra sự khuếch đại khác nhau tại mặt đất là do sự khác nhau của nền đất phía dưới [Milne, 1898] hay sự khuếch đại mạnh xảy ra tại các vùng có lớp trầm tích phù sa dày [Ohta và Goto, 1978; Singh và nnk, 1989; Fletcher và Wen, 2005]. Điều này chứng tỏ nền đất địa phương làm khuếch đại đáng kể sóng động đất tại mặt đất. Mỗi nền đất địa phương có các tham số đặc trưng riêng liên quan đến tính cơ-lý của đất, đá như: vận tốc truyền sóng ngang (V_s), mật độ, hệ số tắt dần chấn động, tần số trội H/V (F_0) và chiều dày. Trong đó, tham số V_s và F_0 là hai tham số quan trọng nhất do chúng liên quan trực tiếp đến tốc độ truyền sóng động đất và tần số cộng hưởng ảnh hưởng với công trình. Vì vậy, các tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất đều dựa vào hay liên quan đến các tham số này.

Ở Việt Nam, nghiên cứu HUNĐ chủ yếu được thực hiện theo các hướng sau: 1- Xây dựng các bản đồ gia tốc đỉnh (PGA) cho nền đá lộ với V_{S30} là 1100 m/s hay cho nền đá cứng với V_{S30} là 800 m/s, giá trị PGA ở các nền khác được nội suy theo giá trị PGA này [Nguyễn Đình Xuyên, 2004; Nguyễn Hồng Phương, 2006; Phạm Đình Nguyên và nnk, 2012]; 2- Tính toán giá trị PGA cho nền đất đặc trưng, giá trị PGA ở các nền đất khác được nội suy tương đương với giá trị PGA này [Nguyễn Ngọc Thủy, 2004]; (3) Xác định giá trị PGA bằng mô phỏng băng gia tốc phục vụ xây dựng phổ gia tốc thiết kế công trình chịu động đất [Trần Thị Mỹ Thành, 2007].

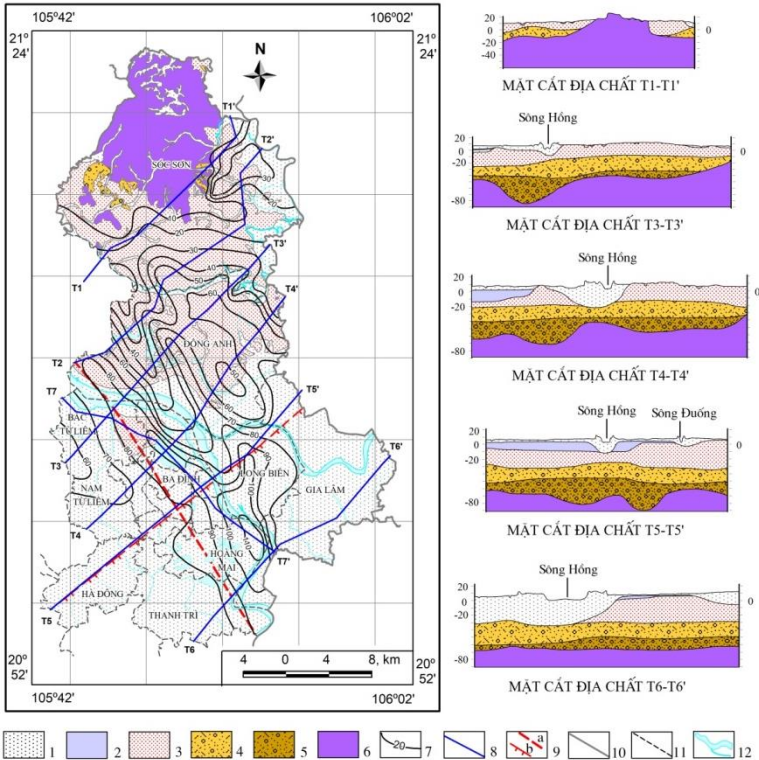
Tại Hà Nội, nghiên cứu HUNĐ đã được thực hiện bởi nhiều tác giả. Một số hướng chính có thể kể đến như: 1- Về ĐCCT, có các công trình của [Nguyễn Đức Đại, 1996; Vũ Nhật Thăng, 2003; Nguyễn Huy

Phuong, 2004] đã sử dụng số liệu lỗ khoan để thành lập các bản đồ ĐCCT, bản đồ cấu trúc nền, ... phục vụ phân loại các nhóm đất hay đặc điểm cấu trúc nền đất; 2- Về địa chấn, có các công trình nghiên cứu của Viện Vật lý địa cầu thực hiện trong các năm 1964, 1973, 1978, 1990 và 1992-1994 đã thành lập được bản đồ phân vùng nhỏ động đất thành phố Hà Nội theo phương pháp độ cứng địa chấn. Từ năm 2003 đến 2015, có các công trình [Tulandhar và nnk, 2004; Nguyễn Tiến Hùng, 2011; Nguyễn Hồng Phương, 2015] đã thành lập được bản đồ phân bố T_0 hay F_0 từ số liệu đo ĐĐVĐC một trạm minh giải theo kỹ thuật Nakamura (1989). Gần đây có Bùi Thị Nhung (2017) đã phân loại nền khu vực nttp. Hà Nội theo đặc điểm thạch học, Phạm Thế Truyền (2020) đã tính được giá trị PGA cho 5 quận trung tâm bằng nguồn động đất cực đoan, Giang Trung Kiên (2022) đã tính giá trị PGA theo tuyến Tây-Đông bằng mô phỏng băng gia tốc. Như vậy, có thể thấy rằng, các nghiên cứu trước đây mới chỉ tập trung vào xác định giá trị T_0 hay F_0 , đặc tính cơ lý của đất-đá hay sự KĐDDN theo kịch bản động đất cực đoan, còn nghiên cứu về sự khuếch đại do nền đất địa phương của khu vực nttp. Hà Nội vẫn chưa được thực hiện rõ ràng. Bởi vậy, nghiên cứu này thực hiện phân loại nền đất, xác định hệ số KĐDDN theo giá trị V_{S30} tính được từ số liệu đo ĐĐVĐC một trạm trong khu vực nttp. Hà Nội.

1.2. Điều kiện nền đất khu vực nghiên cứu

Địa hình khu vực nghiên cứu gồm 03 dạng: địa hình núi thấp, địa hình gò đồi và địa hình đồng bằng. Theo tài liệu ĐCCT trong các báo cáo thăm dò trước đây [Nguyễn Đức Đại, 1996; Vũ Nhật Thăng và nnk, 2003] thì đá gốc chỉ phát lộ ở vùng núi phía Bắc sau đó chìm xuống dưới lớp phủ nông ở các vùng đồng bằng. Lớp phủ nông là các trầm tích Đệ tứ được hình thành từ Pleistocen sớm đến Holocen muộn, gồm 05 hệ tầng từ trên xuống dưới lần lượt là Thái Bình, Hải Hưng,

Vĩnh Phúc, Hà Nội và Lê Chi. Thành phần chủ yếu là cát hạt nhỏ, sét, cát vàng, sỏi và cuội. Chiều dày lớp phủ nông (D) có xu hướng tăng dần từ Bắc xuống Nam, đạt 0 m ở Sóc Sơn và 116 m ở Hoàng Mai và từ Tây sang Đông, đạt 55 m ở Bắc Từ Liêm và 100 m ở Long Biên (Hình 1.10).



