

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

BÁO CÁO SINH HOẠT HỌC THUẬT
PHÂN CHIA CẤU TRÚC NỀN KHU VỰC HÀ NỘI
THEO HỆ THỐNG PHÂN CẤP ĐỊA TẦNG
ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH

Cán bộ thực hiện: TS. Nguyễn Văn Phóng
Đơn vị: Bộ môn ĐCCT – Khoa KH& KT Địa chất

Hà Nội, năm 2026

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

BÁO CÁO SINH HOẠT HỌC THUẬT
PHÂN CHIA CẤU TRÚC NỀN KHU VỰC HÀ NỘI
THEO HỆ THỐNG PHÂN CẤP ĐỊA TẦNG
ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH

Thực hiện

Bộ môn Địa chất công trình

TS. Nguyễn Văn Phóng

Hà Nội, năm 2026

MỤC LỤC

1. MỞ ĐẦU	4
2. CƠ SỞ PHÂN CHIA CẤU TRÚC NỀN KHU VỰC ĐÔ THỊ HÀ NỘI.....	5
2.1. Quan niệm về cấu trúc nền trong địa chất công trình.....	5
2.2. Đặc điểm địa chất Đệ Tứ và địa tầng ĐCCT khu vực đô thị Hà Nội.....	6
2.2.1. Đặc điểm địa chất Đệ tứ	6
2.2.2. Đặc điểm địa tầng ĐCCT	8
2.3. Đặc điểm cấu trúc nền theo chiều sâu nghiên cứu	10
2.4. Quan hệ hệ tầng – nguồn gốc và cấu trúc nền	11
2.4.1. Quan hệ hệ tầng – nguồn gốc	11
2.4.2. Vai trò của tầng nền cơ sở trong cấu trúc nền đô thị Hà Nội	12
2.4.3. Cấu trúc nền và quy luật cơ học của nền đất	12
2.5. Hệ thống phân chia cấu trúc nền	13
2.5.1. Nguyên tắc phân chia cấu trúc nền.....	13
2.5.2. Tiêu chí phân chia.....	14
2.5.3. Quy tắc ký hiệu và biểu diễn cấu trúc nền.....	16
3. PHÂN CHIA CẤU TRÚC NỀN KHU VỰC ĐÔ THỊ HÀ NỘI	17
3.1. Cơ sở và dữ liệu phân chia	17
3.2. Phân chia cấu trúc nền khu vực đô thị Hà Nội	18
3.3. Kết quả phân chia cấu trúc nền tại các vị trí nghiên cứu.....	23
4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	27
Tài liệu tham khảo	28

1. MỞ ĐẦU

Hà Nội là đô thị đặc biệt, trung tâm chính trị, hành chính, kinh tế và văn hóa của cả nước, đồng thời là khu vực có tốc độ đô thị hóa mạnh, mật độ xây dựng cao và nhu cầu phát triển không gian ngày càng lớn. Trong những năm gần đây, cùng với sự gia tăng nhanh của các công trình cao tầng, công trình ngầm, các tuyến đường sắt đô thị, hạ tầng kỹ thuật ngầm và các khu đô thị mới, yêu cầu đối với công tác khảo sát, đánh giá và dự báo điều kiện nền đất ngày càng trở nên cấp thiết. Việc nhận thức đầy đủ đặc điểm cấu trúc nền không chỉ có ý nghĩa trong thiết kế nền móng công trình riêng lẻ mà còn là cơ sở quan trọng cho quy hoạch không gian xây dựng, kiểm soát rủi ro địa kỹ thuật và quản lý phát triển đô thị bền vững.

Về mặt địa chất, khu vực đô thị Hà Nội được cấu thành chủ yếu bởi các trầm tích Đệ Tứ có nguồn gốc và tuổi khác nhau, phân bố phức tạp theo cả phương ngang và chiều sâu. Trong phạm vi nghiên cứu, các hệ tầng Thái Bình (TB), Hải Hưng (HH), Vĩnh Phúc (VP), Hà Nội (HN) và Lệ Chi (LC) tạo nên một cấu trúc địa tầng đa nguồn gốc, đa pha, phản ánh lịch sử phát triển trầm tích lâu dài trong môi trường sông, sông - biển, biển, hồ - đầm lầy và sông - lũ. Đặc điểm nổi bật của nền đất Hà Nội là sự xen kẽ và chồng xếp phức tạp giữa các lớp đất có tính chất xây dựng khác nhau, trong đó tồn tại phổ biến các lớp đất yếu nguồn gốc hồ - đầm lầy, biển - đầm lầy hoặc sông - hồ - đầm lầy trong các hệ tầng Holocen và cục bộ trong Pleistocen muộn. Sự phân bố không đồng đều của các lớp đất này là nguyên nhân quan trọng làm cho điều kiện nền đất biến đổi mạnh theo không gian, gây khó khăn cho việc dự báo lún, lựa chọn giải pháp móng và đánh giá ổn định công trình.

Trong thực tiễn hiện nay, công tác đánh giá nền đất ở Hà Nội chủ yếu vẫn dựa trên các tài liệu khảo sát địa kỹ thuật của từng dự án riêng lẻ. Cách tiếp cận này phù hợp với yêu cầu thiết kế cục bộ nhưng chưa cho phép nhận diện cấu trúc nền theo quy mô vùng hoặc toàn đô thị, chưa phản ánh đầy đủ mối quan hệ giữa tổ hợp địa tầng, nguồn gốc trầm tích và các đặc trưng cơ học của nền đất. Mặt khác, dù đã có nhiều nghiên cứu về địa chất Đệ Tứ, địa tầng, điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn khu vực Hà Nội, nhưng việc xây dựng một hệ thống phân chia cấu trúc nền thống nhất, dựa trên hệ phân cấp địa tầng địa chất công trình và có định hướng ứng dụng trực tiếp cho quy hoạch, thiết kế và quản lý đô thị, vẫn còn là khoảng trống cần được nghiên cứu bổ sung.

Xuất phát từ yêu cầu thực tiễn và cơ sở khoa học nêu trên, việc nghiên cứu phân chia các kiểu cấu trúc nền đặc trưng trong khu vực đô thị Hà Nội là cần thiết. Kết quả nghiên cứu không chỉ góp phần làm sáng tỏ quy luật tổ chức không gian của các tập trầm tích Đệ Tứ theo quan điểm địa chất công trình, mà còn tạo cơ sở khoa học cho việc chuẩn hóa mô tả cấu trúc nền, phân vùng địa kỹ thuật, hỗ trợ lựa chọn giải pháp nền móng và

từng bước xây dựng cơ sở dữ liệu, bản đồ cấu trúc nền phục vụ quản lý phát triển đô thị hiện đại.

2. CƠ SỞ PHÂN CHIA CẤU TRÚC NỀN KHU VỰC ĐÔ THỊ HÀ NỘI

2.1. Quan niệm về cấu trúc nền trong địa chất công trình

Trong địa chất công trình, nền đất được hình thành bởi tập hợp các đơn vị địa tầng ĐCCT có nguồn gốc, tuổi và điều kiện thành tạo khác nhau. Các đơn vị địa tầng này không chỉ sắp xếp theo chiều sâu mà còn có quan hệ nguồn gốc, quan hệ chồng xếp và tương tác với nhau, tạo thành một hệ thống vật chất có tổ chức. Hệ thống đó được gọi là cấu trúc nền.

Theo quan điểm địa chất công trình, cấu trúc nền được hiểu là sự tổ chức không gian của các đơn vị địa tầng ĐCCT trong phạm vi nền công trình, phản ánh mối quan hệ giữa thành phần vật chất, nguồn gốc, đặc điểm địa tầng và các tính chất cơ lý của đất đá. Cấu trúc nền không chỉ mô tả trình tự sắp xếp các đơn vị địa tầng theo chiều sâu mà còn thể hiện mối liên hệ giữa các lớp đất về nguồn gốc thành tạo, đặc điểm kiến trúc, trạng thái và quy luật biến đổi tính chất cơ học của nền khi chịu tác động của tải trọng công trình và các yếu tố môi trường.

Trong hệ thống cấu trúc nền, các đơn vị địa tầng không tồn tại độc lập mà có quan hệ kế thừa và tương tác lẫn nhau. Sự phân bố của các lớp đất yếu, vị trí của các lớp chịu lực, điều kiện thoát nước và khả năng truyền ứng suất đều chịu chi phối bởi tổ chức không gian của các đơn vị địa tầng (lớp đất đá). Vì vậy, việc nghiên cứu cấu trúc nền cho phép nhận diện quy luật phân bố các lớp đất có ý nghĩa địa kỹ thuật và tạo cơ sở cho việc dự báo ứng xử cơ học của nền đất.

Trong thực tiễn khảo sát và thiết kế công trình, địa tầng địa chất công trình thường được mô tả dưới dạng các lớp đất riêng lẻ tại từng vị trí khảo sát. Tuy nhiên, cách tiếp cận này chỉ phản ánh điều kiện nền đất tại điểm nghiên cứu mà chưa thể hiện đầy đủ đặc điểm tổ chức của nền trong phạm vi không gian rộng hơn. Do đó, việc xem xét địa tầng dưới góc độ cấu trúc nền cho phép tổng hợp và hệ thống hóa thông tin địa chất công trình theo một logic thống nhất, phục vụ hiệu quả hơn cho phân tích nền đất ở quy mô vùng hoặc đô thị.

Đối với khu vực đô thị Hà Nội, nền đất được hình thành chủ yếu bởi các trầm tích Đệ Tứ có nguồn gốc khác nhau như sông, sông – biển, biển và hồ – đầm lầy. Sự thay đổi điều kiện trầm tích trong quá trình phát triển địa chất đã tạo nên các tổ hợp địa tầng phức tạp với sự xen kẽ giữa các lớp đất có tính chất xây dựng khác nhau. Trong đó, các lớp đất yếu thường có tương trầm tích liên quan đến đầm lầy (lb, alb, mb) phân bố xen kẽ với các lớp đất tốt thuộc trầm tích tương sông (a, ap). Chính sự chồng xếp này tạo nên đặc điểm cấu trúc nền đặc trưng của khu vực Hà Nội.

