

Thiết kế lắp đặt hệ thống quan trắc tự động độ lún nền, động thái và tính chất nước dưới đất phục vụ cảnh báo tai biến sụt lún bề mặt

Nguyễn Việt Tiến *, Nguyễn Trọng Tài, Trần Trọng Hiền, Lại Hợp Phòng,
Hà Ngọc Anh

Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Email: nvtien@igs.vn.vast.vn.

Ngày nhận bài: 15/04/2022
Ngày chấp nhận đăng:
15/6/2022

Từ khóa: Quan trắc, sụt lún nền, động thái, tính chất nước dưới đất.

Tóm tắt: Động thái và tính chất nước dưới đất là các yếu tố ảnh hưởng đến sụt lún bề mặt đối với các khu vực phân bố các thành tạo địa chất có tính chất đối với nước. Hiện tượng sụt lún bề mặt thường diễn ra chậm theo thời gian, làm biến dạng bề mặt địa hình và các công trình xây dựng của con người do đó cần thiết phải có công tác quan trắc, đánh giá sụt lún. Bài báo có nội dung trình bày về công tác thiết kế xây dựng trạm quan trắc tự động độ lún nền, động thái và tính chất nước dưới đất phục vụ dự báo tai biến sụt lún khu vực phường Hoàng Tân, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương. Hệ thống quan trắc tự động sử dụng các cảm biến có độ chính xác cao ghi đo độ biến dạng lún, áp lực nước lỗ rỗng, độ pH, nhiệt độ trong các lớp đất sét pha, cát pha với tổng chiều dày là 19,0m kết hợp với thiết bị đo lượng mưa tại chỗ. Dữ liệu ban đầu đã ghi nhận được sự biến đổi của các thông số theo thời gian, phân tích chuỗi số liệu cho thấy xu thế biến đổi trong các lớp đất có mối liên quan ban đầu giữa chúng.

1. Đặt vấn đề

Thiệt hại về tính mạng con người và tài sản do các tai biến địa chất gây ra thường rất khốc liệt và nghiêm trọng hơn rất nhiều so với nhận thức và đánh giá hiện nay của xã hội. Trong tương lai, mức độ nghiêm trọng của các tai biến địa chất ngày càng gia tăng do sự gia tăng của dân số và quá trình đô thị hoá - công nghiệp hoá ở các khu vực nhạy cảm đối với động đất, trượt lở, sụt lún mặt đất, v.v.

Đối với lún sụt nền, yếu tố ảnh hưởng chính bao gồm đặc điểm, cấu trúc nền, tải trọng lên nền, động thái và tính chất của nước dưới đất. Đặc điểm, cấu trúc nền là yếu tố liên quan đến bản chất của các thành tạo địa chất tại khu vực nghiên cứu. Tải trọng tác động lên nền bao gồm tải trọng tự nhiên của các lớp đất đá và tải trọng do công trình. Hai yếu tố trên là các yếu tố ảnh hưởng thường xuyên lên nền có thể xác định và tính toán. Động thái và tính chất của nước dưới đất là các yếu tố biến đổi theo thời

gian phụ thuộc vào đặc điểm nước ngầm, lượng mưa, thành phần đất đá v.v... Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng động thái và tính chất của nước dưới đất là các chỉ thị quan trọng trong dự báo các tai biến địa chất như động đất, trượt đất, xói ngầm, sụt lún bề mặt, mức độ ô nhiễm, khả năng và xu thế lan chuyển ô nhiễm, v.v... Việc theo dõi và xử lý thông tin thường xuyên về động thái và tính chất của nước dưới đất là rất cần thiết ở những khu vực có điều kiện phát sinh các tai biến địa chất liên quan. Việc quan trắc giúp thu nhận các sự kiện phục vụ đánh giá, dự đoán và giảm thiểu tác động và đối phó với tai biến hiệu quả hơn (Nguyễn Quốc Thành, 2012). Hiện nay, ở Việt Nam chưa có nhiều nghiên cứu tiến hành cập nhật và xử lý thông tin một cách tự động liên tục về động thái và tính chất của nước dưới đất phục vụ cảnh báo tai biến địa chất.

Kết quả nghiên cứu trong nhiều năm qua của Viện Địa chất - Viện Hàn lâm KH&CN

Việt Nam đã xác định khu vực phường Hoàng Tân nằm trong phạm vi đới đứt gãy hoạt động Trung Lương phát triển nhiều khe nứt trong giai đoạn hiện đại (Nguyễn Trọng Yên, 1991). Biểu hiện hoạt động của đứt gãy này là sự xuất hiện hàng loạt các vết nứt đất dọc theo đới đứt gãy trong những năm 1970 - 1980, có những vết nứt kéo dài trên 10 km, đặc biệt ở khu vực đồi Trại Mét, nay là phường Hoàng Tân, thành phố Chí Linh (Hình 1). Các khe nứt có phương khác nhau xuất hiện với mật độ rất lớn làm vỡ vụn các thành tạo địa chất trong khu vực, trong đó có những khe nứt rộng tới trên 1m, sâu trên 5m. Kết quả đo chu kỳ lặp lưới tam giác từ năm 1982 - 1989 của Dương Chí Công và nnk (1990) đã cho thấy đứt gãy có phương á vĩ tuyến trượt phải với vận tốc trung bình 10mm/năm, đứt gãy có phương ĐB-TN trượt trái với vận tốc trung bình 6mm/năm và đứt gãy có phương TB-ĐN trượt phải với vận tốc trung bình 7mm/năm. Các kết quả đo lặp lưới thủy chuẩn chỉ ra rằng trung Chí Linh và phần lớn các khu vực lân cận đang hạ với tốc độ trung bình 2-5mm/năm (TLTK). Theo kết quả nghiên cứu của Phạm Tích Xuân (2020), các điểm dị thường hàm lượng Radon (Rn) xác định được bằng hai phương pháp RAD7 và detector vết khá trùng hợp và cơ bản trùng với vị trí của các đứt gãy khẳng định vị trí của các đứt gãy. Cả hai phương pháp đều xác định đứt gãy Trung Lương là đứt gãy có biểu hiện hoạt động rõ ràng. Hiện nay, Viện Địa chất đang áp dụng phương pháp đo GSNN - đo dịch chuyển thực tế tại điểm quan trắc- thu nhận các thông tin về trị đo khoảng cách giả theo mã, trị đo pha và trị đo doppler của các hệ thống định vị GPS, GLONASS, GALIEO, BEIDOU.