Hình 1.10. Sơ đồ phân vùng ĐCCT, phân bố chiều dày lớp phủ nông và các mặt cắt địa chất 2D khu vực nghiên cứu. (1) hệ tầng Thái Bình; (2) hệ tầng Hải Hưng; (3) hệ tầng Vĩnh Phúc; (4) hệ tầng Hà Nội; (5) hệ tầng Lê Chi; (6) đá gốc; (7) đường đồng mức chiều dày lớp phủ nông và giá trị tính bằng m; (8) mặt cắt địa chất; (9) đứt gãy kiến tạo: a- đứt gãy Vĩnh Ninh, b- đứt gãy Gia Lâm-Chương Mỹ; (10) ranh giới tỉnh; (11) ranh giới huyện và (12) sông, hồ, suối.

CHƯƠNG 2: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU HIỆU ỨNG NỀN ĐẤT

2.1. Dao động vi địa chấn và các kỹ thuật đo

DĐVĐC là các dao động tự nhiên rất nhỏ ở gần mặt đất, biên độ dao động dịch chuyển từ 10^{-7} đến 10^{-5} m. Chúng được tạo ra từ các hoạt động như: động đất, giao thông, nhà máy, gió, sóng biển,

DĐVĐC thường được đo bằng một số kỹ thuật như: Kỹ thuật đo điểm tựa là phép đo đồng thời bằng 02 máy đo DĐVĐC; Kỹ thuật đo một trạm là phép đo một lần duy nhất bằng 01 máy đo DĐVĐC và Kỹ thuật đo mảng là phép đo đồng thời bằng nhiều máy đo DĐVĐC.

2.2. Phương pháp đánh giá các đặc điểm DĐVĐC

DĐVĐC tại mặt đất là các sóng dừng truyền từ ranh giới phân chia giữa các lớp đất-đá ở phía dưới. Khi đó, tần số sóng DĐVĐC là:

$$f = (2k + 1) \frac{V}{4h} \quad (k=0, 1, 2, \dots) \quad (2.1)$$

trong đó, f là tần số sóng DĐVĐC; k là số bó sóng DĐVĐC; V là vận tốc truyền sóng DĐVĐC; h là độ sâu từ mặt đất đến đáy lớp.

Kỹ thuật phân tích tỷ số phổ H/V (HVS_R) được đề xuất bởi Nakamura (1989). Kỹ thuật này dùng để xác định tần số trội H/V (F_0) từ phép đo DĐVĐC một trạm. Công thức tổng quát có dạng:

$$HVS_R = \frac{\sqrt{(F_{NS}^2 + F_{EW}^2)}/2}{F_Z} \quad (2.2)$$

trong đó F_{NS} là phổ Fourier của DĐVĐC thành phần Bắc-Nam; F_{EW} là phổ Fourier của DĐVĐC thành phần Đông-Tây; F_Z là phổ Fourier của DĐVĐC thành phần thẳng đứng.

Kỹ thuật đánh giá liên hệ giữa F_0 và D được đề xuất bởi Seht và Wohlenberg (1999). Hàm liên hệ lý thuyết có dạng:

$$D = a * F_0^b \quad (2.3)$$

ở đó $a = \left[\frac{V_0(1-x)}{4} \right]^{1/(1-x)}$; $b = -\frac{1}{1-x}$ và phụ thuộc vào ĐKNĐ địa phương.

2.3. Phương pháp đánh giá hiệu ứng nền đất

Kỹ thuật chuyển đổi sóng SH của Haskell (1953, 1960), trong môi trường có n lớp song song, đồng nhất và đẳng hướng, tỷ số biên độ sóng phản xạ (v_n') và sóng tới của n lớp (v_n'') và tỷ số biên độ sóng tại mặt đất (v_0) và sóng tới của n lớp (v_n'') có dạng:

$$v_n'/v_n'' = \frac{\mu_n r \beta_n A_{11} - A_{21}}{\mu_n r \beta_n A_{11} + A_{21}} \quad (2.4)$$

$$v_0/v_n'' = \frac{2\mu_n r \beta_n}{\mu_n r \beta_n A_{11} + A_{21}} \quad (2.5)$$

Thuật toán di truyền được phát triển bởi Holland và nnk (1975), đây là công cụ tìm kiếm tiên tiến, dùng để tìm ra kết quả có lợi và phù hợp nhất với thực tiễn. Hàm tương quan sử dụng là 80% cho tương quan tuyến tính và 20% cho tương quan F_0 , dạng:

$$f = \left(\frac{r+1}{r}\right) \times 0.8 + \left(1 - \frac{|F_{SH} - F_{HV}|}{0.3 \times F_{HV}}\right) \times 0.2 \quad (2.6)$$

trong đó F_{SH} là tần số trội tính theo hàm chuyển đổi lý thuyết; F_{HV} là F_0 xác định được tại điểm đo ĐĐVĐC và r là hệ số tương quan tuyến tính giữa biểu đồ sóng SH chuyển đổi và biểu đồ HVSR thực tế.

Hàm suy giảm chấn động được thiết lập bởi Campbell và Bozognia (2008), phù hợp với điều kiện của Việt Nam, dạng tổng quát:

$$Ln(GM) = f_{mag} + f_{dis} + f_{flt} + f_{hng} + f_{site} + f_{sed} \quad (2.7)$$

trong đó f_{mag} là hàm liên quan đến độ lớn mô men động đất (M_w); f_{dis} là hàm liên quan khoảng cách từ vùng phá hủy đến điểm đo; f_{flt} là hàm liên quan đến cơ chế hoạt động của đứt gãy; f_{hng} là hàm liên quan đến vị trí điểm đo so với mặt phá hủy của đứt gãy; f_{site} là hàm liên quan đến ĐKNĐ địa phương; f_{sed} là hàm liên quan đến cấu trúc của bồn trũng khu vực nghiên cứu.

$$\text{Hệ số khuếch đại dao động nền (K): } K = \frac{GM_S}{GM_R} \quad (2.8)$$

trong đó GM_S , GM_R lần lượt là giá trị dao động nền theo phương ngang (GM) tính theo V_{S30} thực tế và tính theo V_{S30} là 800 m/s.

2.4. Các tiêu chuẩn đánh giá

Tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 của Việt Nam phân loại nền đất theo giá trị V_{S30}

Tiêu chí DIN 4149:2005 của Đức phân vùng tần số dao động.

CHƯƠNG 3: NGUỒN SỐ LIỆU VÀ QUY TRÌNH MINH GIẢI

3.1. Thiết bị đo dao động vi địa chấn

Thiết bị sử dụng là 07 bộ máy đo ĐĐVĐC hiện đại được sản xuất bởi hãng Tokyo Sukushin của Nhật Bản, mỗi bộ gồm 01 máy ghi SAMTAC-801H với độ phân giải 24bit và 01 đầu đo VSE315D hay VSE355EV (03 thành phần vận tốc và 03 thành phần gia tốc) và dải tần cảm ứng từ 0,1 tới 50 Hz (Hình 3.1). Vị trí điểm đo được xác định chính xác bằng hệ thống GPS cầm tay.