Như vậy, nghiên cứu cấu trúc nền không chỉ dừng lại ở việc mô tả địa tầng mà còn hướng tới việc nhận diện mối quan hệ giữa tổ hợp địa tầng, nguồn gốc trầm tích và ý nghĩa cơ học của nền đất. Đây là cơ sở khoa học quan trọng để xây dựng hệ phân chia cấu trúc nền theo quan điểm địa tầng địa chất công trình.

2.2. Đặc điểm địa chất Đệ Tứ và địa tầng ĐCCT khu vực đô thị Hà Nội

2.2.1. Đặc điểm địa chất Đệ tứ

Khu vực đô thị Hà Nội nằm trong phạm vi trung tâm của đồng bằng sông Hồng, nơi phát triển rộng rãi các trầm tích Đệ Tứ được hình thành trong quá trình tiến hóa lâu dài của hệ thống sông Hồng và các môi trường trầm tích ven biển. Các trầm tích này được thành tạo liên tục từ Pleistocen sớm đến Holocen muộn trong các môi trường trầm tích khác nhau như sông – lũ, sông, sông – biển, biển và hồ – đầm lầy. Sự thay đổi điều kiện trầm tích theo thời gian đã tạo nên một cấu trúc địa tầng phức tạp với sự xen kẽ của nhiều loại đất có nguồn gốc và tính chất cơ lý khác nhau. Trên cơ sở tổng hợp các kết quả nghiên cứu về địa chất Đệ Tứ khu vực Hà Nội, đặc điểm địa tầng Đệ tứ khu vực nghiên cứu như sau:

Trong phạm vi khu vực nghiên cứu, các trầm tích Đệ Tứ chủ yếu thuộc năm hệ tầng chính gồm: Lệ Chi (LC), Hà Nội (HN), Vĩnh Phúc (VP), Hải Hưng (HH) và Thái Bình (TB). Các hệ tầng này phản ánh những giai đoạn phát triển khác nhau của môi trường trầm tích trong lịch sử hình thành đồng bằng sông Hồng.

Hệ tầng Lệ Chi (aQ_1^I lc)

Hệ tầng Lệ Chi gồm các trầm tích sông phân bố ở độ sâu 45÷69,5m. Trong không gian chúng phân bố từ Nhỏ kéo dài đến Văn Điển và phát triển rộng về phía Nam-Đông Nam của thành phố. Hệ tầng được chia làm 3 tập:

Tập 1: (Phần dưới) gồm cuội, sỏi có độ mài tròn tốt, sỏi lẫn ít cát, bột, sét: Dày 20m.

Tập 2: (Phần giữa) gồm cát, bột màu vàng xám. Dày 3 - 10 m

Tập 3: (Phần trên) gồm bột, sét, cát màu xám, xám đen do lẫn vật chất hữu cơ. Chiều dày 1 - 4,5m.

Tổng chiều dày của hệ tầng 25 - 30m.

Hệ tầng Hà Nội, (ap , aQ_1^{2-3} hn)

Hệ tầng Hà Nội gồm các thành tạo trầm tích sông-lũ (apQ_1^{2-3} hn) và sông (aQ_1^{2-3} hn) phân bố ở độ sâu 35,5m đến 69,5 với chiều dày trung bình 34m. Vật liệu trầm tích được phân ra 3 tập từ dưới lên trên :

Tập 1: Phần dưới gồm cuội, cuội tảng kích thước $7 \div 15\text{cm}$, sỏi, sạn và rất ít cát bột xen kẽ thuộc tương sông miền núi. Các trầm tích này phân bố ở các vùng Đông Anh, Từ Liêm, Gia Lâm, Thanh Trì và các quận nội thành. Chiều dày thay đổi từ 10 -20 m .

Tập 2: Phần giữa gồm sỏi nhỏ, cát hạt thô, cát bột màu vàng, vàng xám, vàng nâu là trầm tích sông điển hình. Chiều dày 17m.

Tập 3: Phần trên với thành phần cát bột lẫn sét, cát vàng Chiều dày trung bình 20m.

Hệ tầng Vĩnh Phúc (Q_1^3vp).

Hệ tầng Vĩnh Phúc lộ ra với diện rộng ở Mê Linh, Đông Anh và một ít ở Cổ Nhuế, Xuân Đình. Trầm tích của hệ tầng bị laterit hoá yếu, màu sắc vàng nâu loang lổ. Hệ tầng được chia làm 3 tương:

- Tương aluvi (aQ_1^3vp) phân bố rộng ở khu vực Đông Anh, Cổ Nhuế gồm 2 tập:
 - + Tập 1: Gồm sỏi, cuội nhỏ, cát lẫn ít sét bột màu vàng xám, chiều dày 3-10m. Tập này có quan hệ phủ bất chỉnh hợp lên trên hệ tầng Hà Nội.
 - + Tập 2: Gồm cát bột, ít sét, cát vàng, đôi nơi có thấu kính sỏi màu vàng nâu. Cấu tạo phân lớp xiên chéo. Đây là tập chứa cát vàng xây dựng phổ biến dọc theo 2 bờ sông Cà Lồ ở Sóc Sơn, Kim Anh và Đông Anh. Chiều dày 33 m.
- Tương hỗn hợp sông - hồ - đầm lầy ($albQ_1^3vp$) gồm sét, bột sét màu xám, xám đen, than bùn xen thấu kính cát. Chiều dày $3 \div 8\text{m}$. Tổng chiều dày 10- 32m.
- Tương sông – biển (amQ_1^3vp) gồm sét, bột bị phong hoá, màu sắc loang lổ. Chiều dày $2 \div 10\text{ m}$.

Hệ tầng Hải Hưng ($Q_2^{1-2}hh$)

Hệ tầng Hải Hưng phân bố ở Nhôn, Tây Mỗ, Tây Tựu và dọc sông Đuống ở Mai Lâm, Dục Tú, Long Biên, Gia Lâm tới Bát Tràng. Trầm tích này phát triển về phía Nam, Đông Nam tại các khu vực: Thịnh Liệt, Đống Đa, Thanh Nhàn, Thanh Liệt, Hữu Hoà, Vĩnh Quỳnh, Đông Mỹ. Những nơi trầm tích hệ tầng Hải Hưng có tổng chiều dày lớn nhất là khu vực Thanh Xuân, Thanh Liệt: $\sim 20\text{ m}$; Tại Thịnh Liệt, Hạ Đình, Triều Khúc trầm tích hệ tầng Hải Hưng cũng có chiều dày tới trên 20m.

Hệ tầng Hải Hưng bao gồm:

- Trầm tích hồ- đầm lầy ($lbQ_2^{1-2}hh$). Đây là phân hệ tầng dưới của hệ tầng Hải Hưng. Ở phân hệ tầng này có 2 kiểu mặt cắt: Mặt cắt kiểu hồ đầm lầy ven biển có thành phần bột sét, chứa tàn tích thực vật, than bùn chiều dày $0,5 \div 3,5\text{m}$ và kiểu mặt cắt hồ-đầm lầy lục địa (phát triển ở đồng bằng diện tích nhỏ).
- Trầm tích hỗn hợp sông – biển - đầm lầy ($ambQ_2^{1-2}hh$) có thành phần gồm: bột, sét, ít cát, tàn tích thực vật, than bùn. Chiều dày 2 -7 m.

- Trầm tích biển ($mQ_2^{1-2}hh$). Thành phần bao gồm sét, sét bột màu xám xanh, xanh lơ. Chiều dày nhỏ, phổ biến từ 0,5 – 2m.

Hệ tầng Thái Bình (Q_2^3tb)

Hệ tầng Thái Bình là trầm tích trẻ nhất. Các trầm tích này phân bố ở quận Hoàn Kiếm; quận Cầu Giấy tại Mai Dịch, Quan Hoa; ở quận Thanh Xuân tại Khương Thượng, Giáp Bát, Định Công; Quan Hoa; ở Thanh Trì tại Tam Hiệp, Hoàng Liệt; ở Gia Lâm tại Phù Đồng, Sài Đồng, Gia Thụy; ở Sóc Sơn tại Bắc Lý, Phù Lỗ; ở Đông Anh tại Yên Thường, Mai Lâm.

Hệ tầng Thái Bình trong phạm vi đô thị Hà Nội có tổng chiều dày 20- 35m, bao gồm:

- Trầm tích sông – phân hệ tầng dưới ($aQ_2^3tb_1$) có thành phần bao gồm: cát, bột sét màu xám nâu, xám vàng. Tổng chiều dày của phân hệ tầng dưới 5 -20 m.

- Trầm tích hỗn hợp sông - hồ- đầm lầy ($albQ_2^3tb$) gồm bột, sét, tàn tích thực vật, bề dày từ 3 –15m

- Trầm tích sông - phân hệ tầng trên ($aQ_2^3tb_2$). Đây là thành tạo ven đê sông Hồng, sông Đuống và sông Cà Lồ thuộc tướng bãi bồi thấp và tướng lòng sông. Thành phần bao gồm: Phần dưới là cát lẫn ít bột sét màu nâu vàng, xám vàng. Bề dày 3÷10m. Phần trên gồm bột sét, cát bột màu nâu nhạt. Bề dày 2÷5m. Tổng bề dày của phân hệ tầng trên là 15m.

