

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN**

-----

**Giang Kiên Trung**

**ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN  
ĐỊA CHẤT ĐỊA PHƯƠNG TỚI RUNG ĐỘNG NỀN  
DO ĐỘNG ĐẤT GÂY RA TẠI HÀ NỘI**

**Chuyên ngành: Vật lý Địa cầu**

**Mã số: 9440130.06**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ VẬT LÝ**

**HÀ NỘI, 2021**



## DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. **Giang Kiên Trung**, Nguyễn Đức Vinh, Đặng Thị Mến (2016). Báo cáo Hội nghị “Phân tích Điều kiện địa chất và những hiệu ứng địa phương của khu vực Hà Nội với chương trình DEEPSOIL”, Hội nghị Khoa học trường ĐH Khoa học Tự nhiên.
2. **Giang Kiên Trung**, Nguyễn Đức Vinh, Phạm Đình Nguyên (2018). Báo cáo Hội nghị “Estimation the local site effect base on the spectral of seismic site response analysis for some areas in Hanoi”, Hội nghị Khoa học trường ĐH Khoa học Tự nhiên.
3. **Giang Kiên Trung**, Nguyễn Đức Vinh, Đặng Thị Mến (2018), “Soil classification and 1D seismic site response analysis for some areas in Hanoi city”, *VNU Journal of Earth and Environmental Sciences* Vol 34, No 1, pp. 37-44.
4. **Giang Kien Trung**, Nguyen Duc Vinh (2021), “An overview of seismic ground response methods over the world and their applications in Vietnam”, *Geofizicheskiy Zhurnal* Vol. 43, No. 2, pp. 131-151.
5. **Giang Kiên Trung**, Phạm Đình Nguyên, Nguyễn Đức Vinh (2022), “Effect of local site conditions on earthquake ground motions in Hanoi: Results from numerical simulations”, *VNU Journal of Science: Mathematics and Physics*. (accepted)

## MỞ ĐẦU

Điều kiện địa chất của các cấu trúc địa phương có những ảnh hưởng quan trọng tới rung động địa chấn. Điều này đã được chứng minh trong nhiều tài liệu chuyên ngành địa chấn công trình [Bard P.Y., 1999; Atilla Ansal, 2004; Trifunac M.D., 2016].

Trên thế giới, các nghiên cứu về vấn đề này đã được tiến hành từ rất sớm [Brady, 1966; Trifunac, Brady, 1975; Whitman, 1973; Whitman và nnk., 1997; Aki, Irikura, 1991; Calvi và nnk., 2006; Sanchez-Sesma, Crouse, 2015; Trifunac, 2016]. Ở Việt Nam, hướng nghiên cứu này cũng đã được quan tâm triển khai song đến nay các kết quả đạt được vẫn còn khá khiêm tốn [Nguyễn Đình Xuyên và nnk., 1996; Nguyễn Hồng Phương, 2002, 2008; Lê Tử Sơn, 2003; Phạm Đình Nguyên, 2002; Phạm Đình Nguyên và nnk., 2012; Nguyễn Ngọc Thủy và nnk., 2004; Trịnh Việt Bắc và nnk., 2011; Lê Huy Minh và nnk., 2017; Phạm Thế Truyền và Nguyễn Hồng Phương 2019].

Hiện nay cùng với sự nghiệp đổi mới của nước nhà, nhịp độ xây dựng ở nước ta ngày càng phát triển. Mặc dù hoạt động động đất ở Việt Nam không thực sự mạnh mẽ như các quốc gia nằm trên các vành đai động đất của Thế giới [29, 32], nhưng mối nguy hiểm từ dạng thiên tai này là không thể loại trừ và xem nhẹ. Chính vì vậy, nhu cầu có được những kết quả nghiên cứu, đánh giá về ảnh hưởng của điều kiện vị trí cụ thể

tới rung động nền một cách hệ thống hơn, định lượng hơn ở Việt Nam là rất cấp thiết. Đề tài nghiên cứu “Đánh giá ảnh hưởng của điều kiện địa chất địa phương tới rung động nền do động đất gây ra tại Hà Nội” được lựa chọn cho luận án Tiến sĩ này trong bối cảnh như vậy.

**Mục tiêu của luận án:** Đánh giá định lượng các biến đổi của rung động nền do động đất gây ra tại Hà Nội trong điều kiện địa chất địa phương tại đây.

**Nội dung nghiên cứu:** Khảo sát một cách hệ thống các phương pháp đánh giá ảnh hưởng của điều kiện vị trí tới rung động nền đã được nghiên cứu trên Thế giới và ở Việt Nam; Thu thập tài liệu, phân tích, đánh giá các điều kiện địa chất địa phương cụ thể của Hà Nội, từ đó xác định giải pháp cho nhiệm vụ đặt ra sao cho kết quả nhận được đáp ứng yêu cầu về độ tin cậy cũng như hiệu quả kinh tế; Đánh giá ảnh hưởng của điều kiện địa chất địa phương cụ thể của Hà Nội tới rung động nền do động đất gây ra tại đây.

**Cơ sở Khoa học:** Kế thừa và phát triển các kết quả đã đạt được trước đây theo hướng nghiên cứu đặt ra của Việt Nam; Hợp tác chặt chẽ với các nhóm nghiên cứu về địa chất công trình, địa vật lý, địa chấn ở Việt Nam và trên thế giới.

**Phương pháp nghiên cứu:** sử dụng số liệu địa chất công trình; Phương pháp tính toán số cho mô hình phân lớp ngang đơn giản chạy trên PC để mô phỏng dao động nền cho khu vực Hà Nội.

## **Điểm mới của luận án**

- **Điểm mới số 1:** Nghiên cứu sinh đã xây dựng mới một mặt cắt địa chấn công trình cắt ngang qua khu vực Hà Nội từ phía Tây sang Đông. Tuyến địa chấn có chiều dài hơn 45 km.