Hình 3.1. Thiết bị đo dao động vi địa chấn sử dụng và môi trường khảo sát

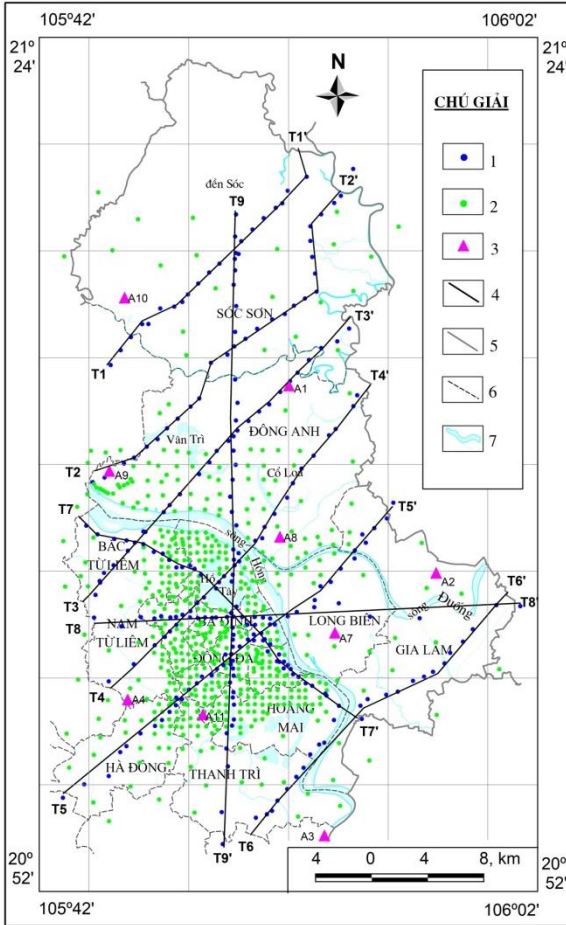
3.2. Nguồn số liệu phục vụ nghiên cứu

Số liệu chính sử dụng gồm: 834 điểm đo ĐĐVĐC một trạm, trong đó có 497 điểm đo thực hiện trong nghiên cứu này và 09 điểm đo

mảng ĐĐVĐC [Wen và nnk, 2012 ; Nguyễn Hồng Phương, 2014] (Hình 3.4).

Ngoài ra còn có các số liệu, dữ liệu thu thập khác, gồm:

- 157 giá trị chiều dày lớp phủ (D) theo lỗ khoan trong các nghiên cứu [Nguyễn Đức Đại, 1996, Vũ Nhật Thăng và nnk, 2003; Nguyễn Đình Thông và nnk, 2012];
- 39 lỗ khoan có chỉ số N_{SPT} và mô tả đặc điểm thạch học trong nghiên cứu của Nguyễn Huy Phương (2004);
- 36 giá trị V_{S30} tổng hợp được trong các nghiên cứu [Trịnh Việt Bắc và nnk, 2011; Nguyễn Sinh Minh và nnk, 2015; Lại Hợp Phòng và nnk, 2020];
- Các tập bản đồ ĐCCT, 06 mặt cắt trầm tích Đệ tứ và 02 mặt cắt ĐCCT của Nguyễn Đức Đại (1996); Các sơ đồ đồng bề dày trầm tích Đệ tứ của Vũ Nhật Thăng và nnk (2003); Bản đồ cấu trúc nền đất thành phố Hà Nội tỷ lệ 1:25.000 của Nguyễn Huy Phương và nnk (2004).
- Sự tin cậy của số liệu đo ĐĐVĐC một trạm và các mặt cắt ĐCCT cũng được kiểm tra và đánh giá trong nghiên cứu này. Kết quả cho thấy: 1- Biểu đồ HVSR của các phép đo ĐĐVĐC một trạm tại một điểm ít thay đổi theo thời gian đo và thiết bị đo, nghĩa là số liệu ĐĐVĐC một trạm sử dụng của nghiên cứu này là đồng bộ và tin cậy; 2- Giá trị chiều dày lớp phủ nông xác định theo các mặt cắt ĐCCT của Nguyễn Đức Đại (1996) và theo lỗ khoan mới [Vũ Nhật Thăng và nnk, 2003; Nguyễn Đình Thông và nnk, 2012] có sự khác nhau đáng kể. Do đó, giá trị chiều dày lớp phủ nông thu thập của các nghiên cứu trước đây sử dụng trong nghiên cứu này là theo số liệu lỗ khoan.



Hình 3.4. Sơ đồ phân loại điểm đo ĐĐVĐC phục vụ nghiên cứu này. (1) điểm đo ĐĐVĐC một trạm theo tuyến; (2) điểm đo ĐĐVĐC một trạm theo diện; (3) điểm đo mảng ĐĐVĐC; (4) tuyến khảo sát ĐĐVĐC; (5) ranh giới tỉnh; (6) ranh giới huyện và (7) sông, hồ, suối.

3.3. Quy trình minh giải

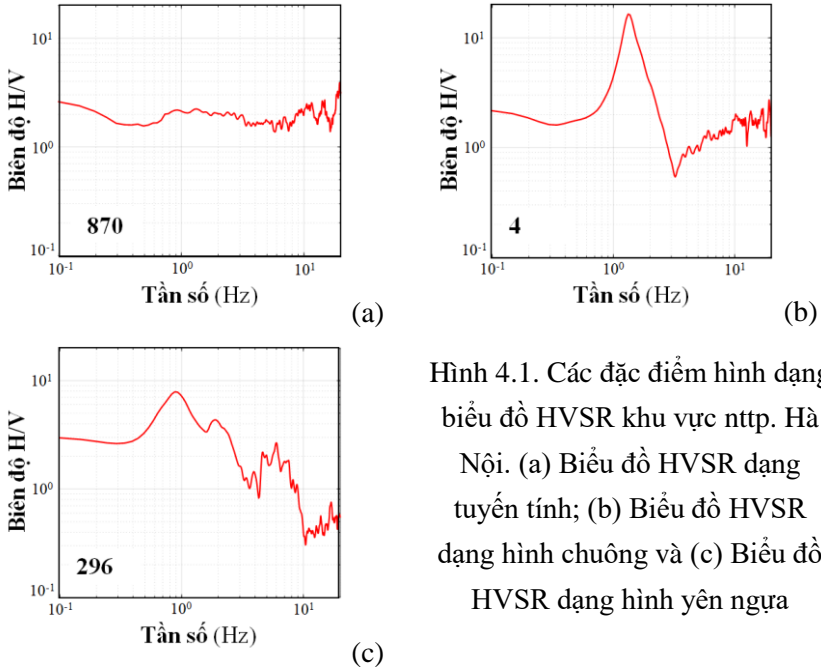
Từ các giá trị V_{S30} tính được theo kỹ thuật mô phỏng biểu đồ HVSR bằng thuật toán di truyền, quy trình xử lý gồm các bước chính sau: Bước 1: Hiệu chỉnh các tham số vùng nguồn phát sinh động đất; Bước 2: Tính giá trị GM_S và giá trị GM_R tại mỗi điểm đo ĐĐVĐC; Bước 3: Xác định hệ số K tại mỗi điểm đo ĐĐVĐC bằng công thức (2.8); Bước 4: Xác định hệ số K của mỗi loại nền đất theo kịch bản động đất; Bước 5: Tính hệ số K trung bình của mỗi loại nền đất và Bước 6: Phân tích, đánh giá kết quả.