Sự xuất hiện các khe nứt trong các lớp trầm tích Đệ tứ và lớp vỏ phong hóa đá cuội kết, sạn kết, cát kết thạch anh, xen đá phiến màu đen hệ tầng Hòn Gai ($T_{3n-r}hg_2$) có phương kéo dài, phát triển sâu vào nền thúc đẩy quá trình thấm, vận động của nước mặt và nước ngầm (Hình 1). Vào mùa mưa, nước mặt có điều kiện thuận lợi bổ sung cho nước dưới đất làm tăng áp lực nước lỗ rỗng và gây biến đổi trạng thái của đất dẫn đến thay đổi tính chất cơ học của đất. Quá trình này lặp lại liên tục theo thời gian, gây ra biến dạng bề mặt, phá hủy các công trình dân sinh và hạ tầng cơ sở. Dấu hiệu này đã được

nhận biết rõ trên bề mặt địa hình và những công trình dân sinh tại khu vực phường Hoàng Tân thuộc thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương (Hình 2). Vì vậy, cần có nghiên cứu cụ thể đánh giá khả năng sụt lún bề mặt có thể xảy ra nhằm cung cấp số liệu thực tế phục vụ cho quy hoạch phát triển kinh tế xã hội và dự báo mức độ ảnh hưởng của tai biến sụt lún bề mặt tại địa phương.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu, khảo sát địa chất, địa chất công trình, kết quả khảo sát địa vật lý để xác định đặc điểm địa chất công trình. Từ đó, thiết kế, xây dựng hệ thống quan trắc tự động độ lún nền, động thái và tính chất nước dưới đất. Các cảm biến ghi đo giá trị độ lún, áp lực nước lỗ rỗng, độ pH ở các độ sâu phù hợp với sự phân bố của các lớp đất. Từ các kết quả ban đầu, tương quan giữa các đại lượng quan trắc được phân tích đánh giá phục vụ cho dự báo khả năng biến dạng bề mặt. Thời gian quan trắc chưa đủ dài, bài báo tập trung vào phân tích xác định điều kiện để thiết kế xây dựng trạm quan trắc, xây dựng tương quan. Các kết quả phân tích, đánh giá, dự báo sẽ được công bố trong công trình tiếp theo.

2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp địa vật lý

Phương pháp địa vật lý được sử dụng nhằm mục đích xác định cấu trúc của đất nền khu vực nghiên cứu, trong đó sử dụng 2 phương pháp đo là đo sâu điện và đo địa chấn. Kết quả đo địa vật lý được đối sánh với kết quả khoan khảo sát địa chất công trình. Kết quả xác định cấu trúc nền là cơ sở để lựa chọn vị trí tối ưu lắp đặt trạm quan trắc độ lún nền, động thái và tính chất nước dưới đất tại khu vực nghiên cứu

- Phương pháp khoan khảo sát

06 hố khoan khảo sát địa chất công trình được thực hiện tại khu vực nghiên cứu nhằm mục đích xác định chính xác cột địa tầng khu vực, lấy mẫu phân tích các chỉ tiêu cơ lý các lớp đất đá, đối sánh với kết quả đo địa vật lý. Máy khoan XY-100 được sử dụng để khoan với đường kính lỗ khoan 110mm. Các mẫu đất được lấy với khoảng cách trung bình 2m/mẫu, ký hiệu tên hố khoan, chiều sâu lấy mẫu, đánh dấu trên dưới lỗ khoan và bọc kín mẫu vận chuyển về phòng thí nghiệm (TCVN: 9437-2021), tổng số mẫu đất thu thập là 39 mẫu đất

nguyên dạng. Trong đó, hai hố khoan được sử dụng thiết lập trạm quan trắc tự động, cụ thể: hố khoan thứ nhất được ký hiệu là HK-CL04 có chiều sâu 20,5m (lắp đặt 02 hệ thiết bị đo lún và 01 cảm biến đo áp lực nước lỗ rỗng); hố khoan thứ hai ký hiệu HK-CL04A có chiều sâu 20,0m (lắp đặt 01 cảm biến đo nồng độ pH và 01 cảm biến đo áp lực nước lỗ rỗng).

- *Phương pháp đo chuyển vị đứng*

Hệ thống đo lún hoạt động dựa trên số liệu được cung cấp bởi các cảm biến đo chuyển vị dây rung, dài đo 200mm do hãng Geokone sản xuất. Cảm biến này sử dụng để đo sự thay đổi khoảng cách giữa vị trí của neo thủy lực được lắp đặt trong hố khoan và vị trí miệng của hố khoan. Khoảng cách này chính là độ lún của nền. Nguyên lý hoạt động như sau: 1) Hệ thống Neo thủy lực được nối liền với các thanh chuyển vị được lắp đặt trong hố khoan và nối với các cảm biến ghi đo trên bề mặt. Các thanh chuyển vị được chế tạo từ kim loại không rỉ và nằm trong ống nhựa. Số liệu thể hiện khoảng cách giữa neo và vị trí của miệng hố khoan, sự thay đổi này được xác định khi so sánh giữa thời điểm đo thực tế và giá trị khoảng cách ban đầu. 2) Để tránh sự dịch chuyển của điểm mốc trên miệng hố khoan, neo cuối cùng nên lắp đặt trong địa tầng ổn định không lún. 3) Thiết bị đo biến dạng được lắp đặt và đo dọc theo trục hố khoan. Yêu cầu đường kính hố khoan tối thiểu từ 60 đến 96mm, chiều sâu đặt neo 1m để đảm bảo sau khi lắp đặt neo có thể ngâm vào lớp địa chất cuối cùng.

- *Phương pháp xác lập hệ số tương quan*

Phân tích tương quan Pearson (ký hiệu là “r”) là thước đo độ mạnh của mối liên kết tuyến tính giữa hai biến, được nhà toán học Karl Pearson phát triển từ năm 1900. Hệ số tương quan Pearson còn được gọi là hệ số Pearson (Pearson Correlation Coefficient) trong thống kê được là thước đo mối quan hệ thống kê giữa hai biến và sự liên kết của chúng với nhau. Hệ số tương quan cho biết thông tin quan trọng của các biến, về tương quan và cả hướng phát triển của tương quan giữa các biến.