- **Điểm mới số 2:** Từ mặt cắt địa chấn đã xây dựng được NCS đã lựa chọn những vị trí tiêu biểu và tiến hành tính toán, mô phỏng số. Kết quả cho thấy hiệu ứng nền của các điểm đo trên tuyến là phù hợp với các tính toán trước đây. Hiệu ứng nền có xu hướng tăng dần từ Tây sang Đông. Đó là quy luật rất đặc trưng cho khu vực Hà Nội nói riêng và phía Bắc Việt Nam nói chung. Các kết quả phân tích, mô phỏng về băng gia tốc thu được tại các hố khoan cho thấy chu kỳ có sự thay đổi. Ở những vị trí có nền yếu như LK5DT hay hố khoan Thanh Trì cho thấy biên độ dao động đã bị khuếch đại so với tín hiệu ban đầu. Chu kỳ cũng trở thành chu kỳ dài và thời gian dao động là lâu hơn. Đây là những đặc điểm rất rõ nét, đặc trưng của hiệu ứng nền gây ra do các điều kiện địa chất địa phương.

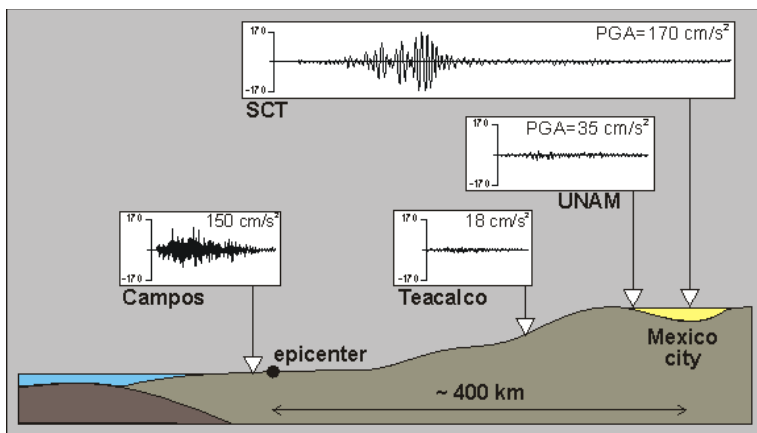
## **Cấu trúc của luận án**

Luận án được chia thành 3 chương chính. Chương 1: Tổng quan về tình hình nghiên cứu các phương pháp đánh giá dao động nền ở các nước trên thế giới và tại Việt Nam. Chương 2: Điều kiện tự nhiên khu vực Hà Nội và Phương pháp nghiên cứu áp dụng trong luận án. Chương 3: Ảnh hưởng của điều kiện nền lên dao động động đất tại Hà Nội: Nghiên cứu cụ thể cho mặt cắt tiêu biểu

# CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ DAO ĐỘNG NỀN Ở CÁC NƯỚC TRÊN THẾ GIỚI VÀ TẠI VIỆT NAM

## 1.1. Giới thiệu

Khi một trận động đất xảy ra có thể phát sinh nhiều hiệu ứng như: rung động mạnh, phá hủy nền đất, sóng thần,... không những thế động đất còn có những hiện tượng khác như trượt lở đất, hóa lỏng nền đất hoặc làm khuếch đại các dao động. Một trong những hiện tượng chúng tôi muốn nói đến ở đây là phản ứng của nền đất địa phương với những dao động mạnh. Dù cường độ chấn động ban đầu có thể là không quá lớn nhưng do những điều kiện địa chất đặc biệt các chấn động có thể kéo dài hơn và trở nên mạnh hơn.



Hình 1.1. Các đặc điểm dao động nền do động đất Mochiacan 1985 gây ra [Nguồn: Semblat J.F và Pecker A., 2009]

## **1.2. Các phương pháp đánh giá ảnh hưởng của điều kiện nền lên dao động động đất mạnh**

Để đánh giá ảnh hưởng của điều kiện nền lên dao động động đất mạnh các nhà nghiên cứu tiếp cận theo các hướng như:

- Nhóm các phương pháp thực nghiệm: Phương pháp dựa trên quan sát mức độ phá hủy và trường chấn động của động đất, Phương pháp sử dụng số liệu vi địa chấn, Phương pháp sử dụng số liệu dao động yếu, Phương pháp sử dụng số liệu dao động mạnh, Phương pháp sử dụng quan hệ thực nghiệm giữa địa chất mặt và cường độ chấn động.

- Nhóm các phương pháp tính toán gồm: Các phương pháp xấp xỉ, Phương pháp giải bài toán truyền sóng trong môi trường 1D, Phương pháp giải bài toán truyền sóng trong môi trường 3D, Phương pháp lai.

## **1.3. Các nghiên cứu, phân tích hiệu ứng nền ở Việt Nam và thành phố Hà Nội**

Trong những năm gần đây, nhiều nhà khoa học Việt Nam đã có những nghiên cứu sâu về đánh giá nguy cơ động đất của các công trình xây dựng ở Trĩ An, Sơn La, Lai Châu, v.v. và thực hiện phân vùng địa chấn cho các thành phố như Hà Nội, Điện Biên, Huế, Lai Châu, Vũng Tàu, Hồ Chí Minh. Đặc biệt, nhiều phương pháp đã được triển khai để đánh giá dao động nền tương ứng với điều kiện địa chất cụ thể của khu vực Hà Nội. Một số nhà nghiên cứu đóng góp trong những năm gần đây bao



gồm nhóm Nguyễn Đình Xuyên, Nguyễn Ngọc Thủy, Lê Từ Sơn; Nguyễn Hồng Phương và cộng sự; Phạm Đình Nguyên, Nguyễn Ánh Dương và cộng sự; Nguyễn Tiến Hùng, Kuo-Liang Wen và nhiều người khác.