CHƯƠNG 4

ĐẶC ĐIỂM DAO ĐỘNG VI ĐỊA CHẤN KHU VỰC NỘI THÀNH THÀNH PHỐ HÀ NỘI VÀ LÂN CẬN

4.1. Đặc điểm hình dạng biểu đồ HVSР khu vực nttp. Hà Nội

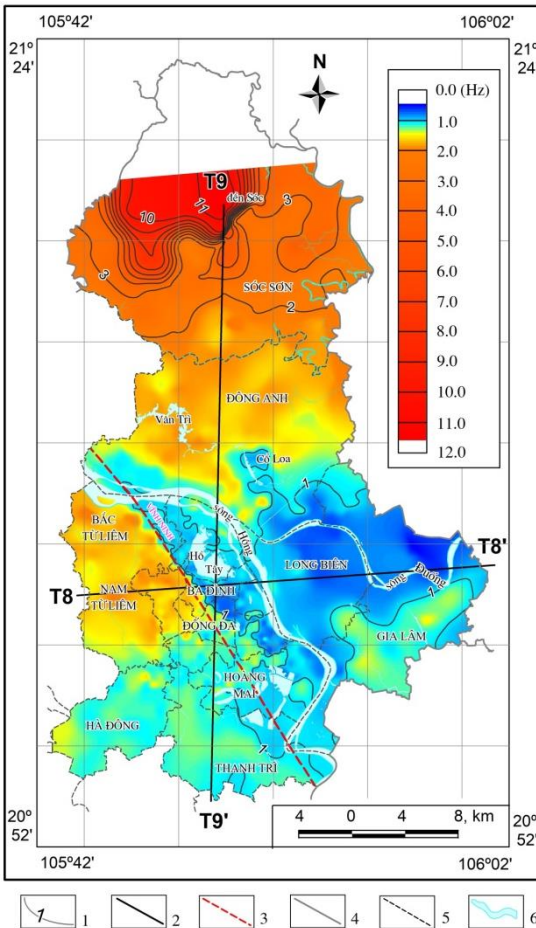
Xử lý số liệu 834 điểm đo ĐĐVĐC một trạm theo kỹ thuật Nakamura (1989), 834 biểu đồ HVSР được xây dựng. Dựa vào hình dạng các biểu đồ này, chúng được phân ra làm 03 dạng: 1- Dạng tuyến tính (không có đỉnh trội rõ ràng) gồm 03 biểu đồ, chỉ có tại vùng đá lộ phía Bắc huyện Sóc Sơn; 2- Dạng hình chuông (có một đỉnh trội rõ ràng) gồm 529 biểu đồ, chủ yếu tại các vùng đồng bằng đã ổn định ở phía Bắc, phía Tây và phía Nam và 3- Dạng hình yên ngựa (có nhiều đỉnh trội rõ ràng) gồm 302 biểu đồ, chủ yếu tại vùng đồng bằng chưa ổn định phía Đông và dải dọc theo sông Hồng hay vùng đất-đá phong hoá mạnh gần chân núi phía Bắc huyện Sóc Sơn (Hình 4.1).



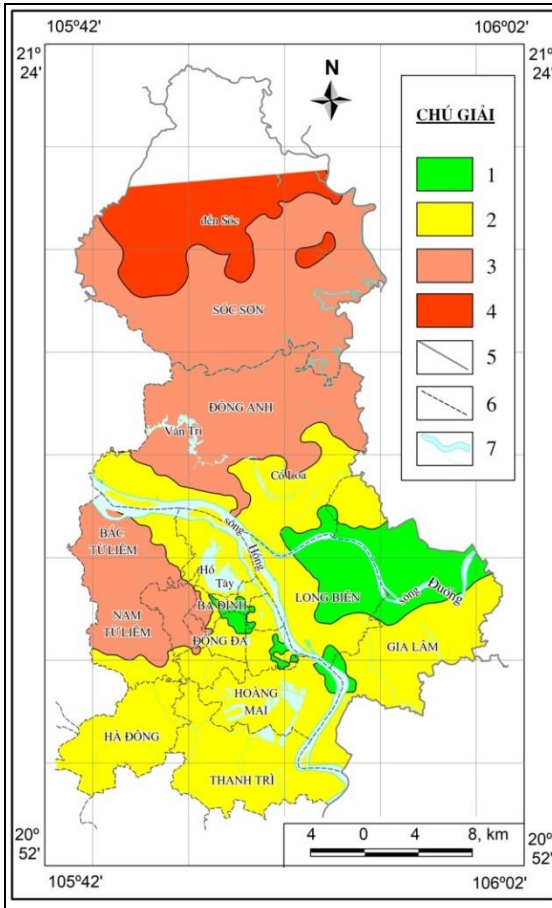
Hình 4.1. Các đặc điểm hình dạng biểu đồ HVSР khu vực nttp. Hà Nội. (a) Biểu đồ HVSР dạng tuyến tính; (b) Biểu đồ HVSР dạng hình chuông và (c) Biểu đồ HVSР dạng hình yên ngựa

4.2. Đặc điểm tần số trội H/V (F_0) khu vực nttp. Hà Nội

Từ 834 hình dạng biểu đồ HVSR, 834 giá trị F_0 được xác định. Giá trị F_0 đạt từ 0,37 đến 11,67 Hz (Hình 4.3). Theo tiêu chí DIN 4149:2005, 834 giá trị F_0 được chia ra làm 4 miền tần số trội khác nhau: Miền tần số trội cao ứng với F_0 lớn hơn 3,5 Hz; Miền tần số trội trung bình ứng với F_0 từ 1,3 đến 3,5 Hz; Miền tần số trội thấp ứng với F_0 từ 0,8 đến 1,3 Hz và miền tần số trội rất thấp ứng với F_0 nhỏ hơn 0,8 Hz (Hình 4.4).



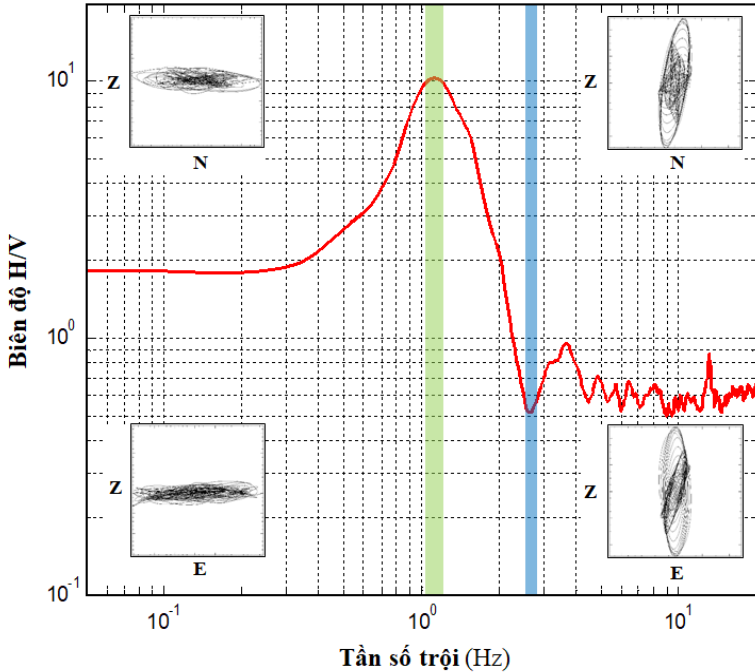
Hình 4.3. Sơ đồ phân bố giá trị F_0 khu vực nttp. Hà Nội. (1) đường đồng mức F_0 và giá trị tính bằng Hz; (2) tuyến khảo sát giá trị F_0 ; (3) đứt gãy Vĩnh Ninh; (4) ranh giới tỉnh; (5) ranh giới huyện và (6) sông, hồ, suối.



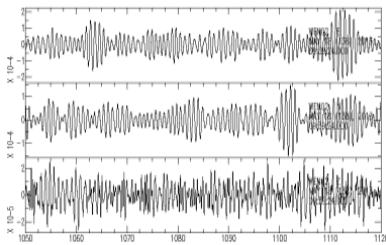
Hình 4.4. Sơ đồ phân vùng giá trị F_0 khu vực ntp. Hà Nội. (1) vùng F_0 nhỏ hơn hay bằng 0,8 Hz; (2) vùng F_0 từ 0,8 đến 1,3 Hz; (3) vùng F_0 từ 1,3 đến 3,5 Hz; (4) vùng F_0 lớn hơn 3,5 Hz; (5) ranh giới tỉnh; (6) ranh giới huyện và (7) sông, hồ, suối.