Tương quan r là một chỉ số không có thứ nguyên về mối quan hệ tuyến tính giữa hai biến ngẫu nhiên. Giá trị của r có thể thay đổi giữa -1 và +1 bất kể kích thước đo lường của hai biến. Giá trị r = 0 có nghĩa là không có mối

quan hệ tuyến tính giữa các biến và giá trị bằng 1 cho thấy mối quan hệ tuyến tính hoàn hảo. Nếu hệ số tương quan là âm cho thấy mối quan hệ phi tuyến tính. Hệ số tương quan trong bài báo được tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel 2010 dựa trên chuỗi số liệu ghi đo thực tế của các đại lượng quan trắc.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc điểm các lớp đất, đá tại vị trí xây dựng trạm

Từ kết quả khoan khảo sát địa chất công trình và kết quả phân tích cơ lý mẫu trong phòng, đặc điểm phân bố các lớp đất đá được xác định như sau (Hình . Cột địa tầng khu vực trạm quan trắc):

- Lớp thứ nhất: Đất sét pha màu xám vàng, xám trắng, trạng thái dẻo cứng. Đất có trạng thái dẻo cứng và tính nén lún trung bình với hệ số nén lún $a = 0,017$ (cm²/kG).

- Lớp thứ hai: Đất cát pha màu xám vàng, nâu vàng, trạng thái dẻo. Lớp đất này nằm xen kẽ giữa lớp đất thứ nhất. Mặt lớp xuất hiện tại độ sâu 3,0m, chiều sâu đáy lớp là 6,0m; bề dày lớp là 3,0m. Đất có trạng thái dẻo và tính nén lún trung bình với hệ số $a = 0,013$ (cm²/kG).

- Lớp thứ ba: Đất sét pha màu nâu gụ, nâu tím, ghi sáng đôi chỗ lẫn sạn phong hóa, trạng thái cứng. Đất có trạng thái cứng và tính nén lún trung bình với hệ số nén lún $a = 0,020$ (cm²/kG).

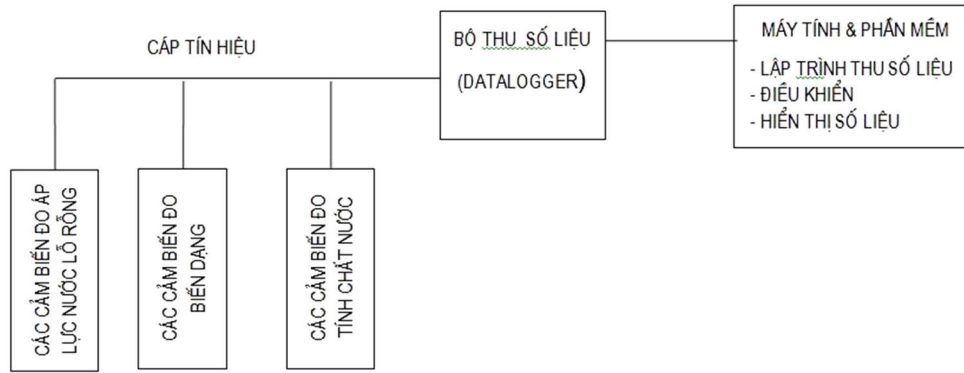
- Lớp thứ tư: Đá sét bột kết bị phong hóa. Lớp này nằm ngay dưới lớp thứ ba, mặt lớp xuất hiện tại độ sâu 19,0m; đáy lớp chưa xác định

Mực nước dưới đất tại hố khoan trạm quan trắc dao động từ -2,0m vào mùa mưa đến -2,7m vào mùa khô. Như vậy tại vị trí trạm quan trắc xác định ba lớp đất loại sét cần tiến hành quan trắc độ lún và đánh giá mức độ ảnh hưởng của nước dưới đất tới tính chất cơ học của đất.

3.2. Thiết kế, lắp đặt các thiết bị quan trắc tại trạm nghiên cứu

a. Hệ thống kỹ thuật trạm quan trắc

Hệ thống vận hành quan trắc bao gồm các thiết bị quan trắc, thiết bị ghi đo và xử lý số liệu được vận hành theo sơ đồ dưới đây (Hình 1):



Hình 1. Sơ đồ kỹ thuật sử dụng xây dựng trạm quan trắc tự động độ lún nền, dao động và tính chất nước dưới đất

b. Các thiết bị cảm biến được lắp đặt (Hình 2)

- Tại hố khoan ĐCCT lần lượt từ dưới lên như sau:

+ Neo thủy lực 1 (Neo 1) đặt cố định trong lớp đá cát bột kết phong hóa (lớp thứ tư), được cho là không lún ở độ sâu 20,5m để làm mốc ghi đo giá trị tổng độ lún của ba lớp đất có tổng chiều dày là 19,0m; trong đó lớp thứ nhất là lớp sét pha trạng thái dẻo cứng dày 6,0m, lớp thứ hai là lớp cát pha trạng thái dẻo dày 3,0m (xen kẹp trong lớp thứ nhất), lớp thứ ba là lớp sét pha trạng thái cứng dày 10,0m. Neo 1 được nối với hệ thanh chuyên vị 1 bằng inox tới mặt đất. Khi mặt đất bị lún một đại lượng L1, thanh chuyên vị sẽ dịch chuyển lên trên một đoạn là X1, cảm biến dịch chuyển 1 ghi nhận được một đại lượng là $X1 = L1$; L1 là giá trị lún của nền ghi nhận từ Neo 1 lên tới mặt đất, đơn vị đo là mm.

+ Neo thủy lực 2 đặt cố định trong phần đáy của lớp sét pha trạng thái dẻo cứng (lớp thứ nhất) ở độ sâu 9,2m để ghi đo giá trị độ lún của hai lớp đất có tổng chiều dày là 9,0m; trong đó lớp thứ nhất dày 6,0m và lớp thứ hai xen kẹp trong lớp thứ nhất là lớp cát pha trạng thái dẻo dày 3,0m. Neo 2 được nối với hệ thanh chuyên vị 2 bằng inox tới mặt đất. Khi mặt đất bị lún một đại lượng L2, thanh chuyên vị sẽ dịch chuyển lên trên một đoạn là X2, cảm biến dịch chuyển 2 ghi nhận được một đại lượng là $X2 = L2$; L2 là giá trị lún của nền ghi nhận từ Neo 2 lên tới mặt đất, đơn vị đo là mm.

+ Cảm biến áp lực nước lỗ rỗng (Piezometer) được đặt ở độ sâu 5,0m trong lớp cát pha trạng thái dẻo để ghi đo giá trị áp lực nước lỗ rỗng biến đổi trong lớp đất từ bề mặt đến độ sâu tương ứng. Giá trị ghi đo được ký hiệu là Pz2, đơn vị đo là kPa.