#### **1.4. Kết luận Chương 1**

Trong Chương 1 Nghiên cứu sinh đã khảo sát toàn bộ các phương pháp đang được sử dụng phổ biến trên thế giới cho việc đánh giá dao động nền. Các phương pháp được hệ thống, phân loại thuận tiện cho việc theo dõi và lựa chọn áp dụng. NCS có những đánh giá, nhận định về những ưu điểm cũng như nhược điểm của chúng.

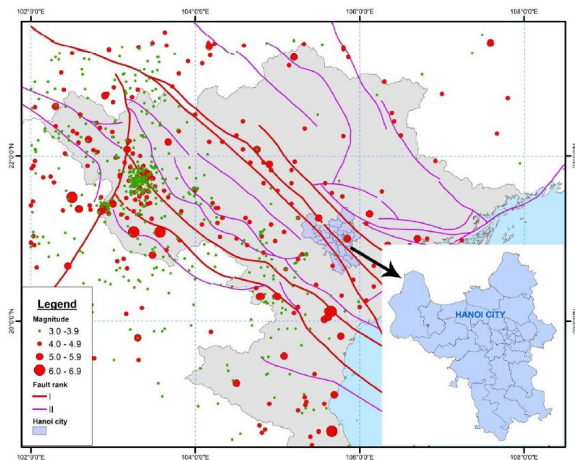
Đối với Việt Nam các phương pháp được áp dụng ở đây chủ yếu là phương pháp H/V (vi địa chấn), giải bài toán truyền sóng trong môi trường 1D và khảo sát địa chấn cũng như địa chất công trình.

Cùng với sự phát triển của thủ đô Hà Nội các dữ liệu địa chất công trình, địa chấn công trình ở khu vực này như: số liệu lỗ khoan, khảo sát địa vật lí, các phân tích chi tiết trong phòng thí nghiệm về số liệu khảo sát đã được cập nhật và bổ sung phong phú hơn. Các phương pháp sử dụng trước đây ở Hà Nội chủ yếu là phương pháp vi địa chấn, tính toán 1D và ước lượng từ  $V_{s,30}$ . Tuy nhiên mật độ số liệu và các tính toán còn thưa và chưa thể hiện rõ tính qui luật về hiệu ứng nền ở khu vực Hà Nội.

## CƯƠNG 2. ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN KHU VỰC HÀ NỘI VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG TRONG LUẬN ÁN

### 2.1. Điều kiện tự nhiên khu vực Hà Nội

Cùng với sự phát triển của thành thị và cuộc sống hiện đại, thành phố Hà Nội đang xây dựng thêm ngày càng nhiều các công trình lớn như nhà cao tầng, các cây cầu hiện đại hay những công trình ngầm. Theo những nghiên cứu đã được tiến hành, Hà Nội nằm trên một khu vực có nền đất yếu gồm những lớp trầm tích dày, có cấu trúc địa chất phức tạp và tầng nước ngầm nông thuộc lớp Holocene và Pleistocene thuộc thành tạo đệ tứ [Ngô Quang Toàn, 1995; Nguyễn Văn Đán, 2010].



Hình 2.1. Bản đồ số liệu động đất khu vực Hà Nội và lân cận (từ số liệu lịch sử và bằng thiết bị đo tính đến 2018).

(Nguồn: Phạm Thế Truyền 2019)

Thành phố Hà Nội bị cắt ngang bởi đứt gãy Sông Hồng. Đây được xem là một đới đứt gãy vẫn đang hoạt động mạnh và có thể gây ra động đất có độ lớn  $M = 6,1$  [Nguyễn Đình Xuyên và nnk., 2000] tương ứng với vùng chấn động cực đại cấp 7.

Năm 2004, GS.TS. Nguyễn Đình Xuyên và nnk. đưa ra bảng các vùng phát sinh động đất  $M \geq 5,0$  trên lãnh thổ Việt Nam được tóm tắt ở Bảng 2.1 dưới đây

Bảng 2.1. Các vùng phát sinh động đất có thể ảnh hưởng tới Hà Nội

STT	Tên vùng	$M_{smax}$	$M_{smin}$	$h$ (km)
1	Cao Bằng - Tiên Yên	5,5	4,5	12
2	Đông Triều	5,9	4,5	25
3	Sông Lô	5,5	4,5	12
4	Sông Hồng - Sông Chày	6,1	4,5	17
5	Sông Đà	5,5	4,5	12
6	Sơn La	6,8	4,5	22
7	Hạ lưu sông Mã	5,5	4,5	12
8	Sông Mã - Pu Mây Tun	6,8	4,5	22
9	Lai Châu - Điện Biên	5,5	4,5	12

ở đây  $M_{smax}$  là độ lớn động đất cực đại và  $M_{smin}$  là độ lớn động đất cực tiểu tính theo sóng  $S$ ;  $h$  là độ sâu chấn tiêu.

## 2.2. Một số chương trình nghiên cứu về dao động nền

Trong nhiều trường hợp tại khu vực nghiên cứu các thông tin về địa chất, địa kỹ thuật của khu vực nghiên cứu là

đầy đủ nhưng lại thiếu các thông số về dao động động đất mạnh. Điều này thường do khu vực nghiên cứu nằm trên những vùng mà hoạt động động đất mạnh không xảy ra liên tục. Để có thể đánh giá về toàn cảnh các kịch bản có thể xảy ra các nhà nghiên cứu đã có những cách tiếp cận mới đó là thực hiện mô phỏng dao động nền dựa trên điều kiện địa chất địa phương thực tế và sử dụng những băng gia tốc có thông số tương đồng về độ lớn, cơ cấu nguồn. Rất nhiều chương trình mô phỏng đã được xây dựng để phục vụ cho mục đích này có thể kể đến như ProShake, ERRA, Strata, Shake2000 hay DEEPSOIL là đại diện cho các chương trình phân tích 1D, các chương trình mô phỏng 2D hoặc 3D như: ANSYS FLUENT, FLAC, SeisSol hay Specfem3D. Tuy nhiên các nghiên cứu thực tế không phải lúc nào cũng có đầy đủ thông tin hoặc các thông tin không thể đảm bảo độ chính xác tuyệt đối. Khi đó với những phân tích số cầu kỳ, phức tạp sẽ càng trở nên không chính xác và dẫn đến các kết quả kém tin cậy hơn so với các phân tích đơn giản, thô nhưng thiết thực hơn. (Bard, 1999).

