

Hệ thống hóa các quá trình và hiện tượng tự nhiên, tự nhiên - kỹ thuật để khai thác an toàn và hiệu quả không gian ngầm đô thị Hà Nội

TS NGUYỄN ĐỨC MẠNH

Trường Đại học Giao thông Vận tải

Các tầng đất yếu, đất cát bão hòa kém chặt, một số đặc thù về kiến tạo và điều kiện tự nhiên vùng, cũng như hoạt động của con người là những yếu tố quan trọng quyết định sự phát sinh và phát triển các quá trình và hiện tượng tự nhiên, địa chất tự nhiên, địa chất tự nhiên - kỹ thuật. Từ những kết quả quan trắc và nghiên cứu ở Hà Nội, tác giả phân tích và hệ thống hóa quy luật hình thành, quy mô cũng như đặc điểm các quá trình và hiện tượng này, nhằm phục vụ việc khai thác sử dụng không gian ngầm (KGN) tại Thủ đô một cách an toàn và hiệu quả.

SYSTEMATIZATION OF NATURAL PROCESSES AND PHENOMENA, NATURAL-TECHNOGENIC FOR UTILIZATION SAFETY AND HIGH EFFICIENCY OF URBAN UNDERGROUNDSPACE IN HANOI

Summary

The presence of soft soil layers, loose sandy layers of saturation, the specific characteristics of tectonic and natural conditions of the region, as well as technical activity of human is the decisive factor in the formation and development processes and natural phenomena, geological, natural geological-technogenic in Hanoi. On the basis of the research and monitoring results, this paper analyzes and systematic roles of the formation, scale and characteristics of the processes and phenomena, to serve the utilization of undergroundspace in the Capital safety and high efficiency.

I. Đặt vấn đề

Việc khai thác và sử dụng KGN của Hà Nội gắn liền với lịch sử hình thành và phát triển của thành phố. Bắt đầu bằng việc xây dựng phần móng của kinh thành Thăng Long cho đến các giếng đào lấy nước cổ xưa, đến nay, khai thác KGN tại Thủ đô có quy mô ngày càng lớn, đa dạng và với nhiều mục đích khác nhau, như: bố trí các công trình hạ tầng ngầm (thoát nước, cấp nước, cấp điện, cấp viễn thông...), phần kết cấu ngầm hay tầng hầm các tòa nhà, các hệ thống giao thông ngầm (metro, hầm vượt, bãi đỗ xe...).

Với tỷ lệ đất dành cho giao thông ở Hà Nội chỉ đạt 2,5% là quá thấp so với mức 20-25% tại các đô thị của nhiều nước trong khu vực và trên thế giới, cùng với đó là hệ thống các công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị quá tải và xuống cấp nghiêm trọng trong khi mật độ xây dựng nhà và các công trình quá cao, khiến quỹ đất xây dựng trên mặt không còn. Vì vậy có thể nói, KGN Hà Nội là nguồn tài nguyên đất xây dựng đô thị đặc thù, đang và sẽ được khai thác sử dụng để phát triển Thủ đô văn minh, hiện đại và bền vững.

Để khai thác và sử dụng hợp lý, an toàn và hiệu quả nguồn tài nguyên KGN Hà Nội, một trong những yếu tố không thể thiếu là phải xem xét tổng hợp đặc điểm, cường độ phát triển các quá trình và

hiện tượng địa chất tự nhiên cũng như điều kiện tương tác, các quá trình chuyển đổi tự nhiên của thạch quyển, thủy quyển và sinh quyển dưới tác động của các hoạt động kỹ thuật, các đặc điểm của việc xây dựng và khai thác công trình trên mặt và công trình ngầm.

II. Nội dung và kết quả nghiên cứu

Nghiên cứu đặc điểm tự nhiên, địa chất và trầm tích Đệ Tứ của Hà Nội

Hà Nội có khí hậu đặc trưng vùng Đồng bằng Bắc Bộ với hai mùa rõ rệt là mùa mưa kéo dài từ tháng 5 đến tháng 10, mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Từ năm 1991 đến 2007, lượng mưa trung bình năm ở thành phố dao động từ 1.015 đến 2.536 mm, trung bình 1.670 mm và 85% lượng nước này tập trung vào mùa mưa. Lượng bốc hơi trung bình năm thường chiếm 60% lượng mưa, tạo nên độ ẩm không khí thường duy trì ở mức cao (78-81%). Nhiệt độ không khí ngày thấp nhất ghi nhận được 2,7°C, cao nhất đạt 42,8°C, trung bình năm dao động trong khoảng 23-25°C.