- Tại hố khoan ĐCTV lần lượt từ dưới lên như sau:

+ Cảm biến đo áp lực nước lỗ rỗng (Piezometer) được đặt ở độ sâu 17,0m trong lớp sét pha trạng thái cứng để ghi đo giá trị áp lực nước lỗ rỗng của nước dưới đất ở độ sâu tương ứng. Giá trị ghi đo được ký hiệu là Pz1, đơn vị đo là kPa.

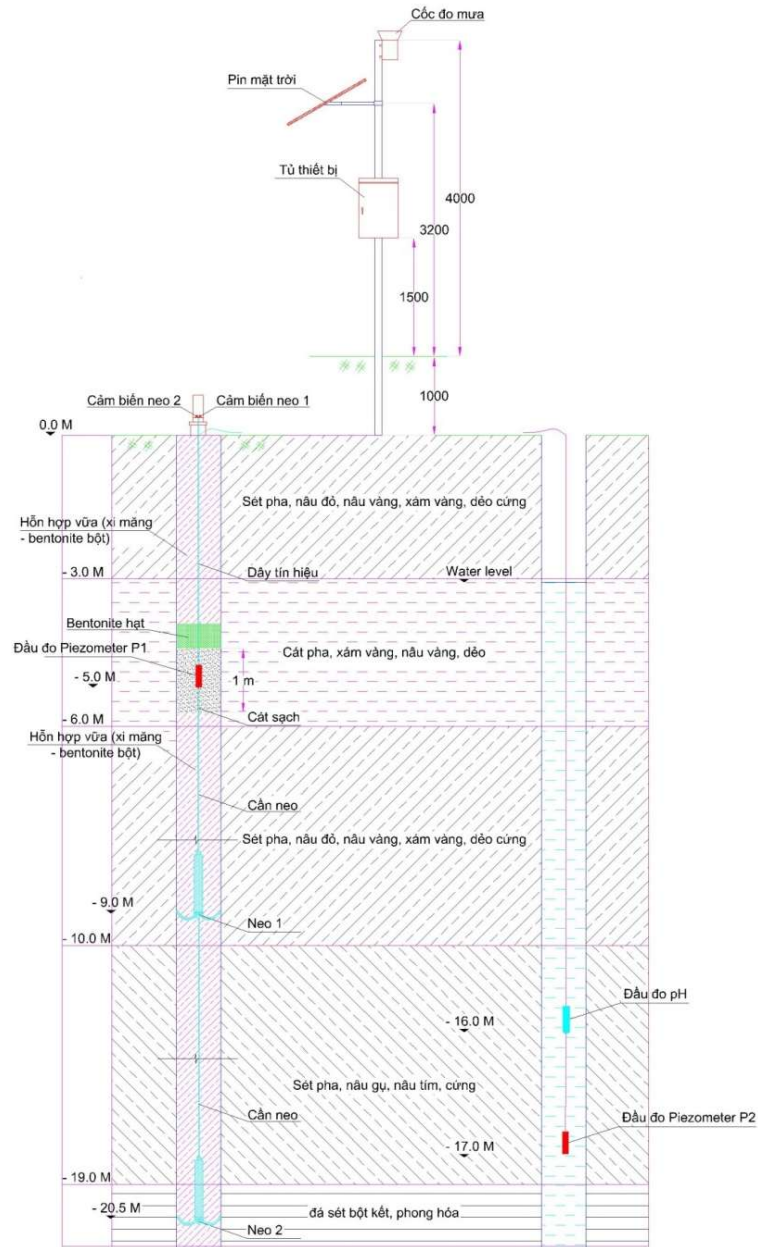
+ Cảm biến đo độ pH được đặt ở độ sâu 16,0m trong lớp sét pha trạng thái cứng để ghi đo giá trị nồng độ pH của nước dưới đất ở độ sâu tương ứng. Giá trị ghi đo được ký hiệu là pH.

c. Bộ thiết bị thu thập số liệu:

01 bộ ghi đo tự động Datalogger CR800 gắn với 01 bộ chuyển đổi tín hiệu cảm biến dây rung 2 kênh và 01 bộ mở rộng kênh cho các cảm biến dây rung. Bộ thiết bị thu thập số liệu được bảo quản trong hộp kỹ thuật trên bề mặt và được duy trì hoạt động bằng bộ thiết bị nguồn điện.

d. Bộ thiết bị nguồn điện:

Hệ thống cung cấp năng lượng duy trì hoạt động ổn định của trạm gồm 01 tấm pin mặt trời 25W gắn với 01 ắc quy viên thông kín khí 12V-12Ah và 01 bộ điều khiển nạp – xả pin mặt trời.



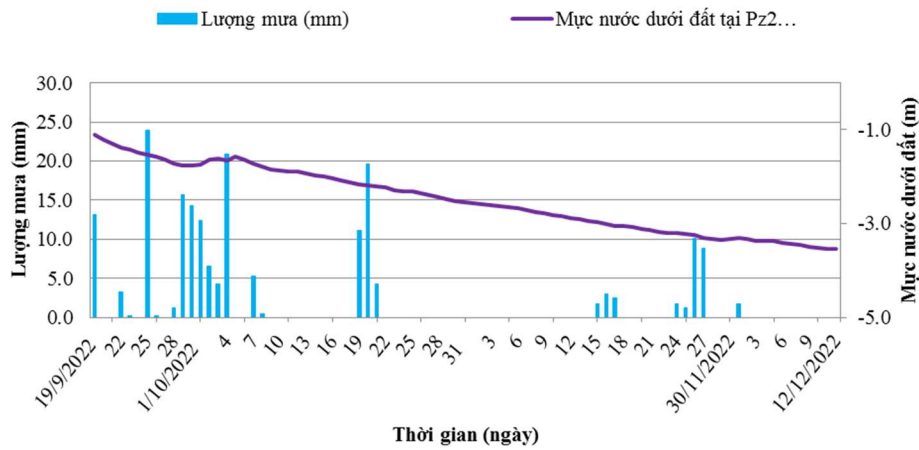
Hình 2. Sơ đồ thiết kế hệ thống quan trắc độ lún nền, động thái và tính chất nước dưới đất tại P.
Hoàng Tân, TP. Chí Linh, T. Hải Dương

3.3. Phân tích, xác lập tương quan giữa các đại lượng quan trắc

Các số liệu quan trắc được ghi đo tự động liên tục trong thời gian từ 19/9/2022 đến ngày 12/12/2022 (85 ngày ghi đo) (Hình: biểu đồ lượng mưa, biểu đồ áp lực nước lỗ rỗng, biểu đồ pH và T).

a. Phân tích số liệu mưa và xu thế biến đổi của nước dưới đất

Trong khoảng thời gian quan trắc từ 19/9/2022 đến ngày 12/12/2022, chuỗi số liệu mưa đo được tại trạm quan trắc chủ yếu tập trung vào cuối tháng 9 cho đến đầu tháng 10 năm 2022 và gần như không có mưa trong các ngày tiếp theo bởi đây là thời điểm bắt đầu từ những tháng mùa khô tại khu vực nghiên cứu. Lượng mưa quan trắc được có giá trị nhỏ với tổng lượng mưa đo được là 188,56mm trong 25 ngày có mưa (Hình 3).