4.3. Đặc điểm ĐĐVĐC trong miền tần số đặc biệt khu vực ntp. Hà Nội

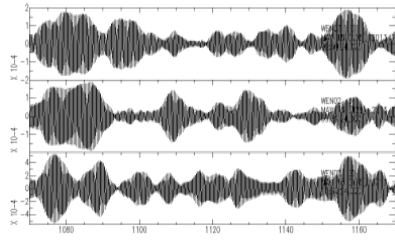
Các dạng ĐĐVĐC được biểu diễn trong hai miền tần số hẹp đặc biệt cho thấy: 1- Các dao động phân cực trong miền tần số đỉnh trội (hai hình nhỏ bên trái) chủ yếu dao động theo phương ngang (trục N hay E) giống như dao động của sóng SH (Hình 4.6(a, b)); 2- Ngược lại, các dao động phân cực trong miền tần số điểm lõm (hai hình nhỏ bên phải) chủ yếu dao động theo phương đứng (trục Z) giống như dao động của sóng Rayleigh (Hình 4.6(a, c)).



(a)



(b)



(c)

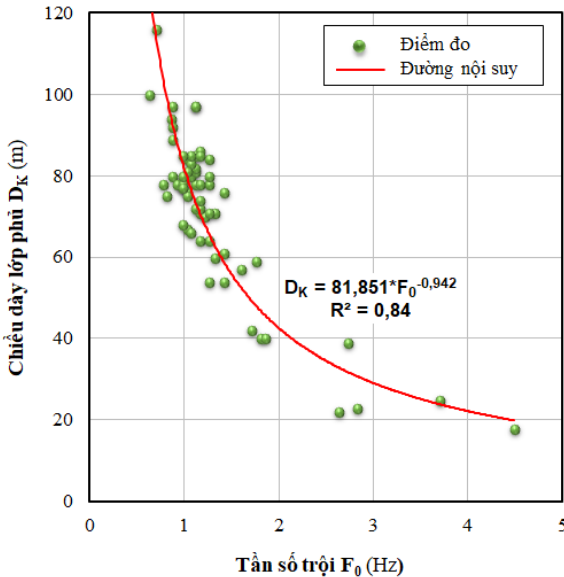
Hình 4.6. Các biểu đồ mô tả đặc điểm DĐVĐC trong hai miền tần số đặc biệt khu vực ntp. Hà Nội. (a) Biểu đồ HVSZ, các miền tần số đặc biệt (màu xanh lá cây là miền tần số đỉnh trội, màu xanh nước biển là miền tần số điểm lõm) và các dạng dao động phân cực theo phương đứng và phương ngang; (b) Băng ghi DĐVĐC được lọc trong miền tần số đỉnh trội và (c) Băng ghi DĐVĐC được lọc trong miền tần số điểm lõm.

4.4. Đặc điểm tương quan giữa F_0 và D_K khu vực nttp. Hà Nội

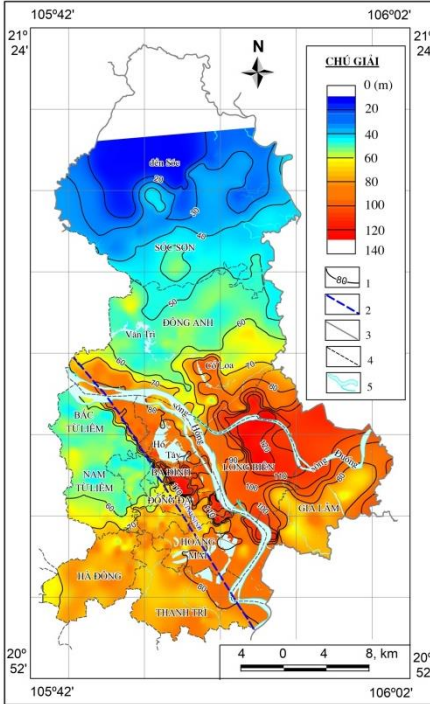
Từ 64 cặp giá trị chiều dày lớp phủ nông theo lỗ khoan (D_K) và giá trị F_0 đo cạnh các lỗ khoan này, các hệ số liên hệ thực nghiệm của hàm dạng công thức (2.3) tìm được bằng phép hồi quy không tuyến tính lần lượt là $a=81,851$ và $b = -0,942$ với hệ số tương quan đạt 0,84 (Hình 4.7). Vậy hàm tương quan thực nghiệm giữa F_0 tính bằng Hz và D_K tính bằng m khu vực nttp. Hà Nội là:

$$D_K = 81,851 * F_0^{-0,942} \quad (4.1).$$

Hệ số tương quan đạt 0,84 cho thấy hàm tương quan giữa D_K và F_0 là tin cậy, bởi vậy công thức (4.1) được sử dụng để tìm D theo F_0 (D_T) tại các điểm đo ĐĐVĐC còn lại. Dựa vào các giá trị D_T , sơ đồ phân vùng giá trị D_T khu vực nttp. Hà Nội được thành lập (Hình 4.9). Hình 4.9 cho thấy D_T nhỏ nhất đạt dưới 20 m ở vùng núi phía Bắc huyện Sóc Sơn, D_T lớn nhất đạt trên 100 m tại vùng trung tâm và phía Đông, D_T dải dọc Sông Hồng và khu vực phía Nam đạt trên 70 m. Kết quả này phù hợp với kết quả theo lỗ khoan [Vũ Nhật Thăng và nnk, 2003].



Hình 4.7. Biểu đồ tương quan giữa F_0 và D_K khu vực nttp. Hà Nội.



Hình 4.9. Sơ đồ phân vùng chiều dày lớp phủ nông khu vực nttp. Hà Nội. (1) đường đồng mức chiều dày lớp phủ nông và giá trị tính bằng m; (2) đứt gãy kiến tạo; (3) ranh giới tỉnh; (4) ranh giới huyện và (5) sông, hồ, suối.

CHƯƠNG 5

HIỆU ỨNG NỀN ĐẤT KHU VỰC NỘI THÀNH THÀNH PHỐ HÀ NỘI VÀ LÂN CẬN

5.1. Các mô hình khởi tạo

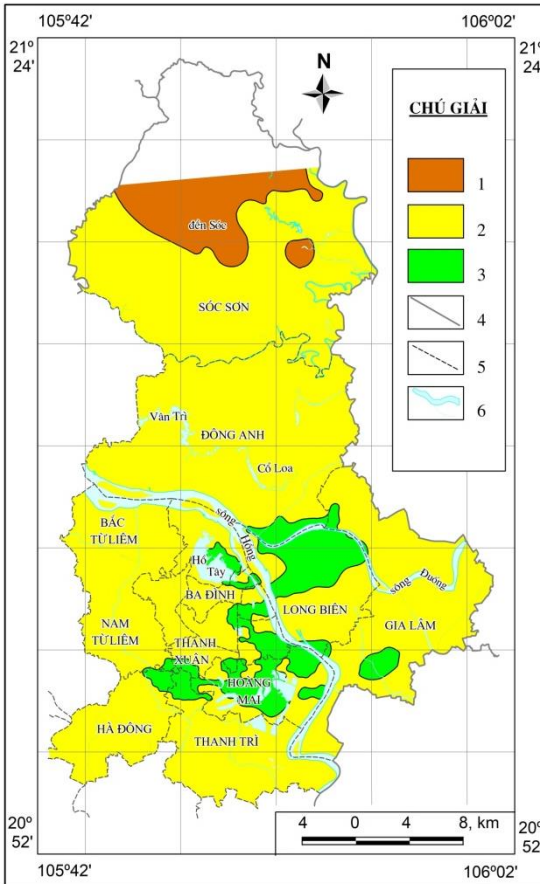
Giá trị V_S của các lớp đất gần mặt đất được lựa chọn theo số liệu lỗ khoan còn giá trị V_S của lớp đá sâu được lựa chọn theo số liệu đồ mảng ĐĐVĐC. Sử dụng tài liệu ĐCCT, 03 mô hình khởi tạo được xây dựng ứng với 03 loại nền đất đặc trưng của khu vực nghiên cứu.