Trong luận án này nghiên cứu sinh tập trung tiếp cận với chương trình DEEPSOIL để mô phỏng ảnh hưởng của điều kiện địa chất địa phương tới rung động nền do động đất trong môi trường 1D.

### **2.3. Công tác chuẩn bị các tham số đầu vào cho chương trình mô phỏng**

Trong luận án nghiên cứu sinh tập trung vào phân tích bài toán truyền sóng trong môi trường 1D với chương trình DEEPSOIL. Để chạy chương trình một loạt các thông số đầu vào cần được chuẩn bị và hiệu chỉnh. NCS đã sưu tập, xin số liệu từ rất nhiều nguồn khác nhau. Các nguồn số liệu đa dạng cũng dẫn đến tính không thống nhất trong định dạng chuẩn. Ví dụ không phải tất cả các hố khoan đều có chỉ số SPT (Thí nghiệm khoan xuyên tiêu chuẩn), nhiều dữ liệu hố khoan chỉ ở bảng tính mà không có mặt cắt hố khoan được vẽ trên phần mềm AutoCAD như qui chuẩn. Do đó NCS mất rất nhiều thời gian trong việc chỉnh lý, hợp nhất, bổ sung lại các tập dữ liệu của mình để có thể sử dụng với chương trình DEEPSOIL.

#### **2.3.1. Công thức xác định $V_s$**

Vận tốc sóng ngang trong các lớp trầm tích là thông số quan trọng đầu tiên trong quá trình tính toán. Trong đại đa số các trường hợp nếu không có các yêu cầu cụ thể thì số liệu hố khoan sẽ không có thông số này. NCS phải đi xử lý đó là từ các số liệu SPT làm sao có được vận tốc sóng ngang trong các lớp tương ứng. Trong công trình này sau khi tìm hiểu và phân loại NCS quyết định không sử dụng một công thức duy nhất cho tất cả các loại nền đất. Tương ứng với từng loại nền cụ thể NCS sẽ chọn một công thức từ Bảng 2.2 với các tiêu chí: Công thức có

độ lệch tiêu chuẩn thấp nhất (RMSD), Công thức được xây dựng dựa trên kiểm tra đối sánh với số lượng mẫu hiện trường nhiều nhất, và có số trích dẫn nhiều nhất (theo tiêu chí đánh giá của Google Scholar 2021).

Bảng 2.2. Lựa chọn công thức tính  $V_s$  từ mối tương quan với chỉ số N-SPT

Stt	Tác giả (năm)	Hàm tương quan	Loại nền
1	Imai và Tonouchi (1982)	$V_s = 97,0N^{0,314}$	Tất cả các loại nền
2	Lee (1992)	$V_s = 126,18N^{0,268}$	Các loại bùn
3	Dikmen (2009)	$V_s = 60N^{0,36}$	Các loại bùn
4	Uma Maheswari và nnk. (2010)	$V_s = 89,308N^{0,3576}$	Các loại sét pha
5	Akin và nnk. (2011)	$V_s = 59,44N^{0,109}Z^{0,426}$	Các loại bồi tích
		$V_s = 78,10N^{0,116}Z^{0,350}$	Sét bồi tích
		$V_s = 38,55N^{0,176}Z^{0,481}$	Cát bồi tích
6	Anbazhagan và nnk. (2013)	$V_s = 68,96N^{0,51}$	Tất cả các loại nền
		$V_s = 60,17N^{0,56}$	Cát pha

### 2.3.2. Cách xác định chỉ số Trọng lượng riêng (Unit Weight)

Trọng lượng riêng có đơn vị là  $kN/m^3$  trong hệ SI và tương ứng là  $lb/ft^3$  trong hệ đo lường của Anh. Thông thường trên các bảng số liệu về hố khoan thông số này không được thể hiện. NCS đã tham khảo cách xử lý của tác giả Mayne (2001, 2009) cho vấn đề này như trong Bảng 2.3 dưới đây

Bảng 2.3. Công thức tính giá trị gamma (trọng lượng riêng)

Stt	Công thức	Nguồn tham khảo
1	$\gamma_{sat} = 8.32 \log(V_s) - 1.61 \log(z)$	Mayne (2001)
2	$\gamma_t = 8.63 \log(V_s) - 1.18 \log(z) - 0.53$	Mayne (2009)

### 2.3.3. Lựa chọn các băng gia tốc cho mô phỏng số liệu với DEEPSOIL

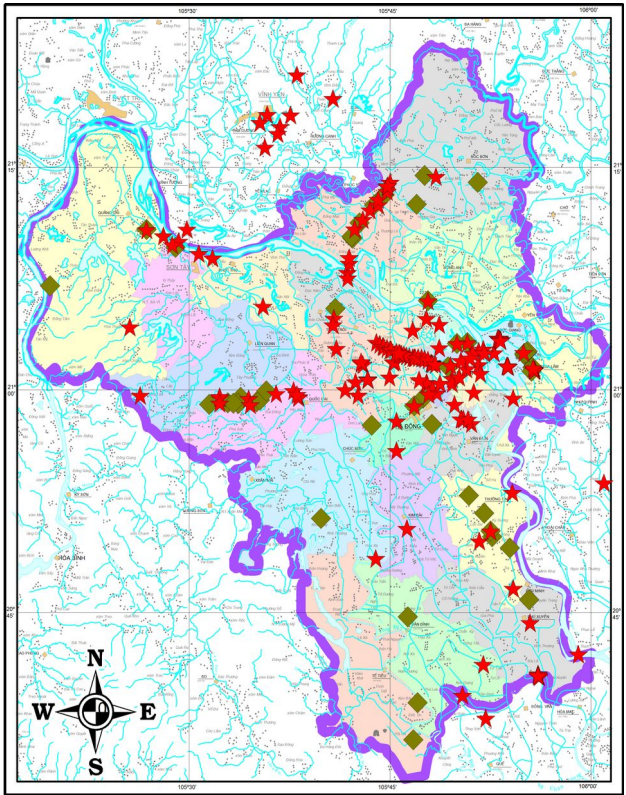
Từ các đặc điểm về cơ cấu nguồn phát sinh động đất của khu vực Hà Nội và vùng quanh Hà Nội, băng gia tốc được lựa chọn để mô phỏng trong luận án có thông số phù hợp với Việt Nam là băng gia tốc của trận động đất Imperial Valley, xảy ra vào năm 1979. Trận động đất này có độ lớn là 6,5 ở khoảng cách 26,5 km và có giá trị PGA = 0,169 g.