Hình 3. Xu thế mưa và sự biến đổi mực nước dưới đất tại Pz2

Độ sâu mực nước dưới đất tại trạm quan trắc được xác định bằng giá trị quy đổi từ thiết bị đo áp lực nước lỗ rỗng Pz2 (kPa) đặt trong hố khoan ĐCTV ở độ sâu -17,0m. Biểu đồ thể hiện áp lực cột nước dưới đất giảm từ -1,12m xuống -1,75m từ ngày 19/9/2022 đến ngày 01/10/2022 cho thấy mực nước trong hố khoan đã dần ổn định; mực nước có xu thế tăng nhẹ từ -1,75m lên -1,58mm từ ngày 02/10/2022 đến ngày 05/10/2022 sau những ngày có ghi nhận lượng mưa nhỏ và giảm xuống còn -3,53m tính đến ngày 12/12/2022 là những ngày gần như không có mưa. Nhận thấy, mực nước dưới đất đang có xu hướng giảm dần và chênh lệch khoảng 1,78m so với thời điểm mực nước được coi là ổn định trước đó. Nhận xét ban đầu, mực nước dưới đất tại khu vực trạm quan trắc đang dần hạ thấp sau những ngày không ghi nhận lượng mưa tại khu vực nghiên cứu.

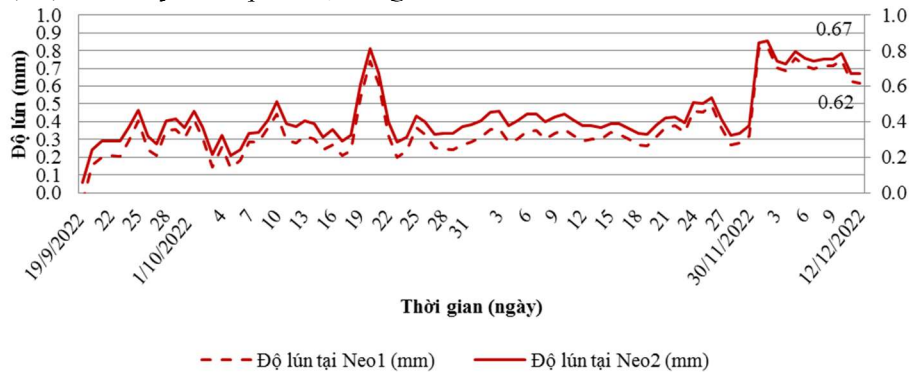
Hệ số tương quan “r” giữa chuỗi số liệu ban đầu giữa lượng mưa và mực nước dưới đất đo được tại Pz2 được tính theo công thức của Pearson là 0,33; cho thấy mối quan hệ đồng

biến nhưng chưa rõ giữa hai đại lượng nêu trên. Chuỗi số liệu quan trắc dài hạn có thể xác định rõ mối quan hệ giữa hai đại lượng này tại khu vực nghiên cứu.

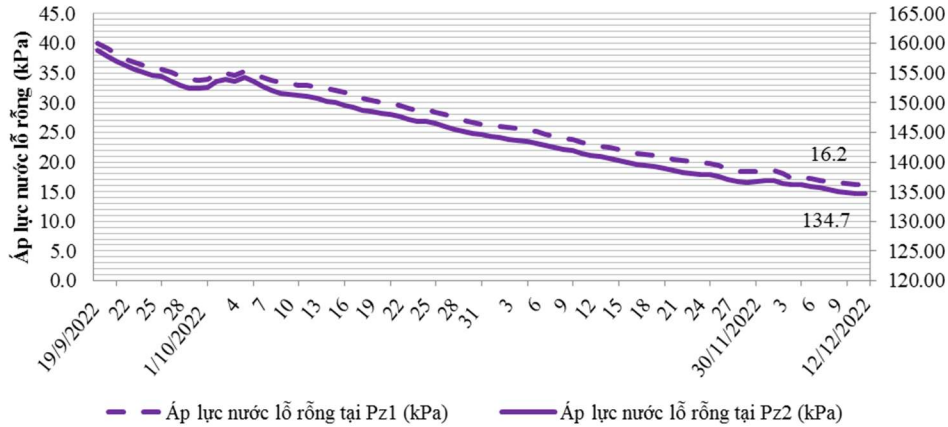
b. Mối quan hệ giữa độ lún nền và động thái, tính chất của nước dưới đất

- Phân tích chuỗi số liệu ban đầu ghi đo độ lún nền và động thái của nước dưới đất

Động thái nước dưới đất được đánh giá thông qua sự biến đổi hay quá trình nâng/hạ của mực nước tồn tại dưới bề mặt. Mực nước dưới đất có thể quan trắc trực tiếp tại các hố khoan hoặc quan trắc áp lực nước lỗ rỗng quy đổi ra áp lực cột nước trong đất. Khi lớp đất nằm dưới mực nước dưới đất, các phân tử trong đất sẽ chịu áp lực đẩy nổi đồng thời các hạt đất bị ngập trong nước và trương nở (đối với hạt sét). Khi mực nước dưới đất hạ thấp thành phần nước và khí trong đất thoát ra dưới tác dụng của áp lực các lớp nằm trên và bản thân các hạt đất làm đất cố kết lại và nền có xu hướng bị lún. Vì vậy, động thái nước dưới đất có mối quan hệ chặt với độ lún của nền đất.



Hình 4. Biểu đồ quan trắc độ lún nền ghi nhận tại Neo 1 và Neo 2 theo số liệu đo ngày trong hố khoan ĐCCT



Hình 5. Biểu đồ biến đổi áp lực nước lỗ rỗng đo được tại Pz1 ở độ sâu -5,0m trong hố khoan ĐCCT và Pz2 ở độ sâu -17,0m trong hố khoan ĐCTV

Độ lún nền tại khu vực đặt trạm quan trắc được thể hiện qua biên độ dịch chuyển của các thanh chuyển vị nối với các Neo thủy lực cố định đặt trong các tầng đất khác nhau đặt trong hố khoan. Dịch chuyển của thanh chuyển vị 1 nối với Neo thủy lực 1 (Neo 1) là tổng độ lún của các lớp đất nằm từ Neo 1 lên tới mặt đất. Dịch chuyển của thanh chuyển vị 2 nối với Neo thủy lực 2 (Neo 2) là tổng độ lún của các lớp đất quan trắc. Độ lún nền có đơn vị tính là mm và quy ước có giá trị dương (+) khi lún và ngược lại có giá trị âm (-) khi đất nền có xu hướng “nở” ra.