Phần lớn diện tích thành phố Hà Nội nằm trong đới sụt địa hào trung tâm của trũng Hà Nội thuộc miền kiến tạo Đông Bắc - Bắc Bộ, đới này nằm kẹp giữa các đứt gãy sâu sông Chảy ở phía Tây Nam và sông Lô phía Đông Bắc, đồng thời cắt qua cấu trúc Trung tâm và Đông Bắc thuộc hệ chuẩn uốn nếp Đông Việt Nam, còn phía Tây Nam giáp với hệ uốn nếp Tây Việt Nam. Với đặc điểm như vậy, Hà Nội gắn liền với các đặc điểm chung của trũng Hà Nội, với cấu trúc kiến tạo rất phức tạp, mức độ động và dập vỡ vỏ Trái đất mạnh. Nguồn gốc của mọi vận động nội sinh vùng Hà Nội chịu ảnh hưởng của sự vận hành hai hệ đứt gãy sông Hồng và Đông Triều [1, 3, 6, 7].

Trên mặt cắt Kainozoi vùng Hà Nội phát triển đầy đủ các thành tạo Oligocen (E3), Neogen (N) và Đệ Tứ (Q). Với nền trầm tích Đệ Tứ khá dày, có thể đạt trên 120 m, đến nay và trong tương lai đối tượng này chủ yếu được khai thác và sử dụng cho mục đích xây dựng công trình tại Thủ đô. Từ dưới lên trên, các thành tạo Đệ Tứ khu vực Hà Nội gồm hệ tầng Lệ Chi ($aQ_{I,c}$), Hà Nội (a,apQ_{II-III}^{1hn}), Vĩnh Phúc (a,lbQ_{III}^{2vp}), Hải Hưng (m,lb,bQ_{IV}^{1-2hh}) và Thái Bình (a,alb,aQ_{IV}^{3tb}) [1, 3, 7].

Các thành tạo trầm tích sông hệ tầng Lệ Chi, từ dưới lên gồm cuội, sỏi, cát lẫn bột sét, có nơi là bột sét ở bên trên. Các thành tạo Đệ Tứ cổ nhất này phân bố phổ biến ở vùng Hà Nội, không lộ ra trên mặt, thường gặp ở độ sâu 45-69,5 m, với tổng bề dày 25-30 m. Hệ tầng Hà Nội phân bố rộng khắp phạm vi Hà Nội, được lộ ra ở phần rìa đồng bằng (vùng đồi gò Sóc Sơn), phần còn lại bị phủ bởi các trầm tích trẻ hơn là các thành tạo sông và sông lũ, thành phần gồm cuội, sỏi, cát, nhiều nơi có cát pha hay

sét pha ở bên trên. Với giá trị mô đun tổng biến dạng khá cao (>70 MPa), các thành tạo cuội sỏi hệ tầng Lệ Chi và Hà Nội là tầng chịu lực quan trọng cho móng cọc đối với các công trình lớn trên địa bàn thành phố.

Các trầm tích Pleistocen muộn - hệ tầng Vĩnh Phúc có nguồn gốc sông, hồ và hồ - đầm lầy được phân bố rộng rãi trong vùng Hà Nội. Chúng lộ ra trên mặt ở Đông Anh, Sóc Sơn và diện nhỏ ở Cổ Nhuế - Xuân Đình và khu vực Nghĩa Đô, gồm có hai tập trầm tích. Tập dưới phân bố rộng khắp, thành phần là cát lẫn hay chứa sỏi sạn, cát thô, cát vừa, cát nhỏ, có nơi gặp cát bụi hay cát pha, kích thước hạt và độ chặt có xu hướng tăng dần theo chiều sâu từ chặt vừa đến rất chặt, ở những nơi cát nhỏ hay cát bụi thường có trạng thái rời rạc, chiều sâu phân bố tầng dần từ 10 đến 20 m ở phía Bắc và Tây Bắc, 20-25 m ở phía Tây Nam, 30-40 m ở phía Đông Nam và Nam. Tập trên khá phổ biến, thành phần chủ yếu là sét pha, sét, hay cát pha dạng thấu kính màu sắc loang lổ đặc trưng, trạng thái dẻo cứng, nửa cứng, đôi nơi gặp đất loại sét lẫn tàn tích hữu cơ trạng thái dẻo chảy, chảy. Chiều dày tập trên ở vùng nổi cao thường là 10-15 m, có khi nhỏ hay lớn hơn, ở vùng chìm và đào sâu chiều dày 2-5 m, có nơi mất hẳn. Những thành tạo trầm tích cuội, sỏi và cát của các hệ tầng Lệ Chi, Hà Nội và Vĩnh Phúc là tầng chứa nước Pleistocen (qp) phong phú và quan trọng của Hà Nội.