### 2.3.4. Công tác thu thập số liệu hố khoan khu vực Hà Nội

Trong quá trình hoàn thành luận án Nghiên cứu sinh đã thu thập số liệu từ nhiều nguồn, nhiều khoảng thời gian thi công khác nhau. Trong đó có thể kể đến hơn 300 hố khoan từ luận án Tiến sĩ của tác giả Phí Hồng Thịnh; 72 hố khoan sâu của Dự án khai thác nước ngầm Thành phố Hà Nội; 40 hố khoan khu vực trung tâm Ba Đình Hà Nội từ nguồn Nguyễn Ngọc Thủy (2004) và Nguyễn Hồng Phương (2006); hơn 60 hố khoan các khu vực cầu Long Biên, cầu Thanh Trì, cầu Vĩnh Tuy, Nhật Tân của Công ty TEDI.

NCS đã chỉnh lý lại các số liệu này theo mục đích

ngiên cứu của mình. Theo đó các hố khoan được phân loại theo độ sâu nhỏ hơn 35 m và độ sâu từ 35 m trở lên. Bằng việc sử dụng phần mềm MapInfo và qui chuẩn toàn bộ tọa độ các hố khoan từ nhiều định dạng khác nhau về hệ tọa độ WGS84 NCS đã thể hiện được các số liệu lên bản đồ khu vực thành phố Hà Nội như trên Hình 2.2.



Hình 2.2. Vị trí các hố khoan thu thập khu vực Hà Nội theo độ sâu

### 2.4. Kết luận Chương 2

- Khu vực Hà Nội bị cắt qua bởi một số đứt gãy có khả



năng sinh chấn, có thể kể đến hai đứt gãy tiêu biểu là đứt gãy Sông Hồng và đứt gãy Sông Chảy. Đây là những đứt gãy có thể phát sinh động đất với độ lớn cực đại  $M \sim 6,1$ . Xa hơn còn có các đứt gãy hoạt động tích cực hơn có khả năng sinh chấn lớn hơn và có khả năng gây nguy hiểm cho công trình ở Hà Nội, có thể kể đến đứt gãy Sơn La có khả năng phát sinh động đất cực đại với độ lớn  $M \sim 6,7$ .

- Khu vực Hà Nội nằm trên bồn trũng Sông Hồng có lớp địa chất trên mặt yếu và dày, có nơi bề dày lớp trầm tích yếu lên đến 120 m.

- Để phục vụ cho nghiên cứu tiếp theo ở chương sau một số phương pháp tính toán giá trị vận tốc sóng ngang, giá trị Trọng lượng riêng từ số liệu địa chất công trình đã được nghiên cứu, tổng kết và xác định được phương pháp tối ưu cho Hà Nội.

- Một tập dữ liệu lớn về các hố khoan địa chất công trình, hố khoan tìm kiếm nước ngầm hay hố khoan khảo sát nền khu vực Hà Nội đã được tập hợp, chỉnh lý và sắp xếp để phục vụ cho nghiên cứu trong luận án này.

- Các phương pháp đánh giá ảnh hưởng của điều kiện nền lên dao động động đất đã được khảo sát trong chương này. Với các điều kiện tự nhiên của Hà Nội và tình hình thực tế các số liệu khảo sát hiện có, phương pháp tính toán số 1D thông qua chương trình DEEPSOIL được xác định là phương pháp tối ưu cho nghiên cứu đặt ra trong luận án này.

### **CHƯƠNG 3. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN NỀN LÊN DAO ĐỘNG ĐỘNG ĐẤT TẠI HÀ NỘI: NGHIÊN CỨU CỤ THỂ CHO MẶT CẮT TIÊU BIỂU**

#### **3.1. Xây dựng mặt cắt địa chấn cho khu vực nghiên cứu**

Khi đã có bản đồ vị trí các hố khoan cho khu vực Hà Nội, NCS tiếp tục đọc, phân tích kĩ thông tin có được từ tập số liệu để lựa chọn các hố khoan có thể sử dụng cho nghiên cứu của mình. NCS tiến hành dựng mặt cắt địa chất trên nền các số liệu lỗ khoan địa chất công trình, tiếp tục hiệu chỉnh, so sánh lựa chọn các thông số phù hợp nhất (có đầy đủ mô tả về mặt địa chất; có các hố khoan khác trong khu vực lân cận ở phạm vi khoảng từ 50 – 300 m để tham khảo; có thông tin về tọa độ; chỉ số SPT...). Tập số liệu các hố khoan được lựa chọn chi tiết như ở bảng dưới đây.