2.2.2. Đặc điểm địa tầng ĐCCT

Trên cơ sở tổng hợp các tài liệu khảo sát địa chất công trình và kết quả định danh địa tầng trong khu vực nghiên cứu, địa tầng địa chất công trình khu vực đô thị Hà Nội có thể được phân chia thành các lớp đất đặc trưng tương ứng với các hệ tầng và môi trường trầm tích khác nhau. Kết quả định danh địa tầng ĐCCT khu vực đô thị Hà Nội được tổng hợp trong bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp kết quả định danh địa tầng ĐCCT khu vực đô thị Hà Nội

Tên gọi lớp	Mô tả	Hệ tầng	Nguồn gốc	ID
Lớp 1	Đất lấp, thành phần hỗn tạp, trạng thái không đều	Q	n	Q-n
Lớp 2	Bùn đáy ao hồ	Thái Bình	l	TB-l
Lớp 3	Sét pha màu nâu xám, trạng thái dẻo mềm		a	TB-a
Lớp 4	Cát mịn, xen kẹp sét pha màu xám nâu, trạng thái rời			TB-a

Lớp 5	Sét màu nâu vàng, trạng thái dẻo cứng - dẻo mềm			TB-a
Lớp 6	Sét pha, nâu/nâu vàng, trạng thái dẻo cứng - dẻo mềm			TB-a
Lớp 7	Sét pha, xám nâu, trạng thái dẻo chảy/chảy, lẫn ít hữu cơ			alb
Lớp 8	Sét pha xen kẹp cát pha, cát màu nâu hồng, trạng thái dẻo mềm			TB-a
Lớp 9	Cát mịn, xám xanh, trạng thái chặt vừa			a
Lớp 10	Sét pha nâu xám, dẻo mềm, có chỗ xen kẹp cát pha, cát			TB-a
Lớp 11	Sét xám xanh, trạng thái dẻo mềm - dẻo cứng	Hải Hưng	m	HH-m
Lớp 12	Sét pha xám đen, lẫn hữu cơ, trạng thái dẻo chảy/chảy		amb	HH-amb
Lớp 13	Bùn sét xám đen, lẫn hữu cơ		lb	HH-lb
Lớp 14	Sét pha nâu/vàng/đỏ loang lổ, trạng thái dẻo cứng - nửa cứng	Vĩnh Phúc	am	VP-am
Lớp 15	Sét xám xanh/xám trắng, trạng thái dẻo cứng - dẻo mềm		alb	VP-alb
Lớp 16	Sét pha xám đen, lẫn hữu cơ, trạng thái dẻo chảy/chảy			VP-alb
Lớp 17	Cát pha xen kẹp sét pha, cát xám vàng, trạng thái dẻo		a	VP-a
Lớp 18	Cát mịn, nâu/nâu vàng, chặt vừa			VP-a
Lớp 19	Cát vừa lẫn sạn, sỏi, xám vàng/xám trắng, chặt			VP-a
Lớp 20	Sét pha màu nâu xám, trạng thái dẻo cứng, có chỗ lẫn hữu cơ	Hà Nội	a	HN-a
Lớp 21	Cát pha xám vàng, nâu hồng, trạng thái dẻo, có chỗ lẫn sạn/sỏi			HN-a
Lớp 22	Cuội lẫn sỏi -cát, màu xám, xám vàng, rất chặt		ap	HN-ap
Lớp 23	Cát pha, xám ghi/nâu, dẻo, có chỗ lẫn sạn/sỏi	Lệ Chi	a	LC-a
Lớp 24	Cuội sỏi lẫn cát, sét xám nâu/xám vàng			LC-a

Nhìn chung, địa tầng địa chất công trình của khu vực có thể được chia thành ba nhóm chính theo ý nghĩa địa chất công trình.

Nhóm thứ nhất là các trầm tích cuội sỏi và cát nguồn gốc sông, sông lũ thuộc các hệ tầng Lệ Chi và Hà Nội. Các lớp đất này có độ chặt lớn, hệ số thấm cao và khả năng chịu tải tốt. Trong nhiều trường hợp, chúng đóng vai trò là lớp chịu lực chính của nền đất và thường được sử dụng làm tầng đặt mũi cọc trong thiết kế móng cọc cho các công trình cao tầng.

Nhóm thứ hai là các trầm tích cát, cát pha và sét pha nguồn gốc sông hoặc sông – biển thuộc các hệ tầng Vĩnh Phúc và Thái Bình. Các lớp đất này có tính chất cơ lý biến đổi trong phạm vi rộng tùy theo trạng thái, từ trạng thái dẻo mềm đến nửa cứng hoặc chặt vừa đến chặt. Tùy theo thành phần hạt và trạng thái, chúng có thể đóng vai trò là lớp chịu lực trung gian hoặc lớp truyền ứng suất xuống sâu.

Nhóm thứ ba là các trầm tích sét, sét pha và bùn sét có nguồn gốc liên quan đến đầm lầy (lb, alb, mb), chủ yếu thuộc các hệ tầng Hải Hưng, Thái Bình và một phần nhỏ của hệ tầng Vĩnh Phúc. Các lớp đất này thường có trạng thái dẻo chảy đến chảy, chứa vật chất hữu cơ và có độ nén lún lớn. Đây là các lớp đất yếu có ý nghĩa bất lợi khi được sử dụng làm nền.

Sự phân bố của các lớp đất yếu trong địa tầng có tính không đồng đều trong không gian và thường xen kẽ với các lớp đất có tính chất xây dựng tốt hơn. Trong nhiều mặt cắt địa chất công trình, các lớp đất yếu có thể xuất hiện một hoặc nhiều tầng, với chiều dày và mức độ phát triển khác nhau. Điều này làm cho điều kiện nền đất trong khu vực đô thị Hà Nội có sự biến đổi mạnh theo cả phương đứng và phương ngang.

2.3. Đặc điểm cấu trúc nền theo chiều sâu nghiên cứu

Từ góc độ địa chất công trình, có thể rút ra một số đặc điểm cơ bản của địa tầng khu vực nghiên cứu như sau:

- Các trầm tích cuội sỏi nguồn gốc sông, sông lũ thuộc hệ tầng Lệ Chi và Hà Nội tạo thành tầng nền cơ sở tương đối ổn định trong toàn khu vực.
- Sự khác biệt cấu trúc nền chủ yếu do sự tổ hợp và chồng xếp của các hệ tầng Vĩnh Phúc, Hải Hưng và Thái Bình nằm phía trên.
- Các lớp đất yếu phân bố chủ yếu trong các trầm tích có nguồn gốc liên quan đến đầm lầy thuộc hệ tầng Hải Hưng, Thái Bình và cục bộ trong hệ tầng Vĩnh Phúc.
- Sự xen kẽ giữa các trầm tích tương sông chủ đạo (a, am) với các trầm tích tương đầm lầy (lb, alb, amb) tạo nên tính không đồng nhất cao của nền đất.

Những đặc điểm nêu trên cho thấy rằng, địa tầng Đệ Tứ khu vực đô thị Hà Nội không chỉ phản ánh lịch sử phát triển trầm tích của đồng bằng sông Hồng mà còn quyết định trực tiếp đặc điểm cấu trúc nền và điều kiện địa kỹ thuật của nền đất. Vì vậy, việc phân

tích quan hệ giữa hệ tầng, nguồn gốc trầm tích và đặc điểm phân bố các lớp đất yếu là cơ sở quan trọng để xây dựng hệ phân chia cấu trúc nền khu vực nghiên cứu.

Trong nghiên cứu cấu trúc nền khu vực đô thị Hà Nội, phạm vi chiều sâu được xem xét đến hết các trầm tích Đệ Tứ, trong đó phần nền sâu được giới hạn bởi các trầm tích cuội sỏi nguồn gốc sông và sông – lũ thuộc các hệ tầng Hà Nội (HN) và Lệ Chi (LC).

Các trầm tích cuội sỏi của hai hệ tầng này có một số đặc điểm quan trọng đối với địa chất công trình:

- Có thành phần chủ yếu là cuội, sỏi và cát thô, độ chặt lớn;
- Có khả năng chịu tải cao và biến dạng nhỏ;
- Phân bố tương đối ổn định trong phạm vi khu vực nghiên cứu;
- Thường đóng vai trò là lớp chịu lực chính đối với nhiều công trình cao tầng.

Ngoài ra, các trầm tích cuội sỏi này còn là tầng chứa nước quan trọng trong hệ thống nước dưới đất khu vực Hà Nội, được khai thác rộng rãi cho mục đích sinh hoạt và sản xuất. Do có tính ổn định tương đối về thành phần và điều kiện phân bố, các hệ tầng Hà Nội và Lệ Chi có thể được xem như nền cơ sở của cấu trúc nền đô thị.

Phía trên nền cơ sở này là các trầm tích trẻ hơn thuộc các hệ tầng Vĩnh Phúc (VP), Hải Hưng (HH) và Thái Bình (TB). Đây là các tập trầm tích hình thành trong các môi trường sông, sông – biển, biển và hồ – đầm lầy, có sự biến đổi mạnh về thành phần và tính chất cơ lý. Sự phân bố và tổ hợp chồng xếp của các hệ tầng này là yếu tố quyết định đặc điểm cấu trúc nền và điều kiện địa kỹ thuật của khu vực đô thị Hà Nội.

Do đó, trong phạm vi chuyên đề này, cấu trúc nền được xem xét chủ yếu trong phần địa tầng bao gồm các hệ tầng Thái Bình, Hải Hưng và Vĩnh Phúc nằm trên nền cuội sỏi của hệ tầng Hà Nội và Lệ Chi.

2.4. Quan hệ hệ tầng – nguồn gốc và cấu trúc nền

2.4.1. Quan hệ hệ tầng – nguồn gốc

Các hệ tầng trầm tích Đệ Tứ ở khu vực đô thị Hà Nội phản ánh những giai đoạn phát triển khác nhau của môi trường trầm tích trong quá trình tiến hóa địa chất của đồng bằng sông Hồng. Các môi trường trầm tích chủ yếu bao gồm sông – lũ, sông, sông – biển, biển và hồ – đầm lầy. Mỗi môi trường trầm tích tạo ra các tập trầm tích có đặc điểm thành phần và tính chất cơ lý khác nhau.

Các trầm tích nguồn gốc sông và sông – lũ (ký hiệu a, ap, am) thường gồm cuội, sỏi, cát hoặc sét pha, có mức độ nén chặt tương đối cao và tính chất xây dựng tương đối tốt. Ngược lại, các trầm tích nguồn gốc hồ – đầm lầy hoặc biển – đầm lầy (lb, alb, amb) thường có thành phần bột sét, sét hữu cơ hoặc bùn sét, chứa nhiều vật chất hữu cơ, trạng thái dẻo mềm đến dẻo chảy và có độ nén lún lớn.

Sự thay đổi môi trường trầm tích theo thời gian đã tạo nên sự xen kẽ phức tạp giữa các lớp đất có tính chất cơ học khác nhau. Trong nhiều mặt cắt địa chất công trình, các lớp đất yếu nguồn gốc hồ – đầm lầy hoặc biển – đầm lầy phân bố xen giữa các lớp cát hoặc sét nguồn gốc sông, tạo nên sự không đồng nhất mạnh của nền đất theo cả phương đứng và phương ngang.