Các thành tạo Holocen dưới - giữa hệ tầng Hải Hưng có nguồn gốc hồ - đầm lầy, biển và đầm lầy. Thành phần gồm sét, sét pha dẻo chảy đến chảy lẫn tàn tích hữu cơ, sét xám xanh đặc trưng và than bùn. Các thành tạo chứa hữu cơ Hải Hưng có tính dị hướng cao, mức độ thành đá thấp, thường nằm trên bề mặt không bằng phẳng của các trầm tích sét bột tầng Vĩnh Phúc và phân bố không liên tục, tạo nên tính phức tạp của điều kiện địa chất công trình tại những nơi chúng có mặt.

Hệ tầng Thái Bình là trầm tích Đệ Tứ trẻ nhất, phân bố rộng rãi, gồm hai phụ hệ với tổng bề dày có thể đạt 46 m. Phụ hệ tầng Thái Bình dưới là các thành tạo trầm tích sông, sông - hồ - đầm lầy, phân bố rộng rãi ở bề mặt đồng bằng trong đê, thành phần gồm cát thô, cát vừa có khi lẫn sạn, cát nhỏ và cát bụi (nằm dưới), cát pha, sét pha, ít gặp sét, có nơi lẫn tàn tích hữu cơ (nằm trên). Phụ hệ tầng Thái Bình trên là các trầm tích bãi bồi và lòng sông, phân bố ngoài đê sông Hồng, Đuống, Cà Lồ..., với thành phần gồm cuội, sỏi, cát lẫn cát pha hay sét pha thấu kính (nằm dưới) và cát pha, sét pha (nằm trên).

Các trầm tích cát hệ tầng Thái Bình thường có trạng thái rời rạc đến chặt vừa, bên dưới có nơi trạng thái chặt, chiều sâu phân bố 4-8 m, có nơi 12-18 m, chiều dày thường 12-20 m, phần ven sông có thể tới hơn 20 m. Các thành tạo cát hệ tầng Thái Bình là tầng chứa nước Holocen (qh) khá phong phú trong KGN thành phố.

Với ba tầng đất yếu Vĩnh Phúc, Hải Hưng và Thái Bình có nguồn gốc hồ - đầm lầy hay đầm lầy, đan xen là các trầm tích bờ rời chứa nước của các hệ tầng Thái Bình và Vĩnh Phúc, cùng với cấu trúc kiến tạo phức tạp tạo nên tính đặc thù của KGN vùng Hà Nội.

Những yếu tố cơ bản quyết định sự hình thành và phát triển các quá trình và hiện tượng địa chất ngoại sinh ảnh hưởng đến khai thác KGN Hà Nội

Các yếu tố khí hậu, chế độ thủy văn của sông Hồng, sự có mặt các tầng đất yếu với mức độ thành đá thấp của hệ tầng Thái Bình ($albQ_{IV}^{3tb}$), Hải Hưng (lb,bQ_{IV}^{1-2hh}), Vĩnh Phúc (lbQ_{III}^{2vp}), các tầng đất cát kém chặt bão hòa nước (a,Q_{IV}^{3tb}), (aQ_{III}^{2vp}), các tầng nước dưới đất qh, qp hay do hoạt động kinh tế - kỹ thuật của con người tại Hà Nội đóng vai trò quyết định đến sự phát sinh, phát triển, cường độ, quy mô các quá trình và hiện tượng địa chất ngoại sinh KGN tại Thủ đô.

Từ những nghiên cứu đã có, nghiên cứu bổ sung và kết quả phân tích cho phép tổng hợp những yếu tố cơ bản quyết định sự phát sinh và phát triển các quá trình ngoại sinh bất lợi đối với việc khai thác KGN tại Hà Nội, cụ thể gồm: các yếu tố khí hậu và chế độ thủy văn của sông Hồng, sự có mặt các tầng đất sét và sét pha yếu bão hòa với mức độ thành đá thấp, điểm đặc thù nước dưới đất, và hoạt động kỹ thuật của con người. Các yếu tố này có thể đóng vai trò quyết định hoặc chỉ là yếu tố ảnh hưởng đến sự phát sinh phát triển các quá trình ngoại sinh trong KGN ở thành phố.

Quy luật, điều kiện và đặc điểm phát sinh các quá trình và hiện tượng địa chất tự nhiên, địa chất tự nhiên - kỹ thuật trong KGN Hà Nội

Theo kết quả nghiên cứu của Viện Vật lý Địa cầu [3, 6], thành phố Hà Nội có thể xảy ra động đất mạnh với Magnitude tới 6,1-6,2, tương ứng cấp 8 thang MSK-64, độ sâu chấn tiêu 15-20 km liên quan đến hoạt động của các đứt gãy sâu sông Hồng và sông Cháy. Bên cạnh đó, vùng Hà Nội còn chịu ảnh hưởng của động đất từ các nguồn sinh chấn lân cận do các đứt gãy sông Lô, Vĩnh Ninh, Đông Triều và sông Đà gây ra.