Bảng 3.1 Vị trí tọa độ các hố khoan theo tuyến nghiên cứu Tây - Đông

<b>HK</b>	<b>Kí hiệu HK</b>	<b>Vĩ tuyến</b>	<b>Kinh tuyến</b>	<b>Khoảng cách (km)</b>
1	VBPC CL-LK3	20.991603	105.538140	Điểm đầu tuyến
2	633	20.985349	105.555481	1.98
3	CVGI CT-GP1	20.991767	105.563565	1.10
4	636	20.988772	105.587974	2.56
5	CDS-14	20.999061	105.596226	1.43

<b>HK</b>	<b>Kí hiệu HK</b>	<b>Vĩ tuyến</b>	<b>Kinh tuyến</b>	<b>Khoảng cách (km)</b>
6	641	20.996252	105.608135	1.28
7	HKC-CS04	20.995198	105.633837	2.67
8	612	21.000718	105.694375	6.31
9	LK56	21.014739	105.748885	5.87
10	LK-P3	21.00749	105.79597	4.94
11	LK51	21.007757	105.811574	1.63
12	LK50	21.014747	105.835938	2.65
13	LK5DT	21.028599	105.859531	2.90
14	M2	21.026685	105.897367	3.93
15	HK19	21.042436	105.916375	2.64
16	LK3P16	21.022676	105.930190	2.62

### **3.2. Quan điểm vật lí về bước sóng ảnh hưởng tới môi trường (lớp địa chất)**

Theo quan điểm của Địa chấn công trình thì các dải chu kỳ  $T = 0,01 \rightarrow 10 \text{ s}$  là dải chu kỳ đặc biệt quan trọng trong việc xây dựng các công trình. Hoặc với tần số thì những tần số của nền đất có giá trị lớn hơn  $1 \text{ Hz}$  là cần quan tâm vì nó liên quan tới chu kỳ dao động riêng của những tòa nhà lớn. Từ mối tương quan ở Bảng 3.2 ta thấy, nếu dải chu kỳ quan tâm của địa chấn

công trình  $T = 0.1 \div 10 \text{ s}$ . NCS tính ra độ dày tối thiểu với mỗi lớp địa chất cần quan tâm trong mô hình của mình. Độ dày tối thiểu:  $h_{\min} = 10 \text{ m} \rightarrow 20 \text{ m}$ .

Bảng 3.2. Mối tương quan giữa các đại lượng vật lí và bước sóng

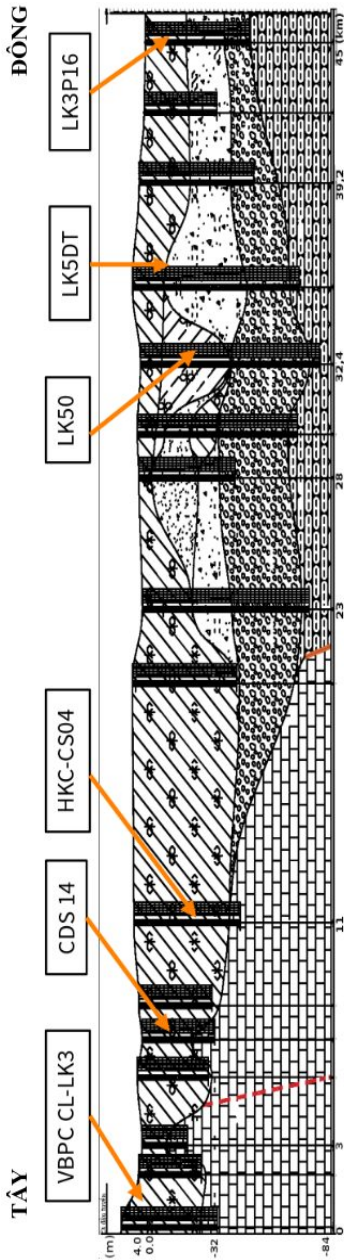
<b>Đại lượng</b>	<b>Đơn vị</b>	<b>Mối quan hệ</b>
Vận tốc	$m/s$	$v = \omega / k = f \lambda = \lambda / T$
Chu kì	$s$	$T = 2\pi / \omega = 1 / f = \lambda / v$
Tần số góc	$s^{-1}$	$\omega = 2\pi / T = 2\pi f = kv$
Tần số	$s^{-1}$	$f = \omega / (2\pi) = 1 / T = v / \lambda$
Bước sóng	$m$	$\lambda = 2\pi / k = v / f = vT$
Số sóng	$m^{-1}$	$k = 2\pi / \lambda = \omega / v = 2\pi f / v$

Theo đó NCS đã tối giản các lớp địa chất và xây dựng mặt cắt địa chất mới, mặt cắt theo quan điểm Địa vật lí để nghiên cứu hiệu ứng nền địa phương được mô tả trên Hình 3.1.

### **3.3. Phân tích, Đánh giá ảnh hưởng của điều kiện nền lên dao động động đất trên tuyến từ Tây sang Đông Hà Nội**

#### **3.3.1. Vị trí lựa chọn mô phỏng**

Ở phần tiếp theo, để đánh giá hiệu ứng dao động nền khi có động đất ở Hà Nội trên tuyến đã lựa chọn NCS đi phân tích số liệu cho một số vị trí tiêu biểu trên tuyến cắt ngang khu vực Hà Nội theo phương từ Tây sang Đông.