Do vậy, cấu trúc nền khu vực Hà Nội không phải là một cấu trúc phân lớp đơn giản mà là kết quả của quá trình chồng xếp nhiều pha trầm tích khác nhau. Quan hệ giữa hệ tầng và nguồn gốc trầm tích có vai trò quyết định đối với:

- Vị trí và sự phân bố của các lớp đất yếu;
- Điều kiện thoát nước của nền đất;
- Khả năng truyền ứng suất xuống các lớp chịu lực;
- Quy luật biến dạng và lún của nền khi chịu tải trọng công trình.

Việc nhận diện cấu trúc nền theo quan hệ hệ tầng – nguồn gốc trầm tích cho phép hiểu rõ quy luật phân bố của các lớp đất và làm rõ bản chất hình thành của các tầng đất yếu. Đây là cơ sở quan trọng để xây dựng hệ thống phân chia cấu trúc nền phục vụ nghiên cứu và ứng dụng trong địa chất công trình.

2.4.2. Vai trò của tầng nền cơ sở trong cấu trúc nền đô thị Hà Nội

Trong cấu trúc nền khu vực đô thị Hà Nội, các trầm tích cuối sỏi thuộc hệ tầng Hà Nội và Lệ Chi có vai trò đặc biệt quan trọng. Các trầm tích này có độ chặt lớn, khả năng chịu tải cao và phân bố tương đối ổn định trong phạm vi khu vực nghiên cứu. Vì vậy, chúng thường được xem là tầng nền cơ sở của cấu trúc nền.

Tầng nền cơ sở đóng vai trò là lớp chịu lực cuối cùng của nền đất và là môi trường truyền ứng suất của tải trọng công trình xuống phần nền sâu. Trong nhiều trường hợp, các giải pháp móng cọc của công trình cao tầng được thiết kế nhằm truyền tải trọng xuống các lớp cuối sỏi thuộc hệ tầng Hà Nội hoặc Lệ Chi.

Do có sự ổn định tương đối về thành phần và điều kiện phân bố, các hệ tầng này không được xem là yếu tố phân biệt giữa các kiểu cấu trúc nền trong phạm vi nghiên cứu. Thay vào đó, sự khác biệt cấu trúc nền chủ yếu được quyết định bởi sự tổ hợp và chồng xếp của các hệ tầng trẻ hơn nằm phía trên, bao gồm các hệ tầng Thái Bình, Hải Hưng và Vĩnh Phúc.

2.4.3. Cấu trúc nền và quy luật cơ học của nền đất

Hành vi cơ học của nền đất khi chịu tải trọng công trình chịu ảnh hưởng trực tiếp của cấu trúc nền. Sự phân bố của các lớp đất yếu, vị trí các lớp chịu lực, cũng như điều kiện thoát nước trong nền đất đều phụ thuộc vào tổ chức không gian của các tập trầm tích.

Trong các cấu trúc nền có sự tồn tại của các lớp đất yếu dày và phân bố liên tục, nền đất thường có khả năng nén lún lớn và thời gian cố kết kéo dài. Ngược lại, trong các cấu trúc nền mà các lớp đất yếu mỏng hoặc phân bố gián đoạn, nền đất có thể có khả năng chịu tải tốt hơn và độ lún nhỏ hơn.

Ngoài ra, loại đất nằm dưới các lớp đất yếu cũng có ảnh hưởng quan trọng đến quá trình biến dạng của nền. Nếu lớp dưới là đất rời như cát hoặc sỏi, khả năng thoát nước của nền thường tốt hơn và quá trình cố kết diễn ra nhanh hơn. Trong trường hợp lớp dưới là đất dính có hệ số thấm nhỏ, quá trình cố kết có thể kéo dài và gây ra lún chậm của công trình.

Như vậy, việc nghiên cứu cấu trúc nền theo quan điểm địa tầng – nguồn gốc không chỉ có ý nghĩa trong mô tả đặc điểm địa chất mà còn có ý nghĩa trực tiếp trong việc dự báo ứng xử cơ học của nền đất. Đây chính là cơ sở lý luận để xây dựng hệ phân chia cấu trúc nền khu vực đô thị Hà Nội theo hệ thống phân cấp địa tầng địa chất công trình.

2.5. Hệ thống phân chia cấu trúc nền

2.5.1. Nguyên tắc phân chia cấu trúc nền

Cấu trúc nền khu vực đô thị Hà Nội được hình thành bởi sự chồng xếp của các trầm tích Đệ Tứ có nguồn gốc và tuổi khác nhau. Trong đó, các trầm tích cuội sỏi nguồn gốc sông thuộc hệ tầng Hà Nội và Lệ Chi có tính ổn định tương đối cao và được xem là tầng nền cơ sở. Phần địa tầng phía trên gồm các hệ tầng Vĩnh Phúc, Hải Hưng và Thái Bình có thành phần và tính chất cơ lý biến đổi mạnh, quyết định đặc điểm cấu trúc nền và điều kiện địa kỹ thuật của khu vực.

Từ đặc điểm địa tầng Đệ Tứ và địa chất công trình (mục 2.2 và 2.3), có thể nhận thấy sự khác biệt cấu trúc nền trong khu vực nghiên cứu được chi phối bởi ba yếu tố chính:

- Tổ hợp và quan hệ chồng xếp của các hệ tầng;
- Đặc điểm nguồn gốc trầm tích, đặc biệt là sự xen kẽ giữa trầm tích tương sông và đầm lầy;
- Sự phân bố của các loại đất có tính chất ĐCCT khác nhau (đất loại cát -C; đất loại sét – S và đất yếu – Y).

Do đó, hệ phân cấp cấu trúc nền được xây dựng nhằm phản ánh đồng thời ba đặc điểm trên, bao gồm: Cấu trúc địa tầng địa chất (thông qua tổ hợp hệ tầng); Nguồn gốc trầm tích (thông qua tương trầm tích chủ đạo); và loại đất.

Trên cơ sở đó, cấu trúc nền được phân chia từ tổng quát đến chi tiết theo nguyên tắc sau:

- Kiểu cấu trúc nền được phân chia theo tổ hợp hệ tầng;
- Phụ kiểu cấu trúc nền được phân chia theo tổ hợp tướng trầm tích chủ đạo;
- Dạng cấu trúc nền được phân chia theo sự phân bố các loại đất (S, C, Y).

Hệ phân chia này đảm bảo vừa phản ánh bản chất hệ tầng – nguồn gốc, vừa có ý nghĩa trực tiếp trong đánh giá điều kiện nền đất phục vụ xây dựng.

2.5.2. Tiêu chí phân chia

1) Kiểu cấu trúc nền

Kiểu cấu trúc nền là cấp phân loại tổng quát nhất, được xác định dựa trên sự có mặt và quan hệ chồng xếp của các hệ tầng trầm tích tham gia cấu trúc nền phía trên nền cơ sở (tầng cuội sỏi Hà Nội).

Trong phạm vi nghiên cứu, ba hệ tầng có vai trò chính gồm: Thái Bình (TB); Hải Hưng (HH); Vĩnh Phúc (VP). Các hệ tầng Hà Nội (HN) và Lê Chi (LC) được xem là nền cơ sở tương đối ổn định nên không tham gia vào phân chia kiểu.

Căn cứ vào sự có mặt của các hệ tầng này trong mặt cắt địa chất công trình, các kiểu cấu trúc nền cơ bản bao gồm:

- Kiểu I: chỉ có hệ tầng Vĩnh Phúc;
- Kiểu II: hệ tầng Thái Bình phủ lên Vĩnh Phúc;
- Kiểu III: hệ tầng Hải Hưng phủ lên Vĩnh Phúc;
- Kiểu IV: đầy đủ cả ba hệ tầng.

Kiểu cấu trúc nền phản ánh khung cấu trúc địa tầng, mức độ phát triển và sự chồng xếp của các hệ tầng trầm tích.

2) Phụ kiểu cấu trúc nền

Trong mỗi kiểu cấu trúc nền, sự khác biệt quan trọng tiếp theo được xác định bởi nguồn gốc trầm tích chủ đạo trong từng hệ tầng.

Trong khu vực Hà Nội, hai nhóm nguồn gốc trầm tích chủ đạo có ý nghĩa quyết định gồm:

- Nhóm trầm tích tướng sông (ký hiệu a gồm a, am) – Thành phần chủ yếu là đất loại sét (ký hiệu S) và đất loại cát (ký hiệu C) có tính chất xây dựng tương đối tốt;
- Nhóm trầm tích tướng đầm lầy (ký hiệu b, gồm lb, alb, amb) – Thành phần chủ yếu là sét, sét pha có lẫn vật chất hữu cơ, thường là đất yếu (ký hiệu Y).

Sự có mặt và mức độ phát triển của các tướng trầm tích này trong từng hệ tầng tạo nên sự khác biệt về cấu trúc nền. Trong đó, sự có mặt của trầm tích tướng trầm tích đầm lầy thường gây ra nhiều vấn đề bất lợi, làm gia tăng rủi ro và ảnh hưởng đến việc lựa chọn lớp chịu lực cũng như giải pháp nền móng; sự có mặt của trầm tích tướng sông

đóng vai trò thuận lợi cho việc lựa chọn lớp chịu lực. Vì vậy, mỗi kiểu cấu trúc nền được phân chia thành các phụ kiểu dựa trên sự góp mặt của các tướng trầm tích này, nhưng sự có mặt của trầm tích đầm lầy được chú trọng.

Theo đặc điểm tướng trầm tích của các hệ tầng trong khu vực nghiên cứu:

- Các hệ tầng Vĩnh Phúc (VP) và Thái Bình (TB) đều phát triển đầy đủ hai nhóm tướng trầm tích, gồm tướng sông (a) và tướng đầm lầy (b).
- Hệ tầng Hải Hưng (HH) chủ yếu gồm trầm tích tướng đầm lầy (b). Mặc dù trong một số khu vực có xuất hiện trầm tích nguồn gốc biển (m), song các thành tạo này phân bố hạn chế, bề dày nhỏ và không có ý nghĩa đáng kể đối với cấu trúc nền. Do đó, trong phân chia cấu trúc nền, hệ tầng Hải Hưng được xem là chỉ có trầm tích tướng đầm lầy (b).

Trên cơ sở đó, phụ kiểu cấu trúc nền được phân chia trong mỗi kiểu cấu trúc theo đặc điểm trầm tích Đệ tứ khu vực.