Trong "Danh mục động đất Việt Nam" của Viện Vật lý Địa cầu, động đất mạnh cấp 7-8 đã từng xảy ra ở Hà Nội. Cho đến nay, đã xác định được trên 152 trận động đất xảy ra ở thành phố và vùng lân cận, trong đó có 2 trận cấp 7-8 (1278 và 1285), 4 trận cấp 7, còn lại là động đất nhỏ hơn cấp 7. Các trận động đất mạnh xảy ra trong thời gian gần đây như động đất Lục Yên (Yên Bái) năm 1953 và 1954 với $M = 5,1$ và $M = 5,3$ (tương ứng cấp 7), động đất Yên Lạc (Phú Thọ) ngày 20.9.1958 với $M = 5,3$ (tương ứng cấp 6), động đất Tân Yên (Bắc Giang) ngày 12.6.1961 với $M = 5,9$ (tương ứng cấp 7), động đất Tuần Giáo (Lai Châu) ngày 24.6.1983 với $M = 6,8$ (tương ứng

cấp 8), và động đất Yên Thế ngày 6.1.1987 với $M = 5,1$.

Tình hình động đất nêu trên rõ ràng là yếu tố nguy hiểm không thể không tính đến khi xây dựng các công trình ở Hà Nội, đặc biệt quan trọng khi vạch chiến lược khai thác và sử dụng KGN của thành phố. Bên cạnh đó, sự có mặt các thành tạo đất loại cát chứa nước, đặc biệt cát kém chặt hệ tầng Thái Bình (a,Q_{IV}^{3tb}) có khi là hệ tầng Vĩnh Phúc (aQ_{III}^{2vp}) phân bố gần mặt đất, mực nước ngầm nông và với hàm lượng hạt bụi khá cao (22-68%), chúng hoàn toàn có thể xảy ra sự hóa lỏng khi xảy ra động đất cấp 7-8 [1, 2, 3, 6]. Sự có mặt các tầng đất bùn yếu bão hòa nước với chiều dày khá lớn và gần mặt đất hệ tầng Hải Hưng (lb,bQ_{IV}^{1-2hh}) và Thái Bình ($albQ_{IV}^{3tb}$) không chỉ gây sụt lún mạnh khi động đất mà còn làm tăng cao đến 1-1,5 cấp độ mạnh động đất [3, 6].

Với 85% lượng mưa trung bình năm (1.670 mm) tập trung vào mùa mưa, cá biệt tháng 11.2008 trong vòng 80 giờ lượng mưa đạt 545,1 mm (khu vực Láng), 817,2 mm (Hà Đông) và 965,5 mm (Trâu Quỳ) (theo Trung tâm Khí tượng thủy văn Hà Nội, 2008), hậu quả trên toàn thành phố có tới hơn 200 điểm hàng năm thường xảy ra ngập úng do mưa lớn từ 0,4-0,6 m, có khi 0,8-1,0 m và kéo dài 1-2 ngày, có khi 4-5 ngày.

Sự có mặt của hệ thống đê sông Hồng và sông Đuống tạo ra tính đặc thù của địa hình cũng như chế độ thủy văn dòng chảy tại Thủ đô. Về mùa mưa, cao độ mực nước sông (ngoài đê) thường cao hơn cao độ tự nhiên thành phố (trong đê) 4-6 m, cá biệt đến 8 m (1971). Khi đó, hầu như toàn bộ các khu vực bãi cao ngoài đê tại Từ Liêm, Tây Hồ, Hoàn Kiếm, Hai Bà Trưng, Hoàng Mai, Thanh Trì, Đông Anh, Long Biên và Gia Lâm bị ngập lụt. Cùng với mực nước sông dâng cao, tốc độ dòng chảy sông Hồng tăng mạnh, thường 1,6-2,3 m/s, có khi 3-4 m/s, lưu lượng dòng từ 3.000-4.000 m³/s đến 15.000-16.000 m³/s, cá biệt 19.000 m³/s [3, 7], đã gây ra sự phá hủy bờ sông (xói, sụt và trượt lở) xảy ra đều đặn, thường xuyên tại nhiều khu vực khác nhau ở Đông Anh, Từ Liêm, Long Biên, Tây Hồ, Gia Lâm hay Thanh Trì. Không những vậy, sự phân bố khá phổ biến các trầm tích cát pha, cát mịn, cát nhỏ hay vừa hệ tầng Thái Bình (a,Q_{IV}^{3tb}) hay Vĩnh Phúc (aQ_{III}^{2vp}) có tính chất cát chảy rõ rệt, thể hiện bởi hệ số không đều, hạt khá nhỏ ($C_c = 2-10$) và độ ổn định huyền phù khi phân tích thành phần hạt khá cao (có khi > 24 cm³), hay khả năng xói ngầm ($C_c = 15-22$) gần mặt đất dưới nền đê, không chỉ dễ làm dâng cao mực nước dưới đất khi nước sông Hồng tăng lên, mà còn thường xuyên xuất hiện các mạch đùn, mạch sủi - biến dạng thắm (cát chảy, xói ngầm, đùn đất) ở nền trong đê ở Hà Nội.