+ *Mối quan hệ giữa độ lún ghi đo bởi Neo 1 và Neo 2:*

Tại trạm quan trắc, Neo thủy lực 1 được đặt ở độ sâu -9,0m so với bề mặt nối với thanh chuyển vị xác định tổng độ lún của lớp sét pha có trạng thái dẻo cứng (lớp thứ nhất) và 01 lớp cát pha có trạng thái dẻo (lớp thứ hai); Neo thủy lực 2 ở độ sâu -20,0m đo tổng độ lún của hai lớp nêu trên và lớp sét pha có trạng thái cứng (lớp thứ ba). Các số liệu quan

Xu thế biến đổi của áp lực nước lỗ rỗng trong lớp đất thứ nhất và thứ hai đo được bởi Pz1 đặt ở độ sâu -5,0m (hố khoan ĐCCT) và áp lực nước lỗ rỗng trong lớp thứ ba đo bởi Pz2 đặt ở độ sâu -17,0m (hố khoan ĐCTV) từ ngày 19/9/2022 đến ngày 12/12/2022 có cùng xu thế giảm dần tương ứng. Cụ thể như sau, áp lực nước lỗ rỗng tại Pz1 và Pz2 có giá trị lần lượt là 39,9kPa và 158,9kPa tại thời điểm đo ban đầu đến ngày 01/10/2022 giảm xuống còn

trắc cập nhật liên tục và tự động trong thời gian từ 19/9/2022 đến ngày 12/12/2022 xác định tại Neo 1 chuỗi giá trị độ lún ban đầu ghi nhận được biến đổi theo ngày trong khoảng từ -0,05mm (giá trị âm duy nhất) đến 0,82mm, trung bình là 0,37mm; Neo 2 có giá trị biến đổi từ 0,06m đến 0,86mm, giá trị độ lún trung bình là 0,44mm. Giá trị độ lún trung bình chênh lệch giữa hai neo là 0,07mm. Giá trị độ lún trung bình đo được tại Neo 1 của hai lớp đất phía trên chiếm tới 84,2% so với giá trị trung bình tổng độ lún đo được tại Neo 2 của ba lớp đất (Hình 4). Hệ số tương quan “r” giữa chuỗi số liệu đo độ lún tại Neo 1 và Neo 2 là 1,0 cho thấy mối quan hệ tuyến tính hoàn hảo. Nhận thấy, với giá trị đo được hiện tại xu thế lún chủ yếu phát triển trong lớp đất thứ nhất và thứ hai tại trạm quan trắc; lớp đất thứ ba cần có thêm thời gian quan đủ dài để xác định khả năng lún có thể xảy ra.

+ *Mối quan hệ giữa áp lực nước lỗ rỗng ghi đo bởi Pz1 và Pz2:*

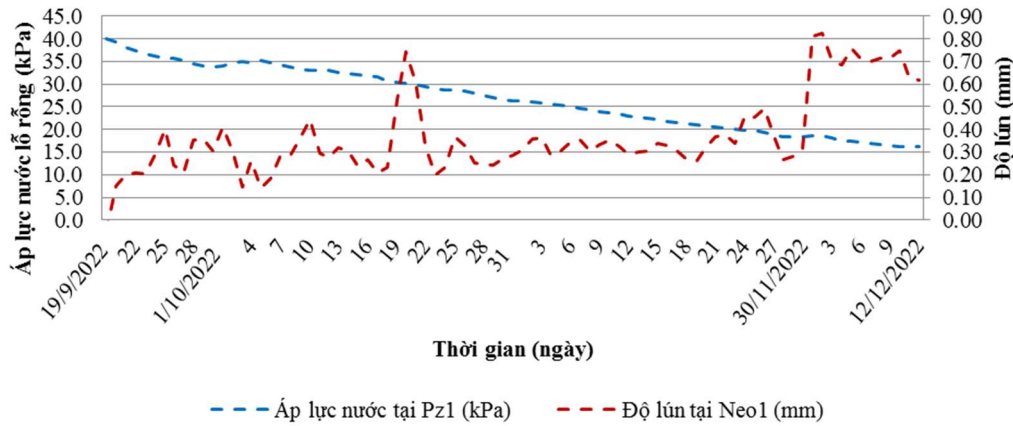
33,8kPa và 152,4kPa, trong 07 ngày tiếp theo áp lực nước có xu hướng tăng nhẹ và duy trì trong khoảng giá trị 33,9kPa - 35,3kPa (Pz1) và 152,5 - 154,2kPa (Pz2); sau đó tiếp tục suy giảm áp lực xuống còn 16,2kPa và 134,7kPa tại thời điểm đo cuối cùng (Hình 5). Hệ số tương quan r ban đầu giữa áp lực nước lỗ rỗng tại Pz1 và Pz2 là 1,0 cho thấy mối quan hệ tuyến tính hoàn hảo. Như vậy, giá trị hạ thấp tương đồng của áp lực nước lỗ rỗng chỉ ra rằng

nước dưới đất có sự vận động theo chiều từ trên xuống dưới qua hai lớp sét pha trạng thái nửa cứng và cát pha trạng thái dẻo, có khả năng phát sinh áp lực nước thủy động ảnh hưởng đến tính chất cơ học của đất.