Hình 3.2. Mặt cắt địa chấn dọc theo tuyến Tây sang Đông thành phố Hà Nội

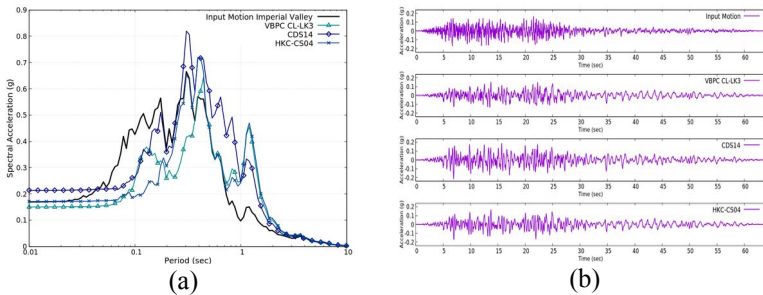
Kí hiệu	Mô tả thành phần lớp	Khoảng vận tốc	Vận tốc trung bình	Mật độ trung bình
	Bùn sét xám nâu, xám tro	$(77.01 \leq V_s \leq 89.11 \text{ m/s})$	$\bar{V}_s = 83 \text{ m/s}$	$\bar{\rho} = 14,86$
	Sét pha	$(V_s \leq 218 \text{ m/s})$	$\bar{V}_s = 186 \text{ m/s}$	$\bar{\rho} = 17,26$
	Cát chặt vừa	$(294 \leq V_s \leq 304 \text{ m/s})$	$\bar{V}_s = 299 \text{ m/s}$	$\bar{\rho} = 19,45$
	Cát chặt	$(304 \leq V_s \leq 520 \text{ m/s})$	$\bar{V}_s = 399 \text{ m/s}$	$\bar{\rho} = 20,11$
	Cuội sỏi	$(538 \leq V_s \leq 589 \text{ m/s})$	$\bar{V}_s = 549 \text{ m/s}$	$\bar{\rho} = 21,06$
	Cát kết, sét kết xen bột xám xanh, đen	$(573 \leq V_s \leq 793 \text{ m/s})$	$\bar{V}_s = 749 \text{ m/s}$	$\bar{\rho} = 22,03$
	Đá vôi màu xám ghi, đá phong hóa nhẹ		$\bar{V}_s = 1250 \text{ m/s}$	$\bar{\rho} = 24,02$

Nghiên cứu sinh lựa chọn các hố có độ sâu lớn, nằm ở vị trí quan trọng hoặc thông tin địa chất của hố khoan có điểm đặc biệt. Theo tiêu chí này lần lượt 6 hố khoan đã được lựa chọn gồm: VBPC CL-LK3, CDS-14, HKC-CS04, LK50, LK5DT, LK3P16.

### 3.3.2. Đánh giá các kết quả mô phỏng hiệu ứng nền

#### Kết quả mô phỏng dao động nền phân phía Tây

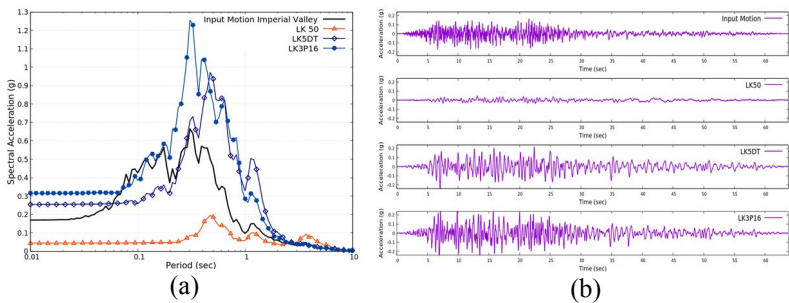
Phần phía Tây gồm các hố khoan: Bắc Phù Cát, Cầu dân sinh 14 và hố khoan HKC-CS04. Đây là những hố khoan tiêu biểu cho khu vực có nền đá gốc nằm gần mặt đất. Kết cấu nền được coi là cứng, ổn định. Phổ gia tốc được minh họa như Hình 3.2 bên dưới cho thấy các băng gia tốc thu được sau mô phỏng với DEEPSOIL cho kết quả gần như không khác so với băng gia tốc gốc (đầu vào, Imperial Valley 1979).



Hình 3.2. Kết quả mô phỏng hiệu ứng nền phân phía Tây của Hà Nội:  
 a) Phổ gia tốc của các hố khoan VBPC CL-LK3, CDS14 và HKC-CS04;  
 b) Băng gia tốc Imperial Valley (đầu vào) và Kết quả mô phỏng băng gia tốc tại các vị trí Bắc Phù Cát; CDS14, Quốc Oai và HKC-CS04, Đồng Mô. VBPC CL-LK3, CDS14 and HKC-CS04.

## Kết quả mô phỏng dao động nền phần phía Đông

Khu vực nghiên cứu thứ hai được NCS lựa chọn là nội thành thành phố Hà Nội (tương ứng với phần Đông của tuyến). Tại đây nền đất chủ yếu là các bồi tích của các lòng sông cổ. Nền đất là yếu gồm nhiều lớp như: sét mềm, sét nhạy cảm, bùn (bùn), cát và cát chặt... Giá trị PGA ở khu vực này cao hơn từ 1,5 → 2 lần so với băng gia tốc đầu vào. Ở phần tần số cao các giá trị của băng gia tốc mô phỏng là tương đương với băng gia tốc đầu vào. Tuy nhiên tới gần dải tần số 1 Hz thì biên độ của phổ gia tốc bị khuếch đại lên rất lớn so với phổ gia tốc đưa vào. Đây là những đặc tính rất quan trọng và điển hình của hiệu ứng nền [Semblat và Pecker].



Hình 3.3. Kết quả mô phỏng hiệu ứng nền phần phía Đông của Hà Nội:

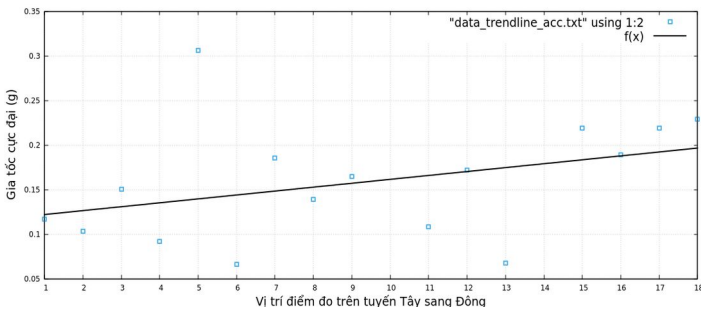
- Phổ gia tốc của các hố khoan LK50, LK5DT and LK3P16;
- Băng gia tốc Imperial Valley (đầu vào) và Kết quả mô phỏng băng gia tốc tại các vị trí LK50, LK5DT and LK3P16.