Việc khai thác và sử dụng KGN tại Hà Nội không thể không nhắc tới sự có mặt của các thành tạo đất yếu có nguồn gốc hồ - đầm lầy hay đầm lầy các hệ tầng Vĩnh

Phúc, Hải Hưng và Thái Bình. Đáng chú ý là sự phân bố phổ biến, chiều dày biến đổi mạnh của các tầng đất yếu bão hòa, nhiều chỗ chứa hữu cơ và với mức độ thành đá thấp hệ tầng Thái Bình ($albQ_{IV}^{3tb}$) và Hải Hưng (lb, bQ_{IV}^{1-2hh}).

Với tầng đất yếu hệ tầng Thái Bình, chiều sâu xuất hiện thường thay đổi trong khoảng 3-15 m, chiều dày 1-5 m, có khi đến 20 m hoặc hơn [1, 3, 4, 7]. Đất yếu hệ tầng này thường có độ ẩm lớn $W = 38-60\%$, biến dạng lớn (mô đun tổng biến dạng $E_0 < 4.000$ kPa, hệ số nén lún $a_{1-2} = 0,05-0,2$ cm^2/kg), các đặc trưng sức chống cắt của đất thấp ($\varphi = 3-10^\circ$, $c = 2-21$ kPa, $\varphi_u = 30'-14'$, $c_u = 3-24$ kPa), trọng lượng thể tích tự nhiên không lớn ($\gamma = 16-18$ kN/m^3).

Một trong những yếu tố quyết định đến mức độ phức tạp của điều kiện địa chất công trình KGN Hà Nội là sự có mặt phổ biến tầng đất yếu chứa hữu cơ và than bùn hệ tầng Hải Hưng. Chiều dày lớp đất yếu Hải Hưng thay đổi từ 0,5-6 m đến 18-20 m, có khi dày đến 30 m. Nhiều trường hợp, lớp đất yếu này thay đổi 0-20 m trong một diện tích xây dựng chỉ vài trăm mét vuông. Đất có các đặc trưng độ bền cắt thấp ($\varphi = 1-9^\circ$, $c = 2-19$ kPa, $\varphi_u = 30'-9'$, $c_u = 3-23$ kPa), biến dạng lớn (hệ số nén lún $a_{1-2} = 0,06-0,35$ cm^2/kg , mô đun tổng biến dạng $E_0 < 3.500$ kPa), độ ẩm thường 45-70%, trọng lượng thể tích tự nhiên $\gamma = 14-18$ kN/m^3 và độ bão hòa của đất thường lớn hơn 95% [3].

Các tầng đất yếu bão hòa nước lẫn hữu cơ hệ tầng Thái Bình và Hải Hưng không chỉ là nguyên nhân gây lún nhiều, lún không đều [3], mà còn gây mất ổn định tại các bờ dốc khi thi công hố móng, hiện tượng xóc biến, hiện tượng bùng nền và áp lực địa tầng lớn trên các công trình khai đào ngầm.

Ngoài tầng chứa nước tồn tại trong các tầng đất nhân tạo (đất lấp, đất đắp), trong mặt cắt trầm tích Đệ Tứ KGN Hà Nội có mặt hai tầng chứa nước phong phú Pleistocen (qp) và Holocen (qh). Tầng chứa nước qp phân bố rộng khắp ở Hà Nội, được tồn tại trong các trầm tích rời hệ tầng Lê Chi, Hà Nội và Vĩnh Phúc với chiều dày thay đổi từ 10-30 m đến 40-70 m. Các tầng đất chứa nước này có hệ số thấm lớn ($k = 20-70$ m/ngày), hệ số độ dẫn nước 50-2.300 $m^2/ngày$ [3, 4]. Phần trên của mặt cắt Đệ Tứ, tầng chứa nước qh được phân bố trong các tầng trầm tích bờ rời hệ tầng Thái Bình, chiều dày thay đổi 2-20 m. Các tầng đất chứa nước qh có hệ số thấm thay đổi $k = 15-50$ m/ngày, hệ số độ dẫn nước 20-800 $m^2/ngày$ [3, 4]. Điều đó có nghĩa là, việc thi công các hố móng, đào ngầm hay các công trình ngầm đặt trong các tầng đất chứa nước qp hay qh, không chỉ đơn thuần cần xử lý hiện tượng nước chảy hố móng, chống thấm cho công trình ngầm mà còn phải đối phó với hiện tượng xói ngầm, cát chảy hoặc bùng

nền. Mặt khác, độ pH của các tầng chứa nước biến đổi trong phạm vi rộng, với qp (3,7-8,4) và qh (4,0-8,6), nghĩa là tại một số khu vực trên địa bàn Hà Nội, nước ngầm có tính ăn mòn axit đối với bê tông và bê tông cốt thép thông thường.