3) Dạng cấu trúc nền

Sự phân bố và tổ hợp của các loại đất trong cấu trúc nền có ý nghĩa đặc biệt quan trọng đối với các bài toán địa kỹ thuật và đánh giá khả năng làm việc của nền đất. Xét theo đặc điểm tính chất xây dựng, các loại đất trong khu vực nghiên cứu được phân thành ba nhóm chính:

- Đất loại sét (ký hiệu S): gồm các loại đất sét, sét pha, cát pha; đặc trưng bởi trạng thái từ dẻo mềm đến cứng ($I_s < 0,75$); khả năng chịu tải từ trung bình đến tốt ($R_o \geq 1,0 \text{ kG/cm}^2$); biến dạng không lớn (mô đun biến dạng tổng $E_o \geq 50 \text{ kG/cm}^2$); hệ số thấm nhỏ, quá trình cố kết diễn ra chậm, lún kéo dài theo thời gian.
- Đất loại cát (ký hiệu C): gồm các loại đất cát; có khả năng chịu tải tốt ($R_o > 1,5 \text{ kG/cm}^2$); biến dạng nhỏ; hệ số thấm lớn, khả năng thoát nước tốt, quá trình lún diễn ra nhanh và sớm đạt trạng thái ổn định.
- Đất yếu (ký hiệu Y): gồm các loại đất sét, sét pha, cát pha ở trạng thái dẻo chảy đến chảy ($I_s > 0,75$); có sức chịu tải thấp ($R_o < 1,0 \text{ kG/cm}^2$); biến dạng lớn ($E_o < 50 \text{ kG/cm}^2$); hệ số thấm nhỏ, quá trình cố kết chậm, lún kéo dài theo thời gian; thường chứa thành phần hữu cơ.

Sự có mặt và tổ hợp của các nhóm đất này trong từng kiểu và phụ kiểu cấu trúc nền tạo nên các dạng cấu trúc nền khác nhau, phản ánh trực tiếp điều kiện làm việc của nền đất.

Trong đó, đất yếu (Y) đóng vai trò quyết định đến mức độ bất lợi của nền, là nguyên nhân chính gây ra lún lớn, lún không đều và mất ổn định tổng thể công trình. Sự xuất hiện của một hoặc nhiều lớp đất yếu trong mặt cắt địa chất làm gia tăng đáng kể độ

phức tạp của bài toán địa kỹ thuật, đặc biệt đối với các công trình có tải trọng lớn hoặc yêu cầu biến dạng nghiêm ngặt.

Ngược lại, đất loại sét (S) và đất loại cát (C) thường đóng vai trò là các lớp chịu lực chính trong cấu trúc nền. Tuy nhiên, hai nhóm đất này có đặc điểm làm việc khác nhau:

- Đất cát (C) với hệ số thấm lớn đóng vai trò như các lớp thoát nước tốt, góp phần rút ngắn quá trình cố kết của các lớp đất yếu lân cận, do đó có ý nghĩa tích cực trong việc cải thiện điều kiện biến dạng của nền.
- Đất sét (S) mặc dù có khả năng chịu tải tương đối tốt, nhưng do tính thấm kém nên đóng vai trò như các lớp cản thoát nước, làm kéo dài quá trình cố kết và thời gian lún của nền.

Do đó, mối quan hệ phân bố không gian giữa các loại đất có ảnh hưởng quyết định đến các bài toán địa kỹ thuật. Vì vậy, các dạng cấu trúc nền được phân chia dựa trên tổ hợp các loại đất (C, S, Y) và số lượng lớp đất yếu trong mặt cắt, nhằm phản ánh đầy đủ mức độ bất lợi và điều kiện làm việc của nền phục vụ cho phân tích và lựa chọn giải pháp xử lý nền phù hợp.

2.5.3. Quy tắc ký hiệu và biểu diễn cấu trúc nền

Để thuận tiện trong mô tả, so sánh và sử dụng trong thực tế, cấu trúc nền được ký hiệu và biểu diễn như sau:

1) Ký hiệu cấu trúc nền

Cấu trúc nền được ký hiệu đầy đủ gồm ba thành phần và được viết dưới dạng:

“Kiểu.Phụ kiểu.Dạng”

Trong đó:

- Kiểu cấu trúc nền được ký hiệu bằng chữ số La Mã (I, II, III, IV)
- Phụ kiểu cấu trúc nền được ký hiệu bằng chữ số Ả Rập (1, 2, 3)
- Dạng cấu trúc nền được ký hiệu chữ cái thường (a, b, c, ...)

2) Biểu diễn thành phần địa tầng trong cấu trúc nền

Thành phần địa tầng trong cấu trúc nền là tập hợp các yếu tố phản ánh tổ chức vật chất của nền đất theo chiều sâu, bao gồm ba thành phần chính: các hệ tầng tham gia cấu trúc nền; nguồn gốc trầm tích và loại đất.

Mỗi hệ tầng được đặc trưng bởi cấu trúc nội tại, là tổ hợp nguồn gốc trầm tích, loại đất cùng với quy luật sắp xếp của chúng theo chiều sâu. Tổ hợp nguồn gốc trầm tích bao gồm các trầm tích có nguồn gốc khác nhau, trong đó có hai nhóm chính là trầm tích tương sông (a, am) và trầm tích tương đầm lầy (lb, alb, amb). Trầm tích tương sông gồm hai loại đất là S và C, trong khi trầm tích tương đầm lầy đặc trưng là Y.

Kết quả phân tích đặc điểm trầm tích trong các hệ tầng Đệ tứ (mục 2.2) cho thấy, thứ tự xuất hiện các loại đất trong mỗi hệ tầng tuân theo quy luật chung là S (trên) – Y (giữa) – C (dưới). Tùy theo điều kiện trầm tích và vị trí nghiên cứu, trong một hệ tầng có thể có đầy đủ hoặc khuyết một đến hai loại đất. Do đó, để thuận tiện cho mô tả và sử dụng, cấu trúc nền được biểu diễn theo cấu trúc như sau:

HT1 [CT]- HT2 [CT]- HT3 [CT]

Trong đó:

- HT1, HT2, HT3 lần lượt là hệ tầng trên, hệ tầng giữa, hệ tầng dưới; biểu diễn vị trí và sự góp mặt của hệ tầng trong cấu trúc nền, được ký hiệu bằng chữ cái viết tắt của hệ tầng: TB – Hệ tầng Thái Bình; HH – Hệ tầng Hải Hưng; VP – Hệ tầng Vĩnh Phúc. Tùy theo kiểu cấu trúc nền, cấu trúc trên có thể khuyết một hoặc hai thành phần;
- [CT] là cấu trúc nội tại của hệ tầng, biểu diễn tổ hợp tương trầm tích hoặc tổ hợp loại đất tùy theo yêu cầu biểu diễn là phụ kiểu hay dạng cấu trúc:
 - + Với phụ kiểu, tổ hợp tương trầm tích có mặt trong hệ tầng được biểu diễn như sau: nếu hệ tầng có mặt trầm tích tương sông thì [CT] = [a], nếu hệ tầng có mặt trầm tích tương đầm lầy thì [CT] = [b], hệ tầng có mặt cả hai tương trầm tích thì [CT] = [a,b];
 - + Dạng cấu trúc nền biểu diễn sự góp mặt và vị trí của các loại đất theo chiều sâu trong hệ tầng. Quy tắc ký hiệu loại đất: S – đất loại sét; C – đất loại cát; Y – đất yếu. Trong trường hợp này, việc biểu diễn loại đất cũng đã thể hiện tương trầm tích trong hệ tầng do S, C thuộc tương sông, Y thuộc tương đầm lầy.

Nguyên tắc biểu diễn như sau:

- Chỉ thể hiện sự có mặt của các hệ tầng, tương trầm tích, loại đất;
- Thứ tự biểu diễn hệ tầng, loại đất từ trái sang phải theo chiều sâu phân bố từ trên xuống dưới;

3. PHÂN CHIA CẤU TRÚC NỀN KHU VỰC ĐÔ THỊ HÀ NỘI

3.1. Cơ sở và dữ liệu phân chia

Việc phân chia cấu trúc nền khu vực đô thị Hà Nội được thực hiện trên cơ sở đặc điểm địa tầng Đệ tứ, nguyên tắc phân chia (mục 2), kết quả định danh địa tầng ĐCCT khu vực nghiên cứu, đồng thời dựa trên các tài liệu khảo sát thực tế bao gồm:

- 20 hố khoan địa chất công trình, khảo sát đến độ sâu tầng cuội sỏi (hệ tầng Hà Nội);
- 425 mẫu đất thí nghiệm trong phòng;

- 425 kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT).

Các tài liệu trên cho phép nhận diện đầy đủ:

- Tổ hợp các hệ tầng tham gia cấu trúc nền;
- Sự phân bố của các loại đất (S, C, Y) theo chiều sâu;
- Mức độ phát triển và phân bố của các lớp đất yếu trong khu vực nghiên cứu.

Trên cơ sở đó, cấu trúc nền được phân chia theo hệ thống gồm: kiểu, phụ kiểu và dạng, đảm bảo phản ánh đồng thời đặc điểm địa tầng, nguồn gốc trầm tích và loại đất.

3.2. Phân chia cấu trúc nền khu vực đô thị Hà Nội

Kết quả phân chia cấu trúc nền khu vực nghiên cứu được tổng hợp trong Bảng 2.