Tại hố khoan LK50, ngay bên dưới lớp phủ mỏng thành phần sét pha là lớp bùn rất dày. Điều này làm cho tác động địa chấn giảm, tín hiệu bị suy hao do năng lượng bị hấp thụ. Kết

quả mô phỏng cho thấy giá trị PGA tại vị trí này là 0,195 g so với 0,665 g của tín hiệu ban đầu. Để tìm hiểu kĩ hơn về vấn đề này NCS đã mô phỏng với số liệu tại vị trí hố khoan LK50, và thấy giá trị PGA trong hố khoan này có giá trị lớn nhất tại ranh giới giữa lớp bùn phía trên và lớp cuội sỏi cứng phía dưới tại độ sâu 43,5 m. Giá trị PGA giảm dần khi lên tới lớp mặt và đạt cực tiểu tại lớp trên cùng.

### 3.4. Quy luật của phổ gia tốc theo tuyến Đông Tây

Với mục đích so sánh và kiểm chứng kết quả mô phỏng từ phương pháp của mình so với các nghiên cứu trước đó NCS đã xây dựng đường biểu diễn xu thế giá trị PGA từ các hố khoan theo chiều từ Tây sang Đông như trên Hình 3.4. NCS dùng nguyên tắc hồi qui tuyến tính để tìm tính qui luật cho khu vực nghiên cứu.



Hình 3.4. Đồ thị biên độ cực đại gia tốc ngang dọc theo tuyến Tây-Đông khu vực Hà Nội

Từ đồ thị hình 3.4 cho thấy một qui luật là giá trị PGA có xu hướng tăng dần khi đi về khu trung tâm nội thành Hà Nội.



Điều này là phù hợp với cấu trúc nền và điều kiện nền đất địa phương dọc theo tuyến nghiên cứu.

### **3.5. Kết luận chương 3**

Kết quả xây dựng mặt cắt địa chấn và phân tích mô phỏng dao động nền cho tuyến tiêu biểu cắt ngang khu vực Hà Nội chỉ ra:

- Mặt cắt địa chấn công trình: thể hiện rõ đặc tính đó là “yếu dần từ Tây sang Đông”.

- Qui luật về thay đổi gia tốc nền: Các khu vực nền cứng, tốt (Bắc Phù Cát, Quốc Oai) cho thấy sự không thay đổi nhiều về giá trị PGA. Điều này về mặt vật lí là hoàn toàn phù hợp vì năng lượng đã bị suy hao trong quá trình truyền sóng.

- Hai hố khoan LK5DT và đặc biệt LK3P16 (Thanh Trì) là đại diện những khu vực có cấu trúc nền yếu ở Hà Nội. Đây cũng là những vị trí thể hiện rõ nét nhất hiệu ứng nền mà ta có thể quan sát được. Các thông số về biên độ của gia tốc đã bị khuếch đại so với băng gia tốc đầu vào, chu kì dao động đã bị thay đổi trở nên dài hơn so với ban đầu.

## KẾT LUẬN CỦA LUẬN ÁN

- Nghiên cứu sinh đã tìm kiếm, khảo sát các phương pháp đánh giá dao động nền đang được sử dụng phổ biến trên thế giới và đã áp dụng ở Việt Nam.

- Nghiên cứu sinh đã hệ thống được bộ cơ sở dữ liệu phong phú, đầy đủ về tài liệu hố khoan. Qua đó Xây dựng được một mặt cắt địa chấn đặc trưng cho Hà Nội với đầy đủ các tham số địa chấn cần thiết để phục vụ cho đánh giá ảnh hưởng của điều kiện nền địa phương khi có động đất xảy ra ở Hà Nội.

- Nghiên cứu sinh đã thực hiện đánh giá hiệu ứng nền tại Hà Nội một cách có hệ thống, đó là đi từ phía Tây sang Đông trên mặt cắt đã xây dựng.

- Kết quả mô phỏng, phân tích số liệu cho thấy hiệu ứng nền tại Hà Nội phân bố có tính qui luật chung là: Mức khuếch đại biên độ gia tốc rung động nền tăng dần từ Tây sang Đông; Chu kỳ của rung động nền nếu động đất xảy ra tăng dần từ Tây sang Đông; Tuy nhiên, tại vị trí cá biệt khi bề dày lớp đất yếu trên mặt tầng vượt ngưỡng (lớp có vận tốc  $< 77 \text{ m/s}$ , độ dày  $\sim 30 \text{ m}$ ) thì biên độ gia tốc dao động nền nếu động đất xảy ra có xu hướng giảm, mặc dù chu kỳ trội của rung động nền vẫn có xu hướng tăng lên.

## KIẾN NGHỊ VỀ NHỮNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

- Với số lượng hố khoan hiện tại tuy nhiều nhưng cũng còn nhiều nhược điểm. Trong các nghiên cứu tiếp theo NCS muốn tiếp tục chi tiết hơn các vấn đề về ảnh hưởng của điều kiện nền địa phương tại Hà Nội bằng cách cắt thêm một vài tuyến mặt cắt theo chiều dọc hoặc theo chiều ngang nhưng sẽ dịch về phía Bắc hoặc Nam của tuyến hiện tại;

- Trong công việc tiếp theo NCS muốn tiếp tục tích lũy thêm số liệu địa chất hố khoan, số liệu địa chấn nhằm xây dựng được các bảng mô tả chi tiết về các hố khoan và hoàn thiện cấu trúc địa chấn công trình tại Hà Nội. Qua đó chính xác hóa dần các kết quả nghiên cứu hiện tại và trong tương lai.

- Có thể bố trí một số ít hố khoan có quan trắc rung động địa chấn ở các độ sâu khác nhau để có các số liệu thực tế nếu có động đất xảy ra (có thể là động đất xa) nhằm có số liệu đối sánh với các tính toán số.

- Một số hiệu ứng đặc biệt khác như hiệu ứng vùng rìa bồn trũng, hiệu ứng đới dập vỡ (tại các vùng đứt gãy) cũng cần có thêm các nghiên cứu, khảo sát sau nghiên cứu này.