Với những điểm đặc thù về các điều kiện tự nhiên, địa chất công trình và địa chất thủy văn tại Hà Nội, hoạt động kỹ thuật của con người đóng vai trò quan trọng đến sự phát sinh, diễn biến cũng như quy mô các quá trình và hiện tượng địa chất trong KGN Thủ đô. Việc khai thác cát không đúng quy hoạch, xây dựng các công trình, san lấp hay đào phá... dọc bờ sông là một trong những nguyên nhân cơ bản gây mất ổn định bờ dốc dọc sông Hồng trong nhiều năm qua tại Hà Nội. Nhiều công trình nghiên cứu đã chỉ rõ, tại hàng loạt khu vực trên địa bàn thành phố, các tầng nước dưới đất đã và đang bị ô nhiễm ngày càng nghiêm trọng, tạo điều kiện hình thành môi trường yếm khí khi có mặt các vật chất hữu cơ tự nhiên hoặc do ô nhiễm trong đất. Đặc điểm này được thể hiện bởi đại lượng thế ô xy hóa khử (Eh) không cao của các tầng nước qp (-88 ÷ +140 mV, thường +20 ÷ +70 mV) và qh (-63 ÷ +132 mV, thường +16 ÷ +80 mV), và có xu thế giảm do ô nhiễm ở một số nơi (bãi rác cũ, dọc các sông và kênh thoát nước trong thành phố) [3]. Và đó sẽ là điều kiện thuận lợi cho quá trình ăn mòn điện hóa đối với các kết cấu thép và một số kim loại trong điều kiện môi trường thiếu ôxy. Không những vậy, khi sự nhiễm bẩn nước ngầm bởi các dòng nước thải, nơi có quá trình khử ôxy của lưu huỳnh với sự tham gia các vi hữu cơ cyllfat hóa, dẫn đến sự thành tạo hydro sulfur và hidrotroilit. Sự tích tụ các khí gas sinh hóa ít tan (CH_4 , N_2 , H_2 ...) với việc tăng đồng thời khối vi sinh gây ra sự nổi lồng (giảm chặt) các lớp đất, kèm theo đó là sự giảm độ bền và mô đun tổng biến dạng của chúng, đồng thời tạo điều kiện hình thành tính chất xóc biến và tăng độ nhạy của đất với tải trọng động. Sự bão hòa khí trong các trầm tích cát làm giảm góc ma sát trong của chúng, điều này làm tăng sự chuyển tiếp cát sang trạng thái lỏng [5]. Có thể nói, việc khai thác nước dưới đất với lưu lượng quá lớn (khoảng 1.000.000 $m^3/ngày$) như hiện nay, đã gây hạ thấp mực nước ngầm với trị số đến 30-35 m tại Hạ Đình, Pháp Vân... với vùng hạ thấp đến 250 km^2 , đã và đang gây hiện tượng lún mặt đất đến 244 mm tại một số khu vực và ngày càng nghiêm trọng [1, 3], gây lún và nứt nhiều tòa nhà và công trình xây dựng cũng như góp phần tăng diện tích úng ngập tại Thủ đô trong những năm qua.

Tổng hợp các yếu tố quyết định, quy mô và thời gian xuất hiện các quá trình và hiện tượng địa chất tự nhiên, địa chất tự nhiên - kỹ thuật trong KGN Hà Nội được tổng hợp trong bảng 1.

Bảng 1: hệ thống hóa các hiện tượng và quá trình tự nhiên và tự nhiên - kỹ thuật liên quan đến khai thác KGN Hà Nội