5.2. Biểu đồ cấu trúc V_S1D lớp phủ nông khu vực nttp. Hà Nội

Từ 816 biểu đồ HVSR, 816 giá trị F_0 và 03 mô hình khởi tạo, 2448 biểu đồ cấu trúc V_S1D tối ưu được thành lập theo kỹ thuật mô phỏng biểu đồ HVSR bằng thuật toán di truyền. Kết quả mô phỏng đạt được cho thấy, hình dạng và vị trí các đỉnh trội được mô phỏng khá đầy đủ.

5.3. Phân loại nền đất khu vực nttp. Hà Nội

Từ 2448 biểu đồ cấu trúc V_{S1D} tối ưu, 816 giá trị V_{S30} được xác định. Áp dụng Tiêu chuẩn TCVN 9386:2012, khu vực nghiên cứu được phân chia ra làm 3 loại nền đất khác nhau: 1- Nền B ứng với vùng có V_{S30} từ 360 đến 800 m/s, chỉ có ở vùng núi và vùng đồng bằng rìa chân núi phía Bắc huyện Sóc Sơn; 2- Nền C ứng với vùng có V_{S30} từ 180 đến 360 m/s, chiếm hầu hết vùng đồng bằng và (iii) Nền D ứng với vùng có V_{S30} nhỏ hơn 180 m/s, phân bố theo dải Long Biên-Hoàn Kiếm-Hoàng Mai-Thanh Xuân (Hình 5.8).



Hình 5.8. Sơ đồ phân loại nền đất khu vực nttp. Hà Nội. (1) nền loại B ứng với V_{S30} từ 360 đến 800 m/s; (2) nền loại C ứng với V_{S30} từ 180 đến 360 m/s; (3) nền loại D ứng với V_{S30} nhỏ hơn 180 m/s; (4) ranh giới tỉnh; (5) ranh giới huyện và (6) sông, hồ, suối.

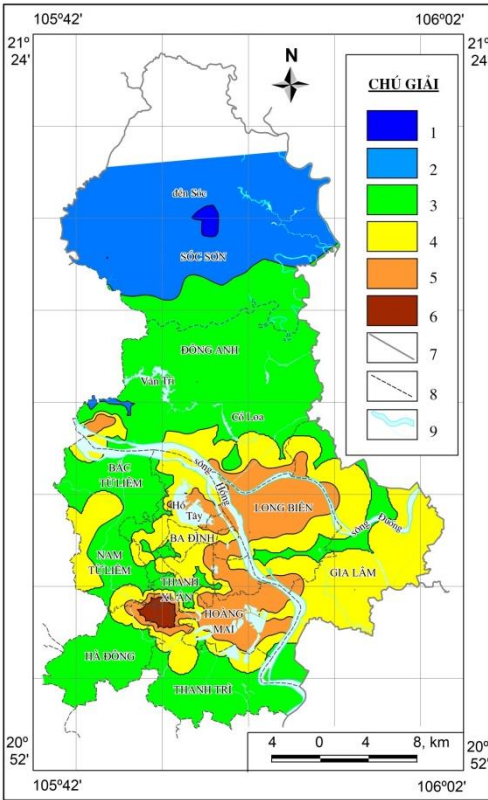
5.4. Hệ số khuếch đại dao động nền khu vực nttp. Hà Nội

Các tham số kích bản xác định từ 03 trận động đất (Thanh Hóa 1635; Vĩnh Phúc 1958; Bắc Giang 1961) với M_w và hướng truyền chấn động khác nhau. Các hệ số KĐĐĐN của 03 kích bản (K_1, K_2, K_3) được tính theo công thức (2.8). Sự phân bố các giá trị K_1, K_2, K_3 được mô tả ở các hình 5.12, hình 5.16 và hình 5.20 tương ứng. Dựa vào 816 giá trị V_{S30} và các giá trị K_1, K_2, K_3 , các biểu đồ tương quan giữa chúng được xây dựng như mô tả ở các hình 5.13, hình 5.17 và hình 5.21. Từ các giá trị K_1, K_2, K_3 , hệ số khuếch đại nền trung bình theo 03 kích bản ($K_{1tb}, K_{2tb}, K_{3tb}$) và hệ số khuếch đại nền trung bình của 03 kích bản (K) tính được cho các nền B, C và D như mô tả ở bảng 5.9. Mối tương quan giữa các cặp hệ số KĐĐĐN theo kích bản ở khu vực nttp. Hà Nội được mô tả ở hình 5.22. Hình 5.22 cho thấy mối tương quan giữa chúng là tốt, hệ số tương quan đạt trên 0,89. Điều này khẳng định hệ số KĐĐĐ ở khu vực nttp. Hà Nội ít phụ thuộc vào độ lớn nguồn phát sinh chấn động và hướng lan truyền chấn động.

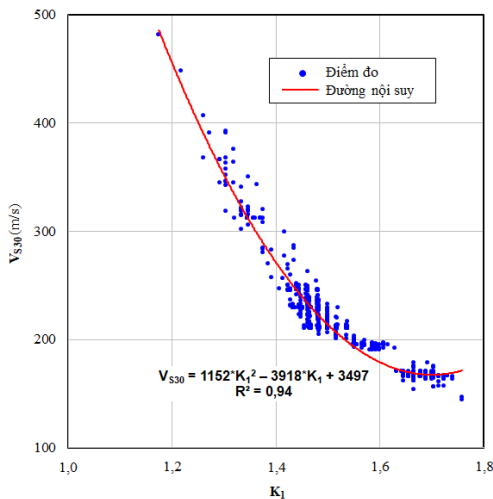
Bảng 5.9. Hệ số khuếch đại các loại nền đất tính được theo 3 kích bản ở khu vực nttp. Hà Nội.

LOẠI NỀN ĐẤT	HỆ SỐ KHUẾCH ĐẠI NỀN			
	K_{1tb}	K_{2tb}	K_{3tb}	K
B	1,28	1,27	1,24	1,26
C	1,48	1,47	1,45	1,47
D	1,68	1,68	1,63	1,66

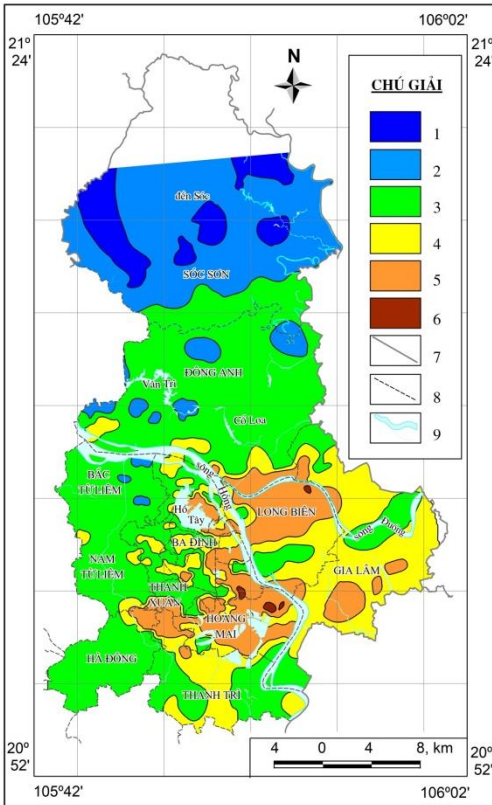
Ghi chú: $K_{1tb}, K_{2tb}, K_{3tb}$ lần lượt là hệ số khuếch đại nền trung bình theo kích bản 1, 2, 3; K là hệ số khuếch đại nền trung bình của 03 kích bản.