Bảng 2. Tổng hợp các kiểu, phụ kiểu, dạng cấu trúc nền khu vực đô thị Hà Nội

Kiểu	Phụ kiểu		Dạng		Mô tả, đánh giá
	Ký hiệu	Đặc điểm	Ký hiệu	Đặc điểm	
I (VP)	I.1	VP[a]	I.1.a	VP[C]	Chỉ có cát VP, không có đất yếu; điều kiện xây dựng thuận lợi
			I.1.b	VP[SC]	Hệ tầng VP có đất S phủ trên đất C, không có đất yếu; thuận lợi cho xây dựng
	I.2	VP[a,b]	I.2.a	VP[SYC]	Hệ tầng VP có đất Y xen kẹp giữa S và C; tương đối bất lợi
II (TB-VP)	II.1	TB[a]-VP[a]	II.1.a	TB[S]-VP[C]	Đất S hệ tầng TB phủ trên C hệ tầng VP, không có đất Y; tương đối thuận lợi
			II.1.b	TB[S]-VP[SC]	Đất S hệ tầng TB phủ trên đất S và C hệ tầng VP, không có đất Y; tương đối thuận lợi
			II.1.c	TB[SC]-VP[C]	Đất S và C hệ tầng TB phủ trên đất C hệ tầng VP, không có đất Y; tương đối thuận lợi
			II.1.d	TB[SC]-VP[SC]	Đất S và C hệ tầng TB phủ trên đất S và C hệ tầng VP, không có đất Y; tương đối thuận lợi
	II.2	TB[a,b]-VP[a]	II.2.a	TB[SY]-VP[C]	Đất S và Y hệ tầng TB phủ trên đất C hệ tầng VP, có đất Y; tương đối bất lợi
			II.2.b	TB[SY]-VP[SC]	Đất S và Y hệ tầng TB phủ trên đất S và C hệ tầng VP, có đất Y kẹp giữa hai lớp đất S; bất lợi
			II.2.c	TB[SYC]-VP[C]	Hệ tầng TB có đất S, Y và C phủ trên đất C hệ tầng VP, có đất Y; tương đối bất lợi

			II.2.d	TB[SYC]-VP[SC]	Hệ tầng TB có đất S, Y và C phủ trên đất S và C hệ tầng VP, có đất Y; tương đối bất lợi
			II.2.e	TB[SYC]-VP[S]	Hệ tầng TB có đất S, Y và C phủ trên đất S hệ tầng VP, có đất Y; tương đối bất lợi
	II.3	TB[a]-VP[a,b]	II.3.a	TB[S]-VP[SYC]	Đất S hệ tầng TB phủ trên hệ tầng VP gồm đất S, Y và C; tương đối bất lợi
			II.3.b	TB[SC]-VP[SYC]	Đất S và C hệ tầng TB phủ trên hệ tầng VP gồm đất S, Y và C; tương đối bất lợi
	II.4	TB[a,b]-VP[a,b]	II.4.a	TB[SY]-VP[SYC]	Cả hệ tầng TB và VP đều có đất yếu; hệ tầng TB khuyết C; nền phức tạp, rất bất lợi
			II.4.b	TB[SYC]-VP[SYC]	Cả hai hệ tầng đều có đầy đủ 3 loại đất S, Y, C; nền rất phức tạp, rất bất lợi
			II.4.c	TB[SYC]-VP[YC]	Cả hệ tầng TB và VP đều có đất yếu; hệ tầng VP khuyết S; nền phức tạp, rất bất lợi
III (HH-VP)	III.1	HH[b]-VP[a]	III.1.a	HH[Y]-VP[S]	Đất Y hệ tầng HH phủ trên S hệ tầng VP; bất lợi
			III.1.b	HH[Y]-VP[C]	Đất Y hệ tầng HH phủ trên C hệ tầng VP; tương đối bất lợi
			III.1.c	HH[Y]-VP[SC]	Đất Y hệ tầng HH phủ trên S, C hệ tầng VP; bất lợi
	III.1	HH[b]-VP[a,b]	III.2.a	HH[Y]-VP[SYC]	Cả HH và VP đều có đất yếu; rất bất lợi
IV (TB-HH-VP)	IV.1	TB[a]-HH[b]-VP[a]	IV.1.a	TB[S]-HH[Y]-VP[C]	Đất Y hệ tầng HH kẹp giữa S của TB và C của VP; tương đối bất lợi
			IV.1.b	TB[S]-HH[Y]-VP[SC]	Đất Y hệ tầng HH kẹp giữa S của TB và S của VP bất lợi
			IV.1.c	TB[SC]-HH[Y]-VP[C]	Đất Y hệ tầng HH kẹp giữa C của TB và C của VP; tương đối bất lợi
			IV.1.d	TB[SC]-HH[Y]-VP[SC]	Đất Y hệ tầng HH kẹp giữa S, C của TB và S, C của VP; nền phức tạp, bất lợi
	IV.2	TB[a,b]-HH[b]-VP[a]	IV.2.a	TB[SY]-HH[Y]-VP[C]	Hệ tầng TB và HH đều có đất Y phủ trên C của VP, rất bất lợi
			IV.2.b	TB[SY]-HH[Y]-VP[SC]	Hệ tầng TB và HH đều có đất Y phủ trên S, C của VP, rất bất lợi
			IV.2.c	TB[SYC]-HH[Y]-VP[C]	Hệ tầng TB và HH đều có đất Y; đất Y hệ tầng HH kẹp giữa hai lớp C, bất lợi

			IV.2.d	TB[SYC]-HH[Y]-VP[SC]	Hệ tầng TB và HH đều có đất Y phủ trên đất S, C hệ tầng VP, rất bất lợi
			IV.2.e	TB[SYC]-HH[Y]-VP[S]	Hệ tầng TB và HH đều có đất Y phủ trên đất S hệ tầng VP, rất bất lợi
	IV.3	TB[a]-HH[b]-VP[a,b]	IV.3.a	TB[S]-HH[Y]-VP[SYC]	Hai lớp Y của hệ tầng HH và VP phân bố dưới đất S hệ tầng TB, rất bất lợi
			IV.3.b	TB[SC]-HH[Y]-VP[SYC]	Hai lớp Y của hệ tầng HH và VP phân bố dưới đất S, C hệ tầng TB, rất bất lợi
	IV.4	TB[a,b]-HH[b]-VP[a,b]	IV.4.a	TB[SY]-HH[Y]-VP[SYC]	Cả ba hệ tầng đều có đất Y, rất bất lợi
			IV.4.b	TB[SYC]-HH[Y]-VP[SYC]	Cả ba hệ tầng đều có đất Y, rất bất lợi
			IV.4.c	TB[SYC]-HH[Y]-VP[YC]	Cả ba hệ tầng đều có đất Y, rất bất lợi

Việc đánh giá cấu trúc nền theo điều kiện xây dựng dựa trên cơ sở trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Cơ sở đánh giá mức độ thuận lợi của cấu trúc nền

Đặc điểm cấu trúc nền	Đánh giá	Cơ sở đánh giá
Chỉ có đất C	Thuận lợi	Khả năng chịu tải khá tốt; Độ lún nhỏ, nhanh ổn định
Chỉ có S và C	Tương đối thuận lợi	Khả năng chịu tải khá tốt; Độ lún không lớn, kéo dài theo thời gian
Có một Y phủ trên C	Tương đối bất lợi	Khả năng chịu tải chịu ảnh hưởng bất lợi; Độ lún lớn; điều kiện thoát nước của đất Y thuận lợi
Có một Y phủ trên S	Bất lợi	Khả năng chịu tải chịu ảnh hưởng bất lợi; Độ lún lớn; điều kiện thoát nước của đất Y không thuận lợi.
Có nhiều hơn một lớp đất yếu	Rất bất lợi	Điều kiện địa tầng phức tạp; Khả năng chịu tải thấp; Độ lún lớn đến rất lớn; điều kiện thoát nước của các lớp đất Y không thuận lợi.

Lưu ý: - Trong cấu trúc nền có mặt đất C cần đề phòng các hiện tượng cát chảy, xói ngầm, nước chảy hố móng;

- Với một công trình cụ thể, phạm vi cấu trúc nền phụ thuộc vào phạm vi tác động của công trình.

Kết quả phân chia cấu trúc nền khu vực đô thị Hà Nội được tổng hợp trong Bảng 2 cho thấy nền đất có cấu trúc đa dạng, được phân chia thành 4 kiểu, 11 phụ kiểu và 35

dạng cấu trúc nền, phản ánh đầy đủ sự biến đổi về tổ hợp hệ tầng, nguồn gốc trầm tích và loại đất. Đặc điểm từng kiểu, phụ kiểu và dạng cấu trúc nền được mô tả, đánh giá chi tiết như sau:

(1) Kiểu I (VP)

Kiểu I chỉ có hệ tầng Vĩnh Phúc (VP) tham gia cấu trúc nền, gồm 2 phụ kiểu và 3 dạng.

- Phụ kiểu I.1 (VP[a]) đặc trưng bởi trầm tích tương sông, không xuất hiện trầm tích đầm lầy (không có đất yếu). Phụ kiểu này gồm 2 dạng (VP[C], VP[SC]) theo tổ hợp phân bố của đất loại cát (C) và đất loại sét (S). Đây là cấu trúc nền thuận lợi đến tương đối thuận lợi cho xây dựng.
- Phụ kiểu I.2 (VP[a,b]) đặc trưng bởi sự xuất hiện của trầm tích tương đầm lầy trong hệ tầng Vĩnh Phúc, thể hiện qua một dạng cấu trúc VP[SYC], trong đó đất yếu xen kẽ giữa các lớp đất loại sét phía trên và đất loại cát bên dưới. Đây là cấu trúc nền tương đối bất lợi, do sự xuất hiện của lớp đất yếu trong nền, nhưng sự xuất hiện của đất C bên dưới đất Y tạo điều kiện thoát nước tốt cho đất Y, giúp đẩy nhanh quá trình cố kết.

Nhìn chung, kiểu I có cấu trúc đơn giản nhất, mức độ thuận lợi cao ở phụ kiểu I.1 và tương đối bất lợi ở phụ kiểu I.2.

(2) Kiểu II (TB–VP)

Kiểu II đặc trưng bởi hệ tầng Thái Bình (TB) phủ trên hệ tầng Vĩnh Phúc (VP), gồm 4 phụ kiểu và 14 dạng, là kiểu cấu trúc nền phổ biến trong khu vực nghiên cứu.