| Nhóm các quá trình và hiện tượng | Các quá trình địa chất theo đặc trưng xuất hiện | Ký hiệu tầng địa chất Đệ Tứ theo nguồn gốc | Quy mô xuất hiện | Các yếu tố quyết định | Thời gian phát triển |
|---|--|---|---|--|---|
| Nội sinh | Động đất | - | Vùng | Điều kiện cấu trúc kiến tạo vùng, hoạt động của các đứt gãy kiến tạo, tính chất cơ lý của đất nền, mực nước dưới đất, các quá trình và hiện tượng tự nhiên - kỹ thuật | Giấy, hiểm khi phát và giờ |
| Ngoại sinh | Ngập lụt | Do dâng cao mực nước sông Hồng | Cục bộ, có khi diện rộng | Sự đặc thù của địa hình, địa mạo của thành phố | Theo mùa |
| | | Do mưa lớn | | Cao độ bề mặt thành phố thấp, lún mặt đất | Giờ, ngày, tuần, theo mùa |
| | Dâng cao mực nước ngầm dọc theo hệ thống đê trong mùa mưa | $a, alQ_{IV}^2tb, aQ_{III}^2vp$ | Cục bộ, diện rộng, theo tuyến, kéo dài | Dâng cao mực nước sông Hồng, sự có mặt các trầm tích cát gắn mặt đất dọc theo đê | Theo mùa |
| | Xói lũng và bờ sông Hồng | $aQ_{IV}^2tb_2$ | Cục bộ, dọc theo tuyến | Hoạt động của nước mặt với sự có mặt của đất rời và đất dính không ổn định với nước, sự thay đổi dòng chảy | Thường trực, theo mùa |
| | Hóa lũng của đất cát khi động đất hay chấn động | $aQ_{IV}^2tb_2, aQ_{III}^2vp$ | Cục bộ, diện rộng | Sự có mặt của các trầm tích cát bão hòa nước phân bố gắn mặt đất với mực nước ngầm sâu không quá 10 m từ mặt đất | Giấy, phút |
| | Biến dạng trượt tại các khu vực bờ sông | $aQ_{IV}^2tb_2$ | Cục bộ, dọc theo tuyến | Đặc điểm cấu tạo khu vực bờ sông, xói lũng, dâng cao mực nước dưới đất | Tức thời hoặc có tính chu kỳ |
| | Biến dạng thấm tại nền đê phòng hộ (cát chảy, xói ngầm) | $a, alQ_{IV}^2tb, aQ_{III}^2vp$ | Cục bộ, dọc theo tuyến đê | Đặc điểm điều kiện địa chất công trình nền đê và sự dâng cao mực nước sông Hồng, sóng Đuông trong mùa mưa; khi các hố móng hay công trình khai đào trong tầng cát có tính cát chảy hoặc cát có hệ số không đều hạt $K > 10$ chịu tác động gradien thấm cao | Theo mùa, ngày, tháng, có khi năm |
| | Lún không đều tại các tòa nhà và công trình xây dựng | $alQ_{IV}^2tb, lbQ_{IV}^12hh, lbQ_{III}^2vp, đất lấp, đất đắp$ | Cục bộ | Sự có mặt các tầng đất dính mềm yếu bão hòa nước lẫn tàn tích hữu cơ khi có sự thay đổi ứng suất của đất nền | Năm, chục năm hay lâu hơn |
| | Nước chảy hố móng | $a, alQ_{IV}^2tb, aQ_{IV}^2vp, a, apQ_{III}^1hn, đất lấp, đất đắp$ | Cục bộ, diện rộng | Các công trình xây dựng trong quá trình thi công và khai thác sử dụng, khai đào trong các tầng đất chứa nước | Phút, giờ, ngày, tháng |
| | Lún mặt đất | Do tải trọng phụ thêm (lớp đất đắp, đất lấp) Do khai thác nước dưới đất | Đất lấp, đất đắp, $alQ_{IV}^2tb, lbQ_{IV}^12hh, a, lbQ_{III}^2vp$ | Cục bộ Khu vực, diện rộng | Áp lực lớn của lớp đất lấp và đất đắp khi chuẩn bị mặt bằng xây dựng (còn gọi biến dạng bổ sung) Tăng cao ứng suất có hiệu trong các lớp đất loại sét yếu gây ra các biến dạng bổ sung |
| Các quá trình và hiện tượng dự báo khi khai thác và sử dụng KGN | Thay đổi chế độ địa chất thủy văn | $a, alQ_{IV}^2tb, m, lbQ_{IV}^12hh, aQ_{III}^2vp, a, apQ_{III}^1hn$ | Cục bộ, diện rộng | Thay đổi các điều kiện cung cấp bổ sung, thấm và khai thác nước dưới đất | Ngày, tháng, năm, chục năm |
| | Nước chảy vào hố móng và công trình ngầm | $a, alQ_{IV}^2tb, aQ_{IV}^2vp, a, apQ_{III}^1hn, đất lấp, đất đắp$ | Cục bộ, diện rộng | Khai đào xây dựng công trình ngầm hay hố móng trong các tầng nước dưới đất | Giờ, ngày, tháng, năm |
| | Cát chảy, xói ngầm | $a, alQ_{IV}^2tb, aQ_{IV}^2vp, a, apQ_{III}^1hn, aQ_{III}^2vp$ | Cục bộ, dọc theo tuyến | Khai đào hầm, hố móng trong các tầng cát bão hòa có tính cát chảy hay khi cát không đồng nhất ($K > 10$) chịu tác động áp lực thủy động lớn | Ngày, tháng, năm |
| | Phá hủy ăn mòn vật liệu xây dựng và kết cấu công trình ngầm cũng như phần ngầm các công trình xây dựng | $alQ_{IV}^2tb, aQ_{IV}^2vp, a, apQ_{III}^1hn, đất lấp, đất đắp$ | Cục bộ khu vực, mạch hay mảng | Tính ăn mòn sinh hóa, hóa học, hóa - lý của môi trường nước dưới đất và đất | Thường xuyên lâu dài |
| | Biến dạng mặt đất do xây dựng và khai thác công trình | $a, alQ_{IV}^2tb, m, lbQ_{IV}^12hh, a, lbQ_{III}^2vp, a, apQ_{III}^1hn, aQ_{III}^2vp$ | Cục bộ theo diện và theo mặt cắt | Sự thay đổi trạng thái ứng suất của đất khi đào hầm hay hố móng do công nghệ thi công không phù hợp với những điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn | Giờ, tháng, năm đầu tiên |
| | Biến dạng trượt tại các mái dốc của hố móng | $a, alQ_{IV}^2tb, m, lbQ_{IV}^12hh, a, lbQ_{III}^2vp, a, apQ_{III}^1hn, aQ_{III}^2vp$ | Cục bộ | Phân bố lại ứng suất trong các khối đất khi khai đào lộ thiên, điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn | Tức thời, giờ, tháng, năm |
| | Bùng nền | $alQ_{IV}^2tb, lbQ_{IV}^12hh, lbQ_{III}^2vp$ | Cục bộ, theo tuyến hầm | Sự có mặt các tầng đất dính mềm yếu bão hòa nước khi có sự thay đổi ứng suất của đất nền, áp lực nước dưới đất, biến pháp và công nghệ thi công hầm | Tức thời, giờ, ngày, tháng |