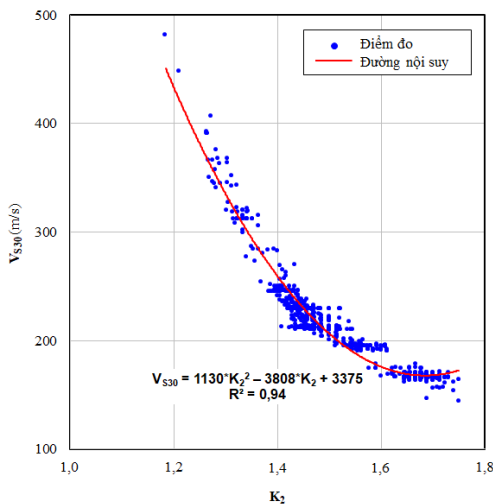
Hình 5.12. Sơ đồ phân vùng hệ số khuếch đại dao động nền của kịch bản động đất 1 khu vực nttp. Hà Nội. (1) K_1 nhỏ hơn 1,3; (2) K_1 từ 1,3 đến 1,4; (3) K_1 từ 1,4 đến 1,5; (4) K_1 từ 1,5 đến 1,6; (5) K_1 từ 1,6 đến 1,7; (6) K_1 lớn hơn 1,7; (7) ranh giới tỉnh; (8) ranh giới huyện và (9) sông, hồ, suối.



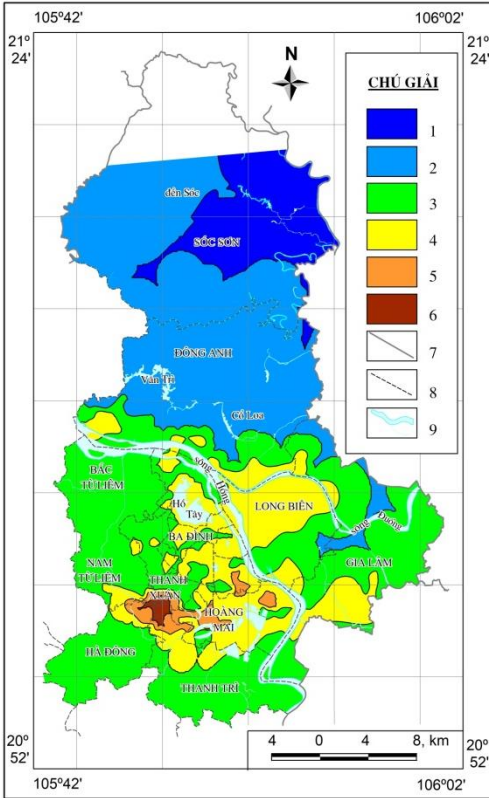
Hình 5.13. Biểu đồ tương quan giữa K_1 và V_{S30} khu vực nttp. Hà Nội.



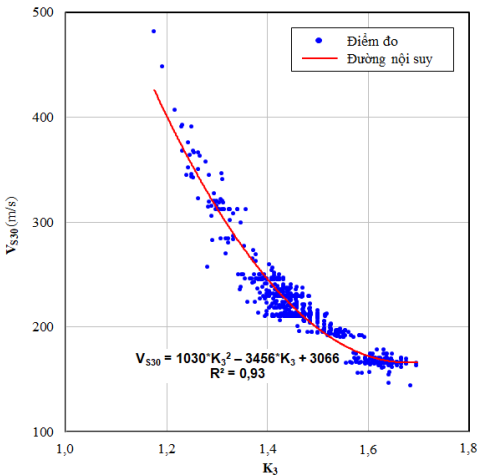
Hình 5.16. Sơ đồ phân vùng hệ số khuếch đại dao động nền của kịch bản động đất 2 khu vực nttp. Hà Nội. (1) K_2 nhỏ hơn 1,3; (2) K_2 từ 1,3 đến 1,4; (3) K_2 từ 1,4 đến 1,5; (4) K_2 từ 1,5 đến 1,6; (5) K_2 từ 1,6 đến 1,7; (6) K_2 lớn hơn 1,7; (7) ranh giới tỉnh; (8) ranh giới huyện và (9) sông, hồ, suối.



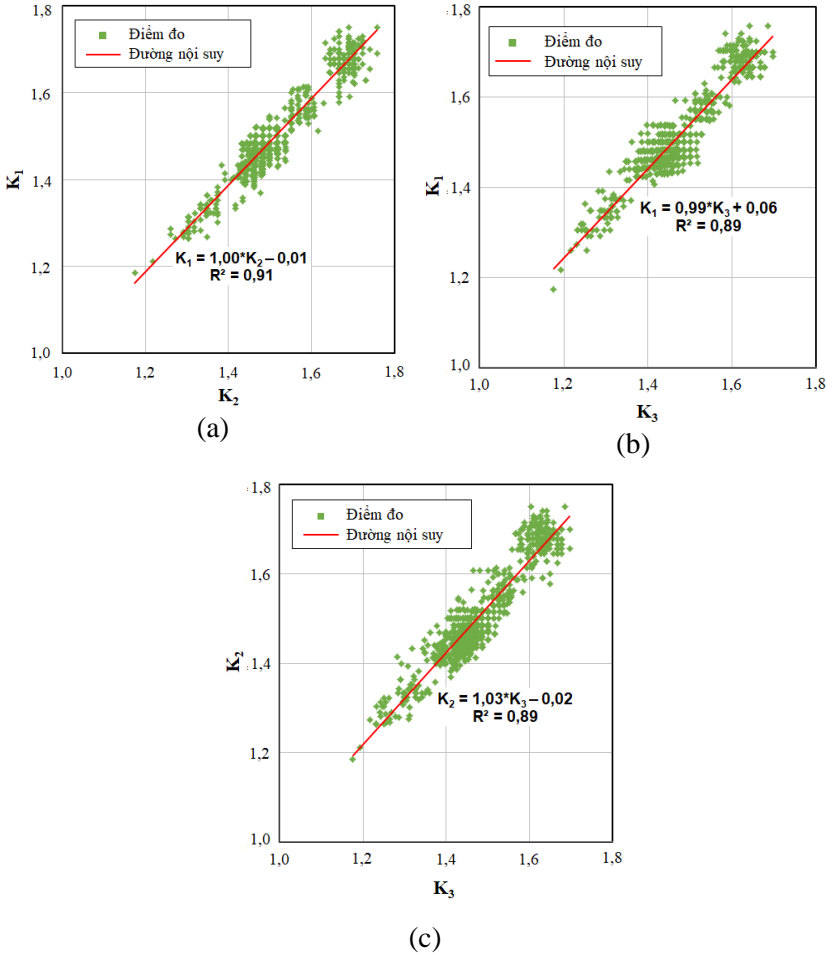
Hình 5.17. Biểu đồ tương quan giữa K_2 và V_{S30} khu vực nttp. Hà Nội.