- Phụ kiểu II.1 (TB[a]–VP[a]) đặc trưng bởi trầm tích tương sông của cả hai hệ tầng, không xuất hiện đất yếu. Phụ kiểu này gồm 4 dạng, được phân biệt bởi tổ hợp các loại đất S và C của hai hệ tầng. Đây là cấu trúc nền tương đối thuận lợi cho xây dựng.
- Phụ kiểu II.2 (TB[a,b]–VP[a]) đặc trưng bởi sự xuất hiện đất yếu trong hệ tầng TB, trong khi VP vẫn là trầm tích tương sông. Phụ kiểu này gồm 5 dạng, trong đó đất yếu thường nằm xen kẽ trong TB. Đây là cấu trúc nền tương đối bất lợi, do lớp đất yếu nằm phía trên ảnh hưởng trực tiếp đến giải pháp nền móng ngay cả với công trình quy mô vừa đến nhỏ.
- Phụ kiểu II.3 (TB[a]–VP[a,b]) đặc trưng bởi đất yếu xuất hiện trong hệ tầng VP. Phụ kiểu này gồm 2 dạng, trong đó lớp yếu nằm sâu hơn, ảnh hưởng đến khả năng chịu tải của công trình quy mô lớn. Đây là cấu trúc nền tương đối bất lợi.
- Phụ kiểu II.4 (TB[a,b]–VP[a,b]) đặc trưng bởi sự xuất hiện đất yếu ở cả hai hệ tầng TB và VP. Phụ kiểu này gồm 3 dạng với mức độ phức tạp cao, nhiều lớp đất yếu xen kẽ. Đây là cấu trúc nền rất bất lợi cho xây dựng.

Như vậy, kiểu II thể hiện rõ quy luật: mức độ bất lợi tăng theo sự xuất hiện và số lượng lớp đất yếu trong TB và VP.

(3) Kiểu III (HH–VP)

Kiểu III đặc trưng bởi hệ tầng Hải Hưng (HH) phủ trên hệ tầng Vĩnh Phúc (VP), gồm 2 phụ kiểu và 4 dạng.

- Phụ kiểu III.1 (HH[b]–VP[a]) đặc trưng bởi lớp đất yếu của hệ tầng HH phủ trên nền VP là trầm tích tương sông. Phụ kiểu này gồm 3 dạng tùy theo tổ hợp S và C trong VP. Đây là cấu trúc nền bất lợi đến tương đối bất lợi, do tồn tại lớp đất yếu phía trên.
- Phụ kiểu III.2 (HH[b]–VP[a,b]) đặc trưng bởi đất yếu xuất hiện ở cả HH và VP. Phụ kiểu này chỉ có 1 dạng. Đây là cấu trúc nền rất bất lợi.

Kiểu III có đặc điểm điển hình là lớp đất yếu HH phân bố liên tục phía trên, chi phối mạnh đến điều kiện xây dựng.

(4) Kiểu IV (TB–HH–VP)

Kiểu IV là kiểu phức tạp nhất, đặc trưng bởi ba hệ tầng TB – HH – VP cùng tham gia cấu trúc nền, gồm 4 phụ kiểu và 14 dạng.

- Phụ kiểu IV.1 (TB[a]–HH[b]–VP[a]) đặc trưng bởi lớp đất yếu HH nằm kẹp giữa hai hệ tầng không có đất yếu. Phụ kiểu này gồm 4 dạng. Đây là cấu trúc nền tương đối bất lợi đến bất lợi tùy theo sự có mặt hay không của đất C dưới lớp đất yếu.
- Phụ kiểu IV.2 (TB[a,b]–HH[b]–VP[a]) đặc trưng bởi đất yếu xuất hiện trong cả TB và HH. Phụ kiểu này gồm 5 dạng, với nhiều lớp yếu chồng xếp. Đây là cấu trúc nền rất bất lợi.
- Phụ kiểu IV.3 (TB[a]–HH[b]–VP[a,b]) đặc trưng bởi đất yếu xuất hiện trong HH và VP. Phụ kiểu này gồm 2 dạng, với các lớp yếu nằm sâu hơn. Đây là cấu trúc nền rất bất lợi.
- Phụ kiểu IV.4 (TB[a,b]–HH[b]–VP[a,b]) đặc trưng bởi đất yếu xuất hiện ở cả ba hệ tầng. Phụ kiểu này gồm 3 dạng, là cấu trúc nền phức tạp nhất với nhiều lớp yếu xen kẹp. Đây là cấu trúc nền rất bất lợi cho xây dựng.

Kiểu IV thể hiện mức độ phức tạp cao nhất, với nhiều lớp đất yếu phân bố theo chiều sâu, gây khó khăn lớn trong thiết kế và xử lý nền.

(5) Nhận xét tổng hợp

Từ kết quả phân chia cấu trúc nền khu vực đô thị Hà Nội, có thể rút ra một số nhận xét sau:

- Cấu trúc nền khu vực nghiên cứu có tính đa dạng và phân hóa mạnh, từ cấu trúc đơn giản (kiểu I) đến rất phức tạp (kiểu IV);

- Đất yếu (Y) là yếu tố chi phối chủ đạo, quyết định mức độ thuận lợi của nền đất;
- Mức độ bất lợi của cấu trúc nền tăng theo sự xuất hiện và số lượng lớp đất yếu và vị trí phân bố của đất yếu;
- Các cấu trúc nền thuộc kiểu II, III và IV phân bố phổ biến, phản ánh đặc trưng địa chất công trình khu vực Hà Nội là nền đất yếu xen kẽ phức tạp;
- Hệ thống phân chia cấu trúc nền cho phép đánh giá nhanh điều kiện nền đất, là cơ sở quan trọng cho phân vùng địa kỹ thuật và lựa chọn giải pháp nền móng hợp lý.

3.3. Kết quả phân chia cấu trúc nền tại các vị trí nghiên cứu

Kết quả phân loại đất và phân chia cấu trúc nền tại các vị trí khảo sát được tổng hợp trong Bảng 4. Việc xác định cấu trúc nền tại các vị trí nghiên cứu được thực hiện trên cơ sở:

- Phân tích sự phân bố các lớp đất theo chiều sâu. Các lớp đất (Lớp 1 đến Lớp 24) đã được định danh và mô tả chi tiết trong Bảng 1;
- Xác định tổ hợp hệ tầng, kiểu nguồn gốc và loại đất;
- Áp dụng quy tắc ký hiệu cấu trúc nền đã đề xuất trong mục 2.5.

Kết quả cho thấy:

- Các kiểu cấu trúc nền II và IV xuất hiện phổ biến trong khu vực nghiên cứu;
- Các cấu trúc có chứa đất yếu chiếm tỷ lệ lớn;
- Nhiều vị trí xuất hiện nhiều lớp đất yếu phân bố xen kẽ, làm tăng tính không đồng nhất của nền đất;

Bảng 4. Kết quả phân chia cấu trúc nền tại các vị trí nghiên cứu

Hố khoan	Địa điểm	Các lớp xuất hiện trong hố khoan										Ký hiệu cấu trúc nền	Dạng cấu trúc
BS1	BS1 - Thôn Nhuế, Kim Chung, Đông Anh	Lớp 1	Lớp 6	Lớp 7	Lớp 9	Lớp 15	Lớp 17	Lớp 18	Lớp 22			TB[SYC]-VP[SC]	II.2.d
BS2	BS2 - Mai Lâm, Đông Anh	Lớp 1	Lớp 5	Lớp 7	Lớp 9	Lớp 14	Lớp 18	Lớp 19	Lớp 22			TB[SYC]-VP[SC]	II.2.d
BS3	BS3 - Thượng Thanh, Long Biên	Lớp 1	Lớp 5	Lớp 6	Lớp 9	Lớp 12	Lớp 15	Lớp 17	Lớp 18	Lớp 20	Lớp 22	TB[SC]-HH[Y]-VP[SC]	IV.1.d
BS4	BS4 - Tây Tựu, Từ Liêm	Lớp 1	Lớp 3	Lớp 6	Lớp 9	Lớp 14	Lớp 17	Lớp 18	Lớp 19	Lớp 22		TB[SC]-VP[SC]	II.1.d
BS5	BS5 - Nhật Tân, Tây Hồ	Lớp 1	Lớp 3	Lớp 4	Lớp 9		Lớp 17	Lớp 18	Lớp 19			TB[SC]-VP[C]	II.1.c
BS6	BS6 - An Khánh, Hoài Đức	Lớp 1	Lớp 6	Lớp 9	Lớp 18	Lớp 19	Lớp 22					TB[SC]-VP[C]	II.1.c
BS7	BS7 - Thịnh Liệt, Hoàng Mai	Lớp 1	Lớp 3	Lớp 7	Lớp 8	Lớp 9	Lớp 16	Lớp 17	Lớp 18	Lớp 19	Lớp 22	TB[SYC]-VP[YC]	II.4.c
BS8	TC2 - Ga Nhổn - Dự án Metro Hà Nội	Lớp 1	Lớp 6	Lớp 7	Lớp 9	Lớp 12	Lớp 18	Lớp 19	Lớp 22			TB[SYC]-HH[Y]-VP[C]	IV.2.c
BS9	BBH4 - Khu đô thị mới Tây Hồ Tây	Lớp 1	Lớp 6	Lớp 7	Lớp 14	Lớp 18	Lớp 19	Lớp 22				TB[SY]-VP[SC]	II.2.b
BS10	BH14 - Mailand, Hoài Đức, Hà Nội	Lớp 1	Lớp 5	Lớp 7	Lớp 9	Lớp 13	Lớp 15	Lớp 21	Lớp 22			TB[SYC]-HH[Y]-VP[S]	IV.2.e
BS11	HK1 - số 10 tôn thất thuyết, phường Mỹ Đình	Lớp 1	Lớp 5	Lớp 6	Lớp 12	Lớp 18	Lớp 19	Lớp 22				TB[S]-HH[Y]-VP[C]	IV.1.a
BS12	HK1 - 1152, Đường Láng, Đống Đa	Lớp 1	Lớp 6	Lớp 9	Lớp 12	Lớp 14	Lớp 17	Lớp 18	Lớp 19	Lớp 22		TB[SC]-HH[Y]-VP[SC]	IV.1.d
BS13	DS4-01 - Cầu ĐS số 4 (Khu vực Tây Mỗ)	Lớp 1	Lớp 6	Lớp 13	Lớp 17	Lớp 18	Lớp 19	Lớp 22				TB[S]-HH[Y]-VP[C]	IV.1.a
BS14	BS14 - Long Biên	Lớp 1	Lớp 3	Lớp 9	Lớp 14	Lớp 18	Lớp 19					TB[SC]-VP[SC]	II.1.d
BS15	BS15 - ô Đông Mác - Nguyễn Khoái	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 6	Lớp 12	Lớp 14	Lớp 17				TB[SY]-HH[Y]-VP[SC]	IV.2.b
BS16	BS16 - Cát Linh - Cầu Vĩnh Tuy	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 6	Lớp 13	Lớp 18	Lớp 19	Lớp 22				TB[SY]-HH[Y]-VP[C]	IV.2.a
BS17	BS17 - Đường Giải phóng - Hoàng Mai	Lớp 1	Lớp 6	Lớp 7	Lớp 9	Lớp 14	Lớp 22					TB[SYC]-VP[S]	II.2.e