III. Kết luận

Đặc điểm đặc thù về các điều kiện tự nhiên, kiến tạo, địa chất, địa chất công trình, địa chất thủy văn và hoạt động kinh tế - kỹ thuật chưa hợp lý của con người là những yếu tố cơ bản quyết định đến khả năng xuất hiện, cường độ, quy mô và đặc điểm các quá trình và hiện tượng địa chất tự nhiên, địa chất tự nhiên - kỹ thuật ảnh hưởng bất lợi và trực tiếp đến việc khai thác sử dụng KGN tại Hà Nội.

Bảng tổng hợp các quá trình và hiện tượng tự nhiên, tự nhiên - kỹ thuật được xây dựng là cơ sở luận chứng cần thiết và quan trọng phục vụ việc quy hoạch xây dựng tối ưu, lựa chọn kết cấu công trình cũng như giải pháp thi công hợp lý khi khai thác và sử dụng KGN tại Hà Nội ■

Tài liệu tham khảo

[1] Nguyễn Đức Đại và ntk (1996). Báo cáo điều tra địa chất đô thị thành phố Hà Nội, thuộc "Chương trình địa chất đô thị Việt Nam". Tổng cục Địa chất Việt Nam, Hà Nội.

[2] Nguyễn Đức Mạnh và ntk (1.2012). "Khả năng hóa lũng của nền đất khi động đất và ảnh hưởng của nó đến khai thác KGN ở Hà Nội". Tuyển tập các báo cáo Hội nghị KH&CN chào mừng kỷ niệm 55 thành lập Viện KH&CN Giao thông vận tải, Hà Nội, tr.265-272.

[3] Nguyễn Đức Mạnh (2010). "Cơ sở địa chất công trình của việc khai thác KGN thành phố Hà Nội (Việt Nam)" (bản tiếng Nga), luận án tiến sỹ địa chất khoáng vật học, Đại học Mỏ quốc gia Xanh Peterburg - Liên Bang Nga (tr.256).

[4] Nguyễn Đức Mạnh, R.E. Dasko (2010). "Một số vấn đề của việc khai thác và sử dụng KGN trong điều kiện địa chất công trình phức tạp ở thành phố Hà Nội" (bản tiếng Nga). Tạp chí Địa chất công trình quốc gia, Moxkva, tháng 6.2010, tr. 56-61.

[5] Nguyễn Đức Mạnh, Nguyễn Ngọc Lân (2010). "Địa môi trường với khai thác và sử dụng hiệu quả KGN đô thị Hà Nội". Tạp chí Khoa học GTVT - Trường Đại học GTVT, No 29, tr.65-70.

[6] Nguyễn Ngọc Thủy, Nguyễn Sinh Minh (2004). Nghiên cứu bổ sung và hoàn chỉnh bản đồ phân vùng nhỏ động đất thành phố Hà Nội mở rộng, tỷ lệ 1:25000, lập cơ sở dữ liệu về đặc trưng dao động nền đất ở Hà Nội ứng với bản đồ trên. Báo cáo tổng kết đề tài KH&CN. Viện Vật lý Địa cầu.

[7] Vũ Công Nữ và cs (2007). Nghiên cứu đánh giá bổ sung điều kiện đất nền vùng Hà Nội và vùng phụ cận và giải pháp nền móng công trình. Báo cáo khoa học tổng kết đề tài. Liên hiệp khoa học sản xuất địa chất xây dựng và cấp nước, Hà Nội.