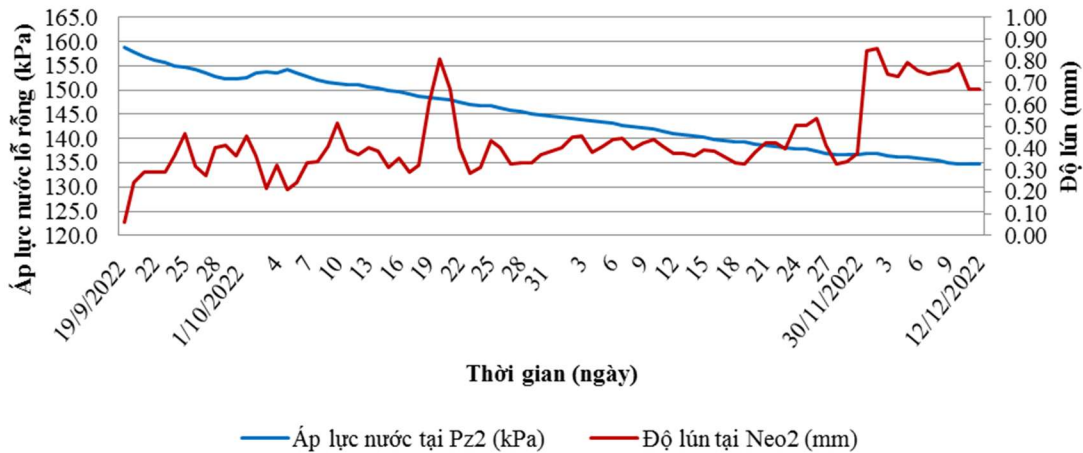
+ *Mối quan hệ giữa độ lún và áp lực nước lỗ rỗng:*

Trong tự nhiên, đất có tính biến dạng nén lún khi chịu tác động của tải trọng ngoài

đến độ lỗ rỗng trong đất giảm, mật độ hạt rắn trong một đơn vị thể tích tăng lên như vậy đất dần được nén chặt lại và cường độ của đất tăng lên. Đối với đất bão hòa nước, đất bị nén chặt lại khi nước trong các lỗ rỗng thoát ra ngoài. Quá trình nén chặt thường xảy ra trước lúc đất đạt tới trạng thái cân bằng thủy tĩnh, nghĩa là thời điểm khi áp lực nước lỗ rỗng chuyển dần về giá trị 0 (Đỗ Minh Toàn, 2002).



Hình 6. Biểu đồ quan trắc độ lún tại Neo 1 theo ngày và xu hướng biến đổi áp lực nước lỗ rỗng tại Pz1 trong hố khoan ĐCCT



Hình 7. Biểu đồ quan trắc độ lún tại Neo 2 trong hố khoan ĐCCT theo ngày và xu hướng biến đổi áp lực nước lỗ rỗng tại Pz2 trong hố khoan ĐCTV

Biểu đồ Hình 6 biểu diễn mối quan hệ ban đầu giữa áp lực nước lỗ rỗng (Pz1) và độ lún ghi nhận tại Neo1 (trong cùng hố khoan ĐCCT) từ ngày 19/9/2022 đến ngày 30/11/2022 cho thấy, khi áp lực nước giảm dần từ 39,9kPa xuống 18,4kPa thì giá trị độ lún tại Neo 1 đã có xu thế lún so với giá trị tại thời điểm đo ngày đầu tiên là 0,32mm. Tuy nhiên, từ ngày 01/12/2022 đến ngày 12/12/2022 ghi

nhận giá trị độ lún tăng lên trong khoảng từ 0,62mm đến 0,81mm trong khi áp lực nước lỗ rỗng giảm từ từ xuống còn 16,2kPa, gần như biến đổi không đáng kể so với ngày trước đó.

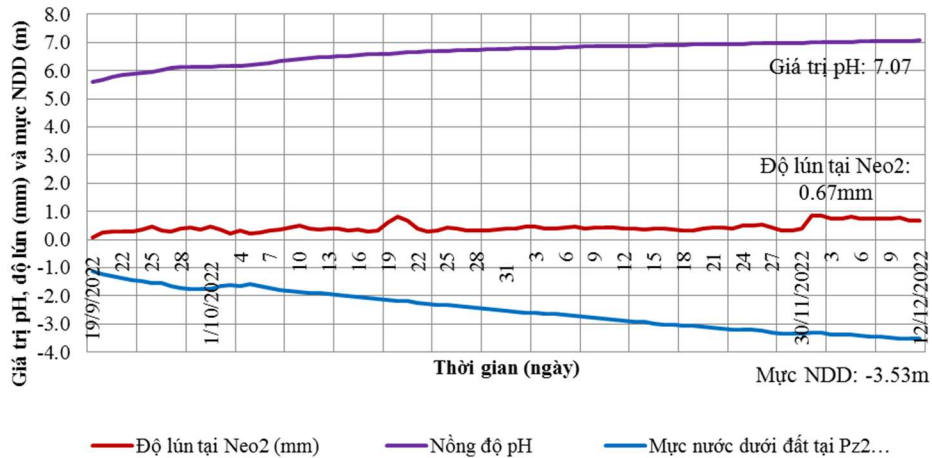
Tương tự như vậy, Hình 7 biểu diễn mối quan hệ ban đầu giữa áp lực nước lỗ rỗng (Pz2 - hố khoan ĐCTV) và độ lún ghi nhận tại Neo 2 (hố khoan ĐCCT) cũng cho giá trị biến đổi tương đồng trong cùng khoảng thời gian. Cụ

thể, giá trị độ lún tại Neo 2 đạt 0,38mm so với ngày ghi đo đầu tiên khi áp lực nước giảm từ 158,9kPa xuống 136,7kPa và giá trị độ lún tăng lên trong khoảng từ 0,67mm đến 0,86mm khi áp lực nước giảm từ từ xuống còn 134,7kPa.

Hệ số tương quan “r” ban đầu giữa chuỗi số liệu đo lún tại Neo 1 vs Pz1 và Neo 2 vs Pz2 lần lượt là -0,62 và -0,60 cho thấy tương quan nghịch biến giữa hai đại lượng. Như vậy, giá trị áp lực nước lỗ rỗng trong khoảng thời gian quan trắc xác lập xu hướng giảm dần theo thời gian đã ghi nhận giá trị độ lún tăng chủ yếu trong lớp sét pha trạng thái nửa cứng (lớp thứ nhất) và cát pha trạng thái dẻo (lớp thứ hai).

- Phân tích chuỗi số liệu ban đầu ghi đo độ lún nền và tính chất của nước dưới đất (độ pH)

Giá trị pH là chỉ số đo độ hoạt động của các ion hiđrô H^+ trong dung dịch, chỉ thị tính chất của môi trường hay độ axit của môi trường. Tại vị trí thiết bị đo pH trong hố khoan ĐCTV ở độ sâu -16m so với bề mặt, giá trị pH đo được từ 5,60 đến 6,99 (từ ngày 19/9/2022 đến ngày 30/11/2022); 7,00 (01-02/12/2022) và từ 7,01 – 7,07 (từ ngày 03/12/2022 đến ngày 12/12/2022). Như vậy, giá trị pH trong khoảng thời gian quan trắc xác định nước dưới đất tại vị trí trạm quan trắc đang có xu hướng chuyển dần từ môi trường có tính axit sang môi trường có tính kiềm.