BS18	BS18 - Thạch Cầu, Long Biên	Lớp 1		Lớp 2	Lớp 6	Lớp 7	Lớp 14	Lớp 18	Lớp 19	Lớp 22		TB[SY]-VP[SC]	II.2.b
BS19	BS19 - Đồng Đa	Lớp 1	Lớp 11	Lớp 13	Lớp 17							HH[Y]-VP[C]	III.1.b
BS20	BS20 - HK17, Hoàn Kiếm	Lớp 1	Lớp 6	Lớp 7	Lớp 11	Lớp 13	Lớp 14	Lớp 19				TB[SY]-HH[Y]-VP[SC]	IV.2.b

Sự phân bố các kiểu cấu trúc nền theo vị trí nghiên cứu được mô tả chi tiết như sau:

(1) Kiểu I (VP)

Kiểu I không xuất hiện tại 20 vị trí nghiên cứu bổ sung. Theo các kết quả nghiên cứu về cấu trúc nền (Nguyễn Huy Phương và cộng sự, 2004) và bản đồ địa chất Đệ tứ khu vực Hà Nội (Hoàng Ngọc Kỳ và cộng sự, 2005), kiểu cấu trúc này phân bố chủ yếu ở phía Bắc, những nơi có địa hình khá cao như: khu vực phía bắc sông Hồng ở Quang Minh, Đông Anh; phía nam sông Hồng có một phần diện tích nhỏ ở Xuân Đình, Phú Thượng.

(2) Kiểu II (TB–VP)

Đây là kiểu cấu trúc nền phân bố rất phổ biến, xuất hiện tại 7/20 vị trí nghiên cứu, bao gồm:

- Dạng II.1.c tại BS5 (Tây Hồ), BS6 (Hoài Đức);
- Dạng II.1.d tại BS4 (Tây Từ), BS14 (Long Biên);
- Dạng II.2.b tại BS9 (Tây Hồ Tây), BS18 (Long Biên);
- Dạng II.2.d tại BS1 (Thôn Nhuế, Kim Chung), BS2 (Mai Lâm, xã Đông Anh)
- Dạng II.2.e tại BS17 (Hoàng Mai).
- Dạng II.4.c tại BS7 (Hoàng Mai);

Như vậy, kiểu II phân bố rộng từ khu vực ven đô (Đông Anh, Hoài Đức) đến nội thành (Đống Đa, Hoàng Mai, Tây Hồ). Phụ kiểu II.1 (II.1.c; II.1.d) xuất hiện tại BS4, BS5, BS6, BS14 có điều kiện nền tương đối thuận lợi do không có đất yếu. Phụ kiểu II.2 thuộc cấu trúc nền tương đối bất lợi, xuất hiện tại BS1, BS2, BS9, BS17, BS18. Phụ kiểu II.4 xuất hiện tại BS7 có mặt hai tầng đất yếu, rất bất lợi cho xây dựng.

(3) Kiểu III (HH–VP)

Kiểu III đặc trưng bởi trầm tích hệ tầng Hải Hưng lộ trên mặt, phủ trên hệ tầng Vĩnh Phúc. Trong 20 vị trí nghiên cứu, kiểu III chỉ có dạng III.1.b, xuất hiện tại BS19 (Đống Đa). Tuy nhiên, theo các kết quả nghiên cứu về cấu trúc nền (Nguyễn Huy Phương và cộng sự, 2004) và bản đồ địa chất Đệ tứ khu vực Hà Nội (Hoàng Ngọc Kỳ và cộng sự, 2005), kiểu cấu trúc này xuất hiện chủ yếu ở khu vực phía nam Hà Đông và rải rác ở các khu vực nội thành (Đống Đa).

(4) Kiểu IV (TB–HH–VP)

Tương tự kiểu II, đây là kiểu cấu trúc nền phân bố rất phổ biến, xuất hiện tại 7/20 vị trí nghiên cứu, bao gồm 2 phụ kiểu và 6 dạng:

- Dạng IV.1.d xuất hiện tại BS3, BS12 (phường Việt Hưng, Đống Đa);
- Dạng IV.1.a gặp tại BS11, BS13 (Phường Mỹ Đình, Tây Hồ);
- Dạng IV.2.a tại BS16 (Hoàng Mai)
- Dạng IV.2.b tại BS15 (Phường Đồng Nhân), BS20 (Phường Cửa Nam)
- Dạng IV.2.c tại BS8 (Phường Minh Khai);
- Dạng IV.2.e tại BS10 (Khu đô thị Bắc An Khánh);

Như vậy, kiểu IV phân bố phổ biến tại khu vực nội thành. Nhiều vị trí (BS10, BS15, BS16, BS20) xuất hiện từ hai đến ba lớp đất yếu. Các cấu trúc thuộc phụ kiểu IV.2 chiếm ưu thế với đặc điểm nền đất rất phức tạp và rất bất lợi;

Từ kết quả phân chia cấu trúc nền tại 20 điểm nghiên cứu bổ sung và các tài liệu về cấu trúc nền khu vực Hà Nội, có thể thấy: các cấu trúc nền đơn giản và thuận lợi chiếm tỷ lệ nhỏ, phân bố rải rác; các cấu trúc nền có đất yếu phân bố phổ biến ở kiểu II và IV; Khu vực phía bắc và phía tây (Đông Anh, Hoài Đức) có xu hướng xuất hiện kiểu II nhiều hơn; Kiểu 4 xuất hiện phổ biến ở khu vực trung tâm và phía đông nam thành phố (Đống Đa, Hoàng Mai, Hoàn Kiếm, Long Biên);

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Trên cơ sở quan điểm cấu trúc nền và kết quả phân tích tài liệu địa chất Đệ tứ, tài liệu ĐCCT và các kết quả nghiên cứu bổ sung, cấu trúc nền khu vực đô thị Hà Nội được phân chia dựa trên cơ sở hệ tầng – nguồn gốc và loại đất. Đồng thời, chuyên đề đã xây dựng quy tắc ký hiệu và biểu diễn cấu trúc nền, cho phép mô tả ngắn gọn nhưng đầy đủ bản chất cấu trúc nền và thuận tiện cho tích hợp dữ liệu.

Kết quả phân chia cấu trúc nền khu vực đô thị Hà Nội cho thấy nền đất có cấu trúc đa dạng, được phân chia thành 4 kiểu, 12 phụ kiểu và 35 dạng, phản ánh đầy đủ sự biến đổi về tổ hợp hệ tầng, nguồn gốc trầm tích và loại đất.

- Kiểu I (VP): cấu trúc đơn giản, ít gặp: phụ kiểu I.1 không có đất yếu, tạo điều kiện xây dựng thuận lợi; phụ kiểu I.2 xuất hiện đất yếu nên tương đối bất lợi.
- Kiểu II (TB–VP): phổ biến nhất; điều kiện nền biến đổi từ thuận lợi (không có đất yếu) đến rất bất lợi khi đất yếu xuất hiện trong một hoặc cả hai hệ tầng.
- Kiểu III (HH–VP): đặc trưng bởi lớp đất yếu hệ tầng Hải Hưng phủ phía trên; điều kiện nền bất lợi đến rất bất lợi.
- Kiểu IV (TB–HH–VP): phức tạp nhất; nhiều lớp đất yếu phân bố theo chiều sâu, gây điều kiện rất bất lợi cho xây dựng.

Nhìn chung, cấu trúc nền khu vực nghiên cứu có tính phân hóa mạnh và phức tạp, trong đó: đất yếu (Y) là yếu tố chi phối chủ đạo; mức độ bất lợi tăng theo số lượng

và vị trí các lớp đất yếu; các cấu trúc nền chứa đất yếu (kiểu II, III, IV) chiếm ưu thế, phản ánh tính đặc trưng của nền đất yếu trong khu vực.

Hệ thống phân chia cấu trúc nền đề xuất cho phép đánh giá nhanh điều kiện nền đất, là cơ sở quan trọng cho phân vùng địa kỹ thuật và lựa chọn giải pháp nền móng trong quy hoạch, thiết kế và quản lý xây dựng.

Tài liệu tham khảo

- [1] Ngô Quang Toàn (1994), *Bản đồ địa chất và khoáng sản khu vực thành phố Hà Nội, tỷ lệ 1:50.000*, Liên đoàn Bản đồ và Địa chất miền Bắc.
- [2] Hoàng Ngọc Kỳ và nnk. (2005), *Bản đồ địa chất và khoáng sản Việt Nam tỷ lệ 1:200.000 (tờ F48-XXVII)*, Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam.
- [3] Nguyễn Huy Phương và nnk. (2004), *Thu thập, kiểm chứng các tài liệu đã có, nghiên cứu bổ sung lập bản đồ phân vùng đất yếu Hà Nội phục vụ phát triển bền vững Thủ đô (Đề tài KH&CN TC-ĐT/06-02-3)*, Sở Khoa học và Công nghệ Hà Nội.
- [4] Phạm Văn Ty (2020), *Cơ sở phương pháp luận địa chất công trình*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [5] Nhữ Việt Hà (2020), “Thách thức và tiếp cận mô hình ba chiều điều kiện địa chất công trình khu vực Hà Nội”, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ – Địa chất*, 61(2).
- [6] Nguyễn Văn Phóng, Bùi Trường Sơn, Bùi Văn Bình, Nguyễn Song Thanh, Nguyễn Tiến Dũng (2025), “Nghiên cứu xây dựng hệ thống phân cấp và tiêu chí phân định địa tầng địa chất công trình”, *Tuyển tập báo cáo Hội nghị toàn quốc VietGeo 2025*, tr. 43–52.
- [7] Bondaric, G. K. (1991), *Engineering Geological Mapping*, Springer-Verlag.
- [8] Sergeev, E. M. (1980), *Engineering Geology*, Mir Publishers, Moscow.
- [9] International Association of Engineering Geology (IAEG) (1976), *Engineering Geological Maps – A Guide to Their Preparation*, UNESCO Press.