Hình 5.20. Sơ đồ phân vùng hệ số khuếch đại dao động nền của kịch bản động đất 3 khu vực ntp. Hà Nội. (1) K_3 nhỏ hơn 1,3; (2) K_3 từ 1,3 đến 1,4; (3) K_3 từ 1,4 đến 1,5; (4) K_3 từ 1,5 đến 1,6; (5) K_3 từ 1,6 đến 1,7; (6) K_3 lớn hơn 1,7 và (7) ranh giới tỉnh; (8) ranh giới huyện và (9) sông, hồ, suối.



Hình 5.21. Biểu đồ tương quan giữa K_3 và V_{S30} khu vực ntp. Hà Nội.



Hình 5.22. Các biểu đồ tương quan giữa các hệ số khuếch đại dao động nền khu vực nttp. Hà Nội. (a) Tương quan giữa K_1 và K_2 ; (b) Tương quan giữa K_1 và K_3 và (c) Tương quan giữa K_2 và K_3 .

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Việc nghiên cứu ước lượng hiệu ứng nền đất đã thực hiện dựa vào 834 điểm đo dao động vi địa chấn một trạm và ba kịch bản động đất ở khu vực nttp. Hà Nội. Trên cơ sở các kết quả nền trên có thể rút ra những kết luận sau:

1/ Luận án đã xây dựng hoàn thiện quy trình ước lượng hiệu ứng nền đất trên cơ sở nguồn số liệu đo dao động vi địa chấn và địa chất công trình khu vực thành phố Hà Nội kết hợp với các phương pháp phân tích tỷ số phổ H/V, mô phỏng biểu đồ tỷ số phổ H/V bằng thuật toán di truyền và xác định hệ số khuếch đại dao động nền đang được sử dụng phổ biến trên thế giới và Việt Nam.

2/ Kết quả đánh giá đặc điểm dao động vi địa chấn đã làm rõ được các mối liên quan giữa đặc điểm dao động vi địa chấn và điều kiện nền đất địa phương khu vực nttp. Hà Nội. Đặc điểm hình dạng biểu đồ tỷ số phổ H/V của dao động vi địa chấn liên quan chủ yếu đến tính chất cơ-lý của các lớp đất, đá ở phía dưới điểm đo. Đặc điểm tần số trội H/V của dao động vi địa chấn liên quan chủ yếu đến chiều dày lớp đất phủ phía trên mặt đá cứng. Hàm tương quan giữa tần số trội H/V (F_0) tính bằng Hz và chiều dày lớp đất phủ phía trên mặt đá cứng (D) tính bằng m khu vực nttp. Hà Nội là $D = 81,851 * F_0^{-0.942}$. Các dao động vi địa chấn xung quanh tần số đỉnh trội chủ yếu là dao động ngang giống như sóng SH còn các dao động vi địa chấn xung quanh tần số điểm lồi chủ yếu là dao động đứng giống như sóng Rayleigh.

3/ Việc phân loại nền đất đã thành lập được sơ đồ phân loại nền đất khu vực nttp. Hà Nội trên cơ sở 834 điểm đo dao động vi địa chấn một trạm khảo sát thực tế. Sơ đồ phân loại nền đất đã chỉ rõ được mối liên quan giữa các loại nền và đặc điểm của các loại đất, đá trong khu vực nttp. Hà Nội. Nền loại B phân bố tại các vùng núi, vùng chân núi và

vùng đồng bằng rìa chân núi phía Bắc huyện Sóc Sơn. Nền loại C chiếm hầu hết vùng đồng bằng ổn định của khu vực nttp. Hà Nội. Nền loại D xuất hiện rải rác tại các vùng đồng bằng thấp chứa lớp đất yếu dày ở phía Bắc quận Long Biên, phía Nam quận Thanh Xuân, dải dọc sông Hồng kéo dài từ Hồ Tây đến Yên Sở và một vùng nhỏ thuộc huyện Đông Anh.

4/ Kết quả đánh giá hiệu ứng nền đất đã chỉ ra sự khuếch đại dao động nền mạnh (đạt trên 1,6 lần) tại các vùng đất yếu (nền loại D) thuộc quận Thanh Xuân, quận Hoàng Mai, dải dọc sông Hồng kéo dài từ Hồ Tây đến Yên Sở và phía Bắc quận Long Biên. Sự khuếch đại dao động nền này chủ yếu là do ảnh hưởng của điều kiện nền đất địa phương của khu vực nttp. Hà Nội. Hệ số khuếch đại dao động các loại nền B, C, D của khu vực nttp. Hà Nội tính được lần lượt là 1,26, 1,47, 1,66. Hệ số khuếch đại dao động này ít phụ thuộc vào nguồn phát sinh và hướng lan truyền chấn động gây ra bởi trận động đất.

Kiến nghị

1/ Nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào cấu trúc các lớp đất, đá trong giới hạn 30 m phía trên cùng phục vụ thiết kế công trình chịu động đất dân dụng. Để áp dụng cho các công trình ngầm, công trình đặc biệt, cao tầng và siêu cao tầng cần tiếp tục mở rộng giới hạn độ sâu nghiên cứu.

2/ Với tập các biểu đồ cấu trúc V_S1D đạt độ sâu đến 200 m sẽ tiếp tục được khai thác phục vụ nghiên cứu theo các mặt cắt cấu trúc nền 2D, 3D trong các giai đoạn nghiên cứu tiếp theo.

3/ Việc tiếp tục triển khai nghiên cứu hiệu ứng nền đất bằng kỹ thuật đo dao động vi địa chấn ở các khu vực đông dân cư, các thành phố lớn khác là hết sức cần thiết nhằm giảm thiểu thiệt hại gây ra do động đất trong tương lai.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

- 1) **Hung Nguyen-Tien**, Phuong Nguyen-Hong, Minh Nguyen-Le, Lin Che-Min, Nguyen Tran-An, Truyen Pham-The, Duong Nguyen-Van, Establishment of the correlation between the near-surface sedimentary thickness and the microtremor dominant frequency in the Hanoi area, Vietnam Journal of earth sciences, 1-17, <https://doi.org/10.15625/2615-9783/17569>.
- 2) **Hung Nguyen-Tien**, Phuong Nguyen-Hong, Minh Nguyen-Le, Wen Kuo-Liang, Nguyen Tran-An, Investigation of microtremor motion variation by Nakamura's H/V spectral ratio method, Journal of Marine Science and Technology; Vol. 17, No. 4B; 2017: 68-74 DOI: 10.15625/1859-3097/17/4B/12994.
- 3) **Nguyễn Tiến Hùng**, Hà Thị Giang, Nguyễn Lê Minh, Satoru Tanaka, Yasushi Ishihara, Hà Vĩnh Long, Lê Quang Khôi, Xác định vận tốc nhóm sóng Rayleigh lớp vỏ và manti thượng dựa trên số liệu địa chấn dải rộng khu vực biển Đông, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển; Tập 17, Số 4B; 2017: 198-207 DOI: 10.15625/1859-3097/17/4B/13008.
- 4) Nguyen Cong Nghia, Nguyen Van Duong, Ha Thi Giang, Dinh Quoc Van, Nguyen Le Minh, Bor-Shouh Huang, Pham The Truyen, **Nguyen Tien Hung**, Le Quang Khoi, Nguyen Huu Hung (2022), Automatic earthquake detection and phase picking in Muong Te, Lai Chau region: an application of machine learning in observational seismology in Vietnam, *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 1-17, <https://doi.org/10.15625/2615-9783/17253>.