Hình 8. Biểu đồ quan trắc độ lún tại Neo 2 theo ngày trong hố khoan ĐCCT và xu hướng biến đổi độ pH trong hố khoan ĐCTV

Trên Hình 8, số liệu quan trắc ban đầu cho thấy giá trị pH tăng dần từ 5,60 đến 7,07 trong khi mực nước dưới đất quy đổi từ giá trị áp lực nước lỗ rỗng tại Pz2 có xu hướng hạ thấp xuống còn -3,53m ở cùng khoảng thời gian quan trắc. Giá trị tổng độ lún ghi nhận được bởi Neo 2 có xu hướng gia tăng, đạt giá trị là 0,67mm tại thời điểm đo cuối cùng. Điểm đáng lưu ý, tại thời điểm ngày 01/12/2022 khi mực nước dưới đất giảm xuống -3,31m so với bề mặt là thời điểm giá trị pH có xu hướng chuyển dần từ môi trường có tính axit sang tính kiềm đã ghi nhận giá trị tổng độ lún của ba lớp đất quan trắc được tăng gần 2 lần từ 0,38mm lên 0,84mm và tiếp tục duy trì ở giá trị độ lún là 0,67mm (tăng 78,9%) so với thời điểm trước đó.

Hệ số tương quan “r” được xác định từ chuỗi số liệu đo ban đầu theo thời gian của giá trị pH và giá trị độ lún đo được bởi Neo 2 là 0,55 cho thấy có sự tương quan đồng biến. Hệ số tương quan giữa giá trị pH và mực nước dưới đất là -0,95 thể hiện mối tương quan nghịch biến rõ ràng trong khoảng thời gian quan trắc. Tuy nhiên, để xác lập tương quan một cách chính xác hơn giữa các đại lượng nêu trên cần có thêm chuỗi số liệu quan trắc đủ dài để thiết lập xu hướng biến đổi và làm sáng tỏ mối quan hệ giữa chúng.

4. Kết luận

- Đặc điểm phân bố và tính chất cơ lý các lớp đất khu vực nghiên cứu đã được làm sáng tỏ dựa trên kết quả khảo sát địa chất công trình và địa vật lý. Hai lớp đất có khả năng biến

dạng lún cao đã được thiết kế lắp đặt thiết bị quan trắc độ lún. Đồng thời, thiết bị quan trắc áp lực nước lỗ rỗng, tính chất nước dưới đất cũng được lắp đặt cho hai lớp đất quan trắc lún. Thiết bị quan trắc lượng mưa tại trạm đã ghi đo được toàn bộ biến đổi lượng mưa theo thời gian để đánh giá môi trường quan giữa nước mưa và nước ngầm.

- Kết quả quan trắc ban đầu cho thấy quan hệ giữa lượng mưa và áp lực nước lỗ rỗng là quan hệ chặt chẽ. Áp lực nước lỗ rỗng đặc trưng cho vận động lên xuống của nước ngầm. Quan hệ giữa độ lún và áp lực nước lỗ rỗng trong thời gian quan trắc chưa có tính chất chặt chẽ. Điều này được lý giải do sự biến động của lượng mưa không lớn do thời gian quan trắc còn ít. Tương tự, sự biến đổi về tính chất của nước ngầm bao gồm nhiệt độ và độ pH trong phạm vi nhỏ do thời gian quan trắc, nhiệt độ của môi trường và lượng mưa biến đổi rất ít trong khoảng thời gian ngắn.

- Trạm quan trắc đã được thiết kế phù hợp với đặc điểm địa chất công trình khu vực, theo dõi được sự biến đổi của các thông số và bước đầu đã thiết lập được các hệ số tương quan giữa các đại lượng. Sự biến đổi của lượng mưa, áp lực nước lỗ rỗng, tính chất của nước ngầm và độ lún cần có đủ thời gian theo dõi ít nhất trong chu kỳ 1 năm. Kết quả sẽ được công bố trong công trình tiếp sau.

Lời cảm ơn

Bài báo là sản phẩm khoa học của nhiệm

vụ khoa học công nghệ “Nghiên cứu xây dựng trạm quan trắc tự động độ lún nền, động thái và tính chất nước dưới đất phục vụ dự báo tai biến địa chất khu vực thành phố Chí Linh”, cấp Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, mã số CT.0000.03/20-21. Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ và tạo điều kiện của Viện Địa chất và Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam trong quá trình thực hiện.

Tài liệu tham khảo

Dương Chí Công, 1990. Báo cáo tổng kết đề tài “Đánh giá dự báo ảnh hưởng địa động lực hiện đại ở những vùng kinh tế - xã hội quan trọng”, mã số 44A-05-01:1990, Viện Địa chất, Hà Nội.

Đỗ Minh Toàn, 2002. Đất đá xây dựng. Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Nguyễn Quốc Thành, 2012. “Nghiên cứu thử nghiệm công nghệ quan trắc tự động sự biến đổi động thái và tính chất của nước ngầm nhằm cảnh báo và giảm nhẹ thiệt hại của một số dạng tai biến địa chất. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Viện HLKHCNVN, Viện Địa chất, Hà Nội.

Nguyễn Trọng Yên, 1991. Về việc dự báo sự xuất hiện khe nứt kiến tạo hiện đại. *Tạp chí Địa chất*, số 202-203, tr 17-19.

Phạm Tích Xuân và nnk, 2020. Comparative measurement of soil gas radon by using the methods of solid state nuclear track detectors (SSNTD'S) and RAD7 in studying the active tectonic faults in Chí Linh area (Hải Dương). *Journal of Geology*, 0866-7381, 371-372, A, 1-14.

Summary

Design and installation of automatic monitoring system for ground subsidence, groundwater dynamics and properties to serve as warning for surface subsidence disasters

Nguyễn Việt Tiến, Nguyễn Trọng Tài, Trần Trọng Hiến, Lại Hợp Phòng, Hà Ngọc Anh*

Groundwater fluctuation and properties are main factors effecting ground subsidence, especially in areas which distribute clay material. Ground subsidence occurs gradually causing terrain deformation and constructions, therefore it is needed to monitor. This article describes about a design of automatic monitoring system for subsidence and groundwater fluctuation and properties for geological hazard warning in Hoang Tan, Chi Linh, Hai Duong area. The monitoring system using high accurate sensors records settle of soil layers, pore water pressure, pH and temperature of ground water in total depth of 19,0m accompanying with precipitation. The preliminary result shows the change in monitoring parameters and the relations are being established between parameters.

Keywords: *Monitoring, subsidence, fluctuation, properties, groundwater*