

Nhà Kỹ Thuật

Vietnam Geographical Journal

ISSN 1479-0868 279X NĂM THỨ BA
Số 2-1999



KỸ THUẬT VIỆT NAM

LÚN CỦA THÀNH PHỐ HÀ NỘI DO KHAI THÁC NƯỚC NGẦM GÂY NÊN

SUBSIDENCE DUE TO PUMPING GROUNDWATER IN HANOI CITY

THS. TRỊNH MINH THỤ,

Trường đại học Thủy lợi Hà Nội

GS. TS. DEL. G. FREDLUND,

Trường đại học Tổng hợp Saskatchewan Canada.

TÓM TẮT: Đã từ lâu người ta nhận thấy rằng quá trình khai thác nước ngầm đã gây nên hiện tượng lún bề mặt đất dẫn tới làm hư hỏng đáng kể các công trình nằm trong vùng bị ảnh hưởng. Một trong những vấn đề quan trọng để nghiên cứu lún của thành phố Hà Nội do khai thác nước ngầm là việc thu thập và phân tích các tài liệu về địa chất, địa chất thủy văn, tài liệu về khai thác nước ngầm, thủy văn và số liệu quan trắc lún bề mặt đất, áp lực nước lỗ rỗng theo thời gian. Các trầm tích nằm trong khu vực Hà Nội khá phức tạp: bao gồm đất bùn hữu cơ, sét, sét pha, cát pha, cát và cuội sỏi... Việc khai thác nước dưới đất trong tầng cuội sỏi Hà Nội đã gây nên quá trình cố kết các lớp đất phía trên của tầng chứa nước dẫn đến bề mặt đất trong khu vực bơm hút bị lún xuống. Tác giả đã mô hình dòng thấm không ổn định để đánh giá sự phân bố áp lực nước lỗ rỗng trong khu vực khai thác nước ngầm. Kết quả tính thấm đã được đưa trực tiếp vào mô hình ứng suất-biến dạng để tính toán độ lún. Kết quả tính toán bằng mô hình khá phù hợp với kết quả quan trắc lún ngoài thực địa.

ABSTRACT: A study of land subsidence due to pumping in the city of Hanoi, Vietnam, was conducted by collecting and analyzing data on the geology, hydrogeology, soil properties, and observed settlements. The city of Hanoi is underlain by sediments consisting of clay, silt, mud, peat, sand, and gravel. The pumping of groundwater causes consolidation of compressible upper layers of the aquifer. This research program involved the modelling of groundwater flows, seepage analyses due to pumping, and stress-deformation analyses. The computed settlements in parts of the city of Hanoi were compared to the results of measurements of settlement in the correspondent area. The simulation results appear to be in fairly good agreement with the measurement results.

GIỚI THIỆU CHUNG

Hà Nội nằm trong đồng bằng châu thổ Sông Hồng. Quá trình tăng trưởng không ngừng về dân số và sự phát triển của khoa học kỹ thuật đã dẫn đến nhu cầu về nước sinh hoạt và công nghiệp ngày càng tăng. Nước phục vụ cho đời sống dân sinh và công nghiệp được khai thác từ nguồn nước dưới đất trong khu vực thành phố Hà Nội. Quá trình khai thác mạnh nước dưới đất đã gây nên lún sụt bề mặt đất gây hư hỏng nhiều công trình trong vùng ảnh hưởng.

Hà Nội bắt đầu khai thác nước ngầm từ năm 1909. Mặc dù cho tới hiện nay tổng lưu lượng khai thác mới vào khoảng 450,000 m³/ngày, tuy nhiên đã có rất nhiều dấu hiệu lún khá nghiêm trọng do việc khai thác nước ngầm gây nên.

Trong giai đoạn bước đầu nghiên cứu lún do khai thác nước ngầm này tác giả đã dựa trên những số liệu

mang tính tổng quan về các điều kiện thực tế của khu vực. Mục đích chính của nghiên cứu này là sơ bộ tính toán lún do khai thác nước ngầm trong thành phố Hà Nội.

Do những khó khăn rất lớn trong việc thu thập các số liệu về địa chất, địa chất thủy văn, tài liệu quan trắc lún, quan trắc áp lực nước lỗ rỗng... nên mục tiêu của công tác phân tích, mô hình hoá có những hạn chế nhất định. Với khối lượng tài liệu đã thu thập được, tác giả chưa mô hình hoá chi tiết tại nhiều khu vực khác nhau và với các điều kiện biên phức tạp.

Mô hình hoá quá trình lún do hút nước từ các giếng khoan đã được ghép đôi với mô hình tính ứng suất-biến dạng để tính toán lún. ở đây tác giả đã sử dụng chương trình SEEP/W và chương trình SIGMA/W (Geo-Slope, 1998) để tính toán lún của thành phố Hà Nội do khai thác nước ngầm gây nên.

1. Phân tích bài toán đối xứng trục về dòng thấm tới giếng khoan

Tác giả đã chọn nhà máy nước Pháp Vân là khu vực có giá trị quan trắc lớn nhất làm ví dụ cho mô hình tính toán lún do khai thác nước ngầm. Địa tầng của khu vực của các nhà máy nước này khá phức tạp, tuy nhiên để đơn giản hoá trong mô hình tính, tác giả đã coi tầng chứa nước áp lực gồm duy nhất 1 tầng (tầng chứa nước Hà Nội, $aQ_{1,2}$), và 2 tầng thấm nước yếu phía trên nó.

2. Mô hình bài toán thấm ổn định

Kết quả tính toán thấm sẽ được đưa trực tiếp vào phần tính ứng suất-biến dạng để đánh giá lún do khai thác nước ngầm gây nên.

Các điều kiện biên của mô hình được xác định như sau:

Lưới phần tử dùng trong mô hình tính cho nhà máy nước Pháp Vân được trình bày trong hình 1. Các phần tử biên bên phải được thiết lập là các phần tử vô hạn.

Phần mềm SoilCover (Wilson và nnk, 1997) dùng để mô hình hóa điều kiện biên trên mặt của mô hình.

Kết quả của mô hình cho giá trị lượng thấm xuyên cung cấp cho nước dưới đất $7.93 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{s}$ do đó tác giả đã xác lập điều kiện biên trên bề mặt của mô hình với lưu lượng đơn vị không đổi $q = 7.93 \times 10^{-9}$. Bảng 1 cho kết quả so sánh giá trị tính toán mô hình và các giá trị thí nghiệm.

3. Mô hình bài toán thấm không ổn định

Căn cứ vào lưu lượng khai thác nước dự kiến tới năm 2010, tác giả đã dùng phần mềm MODFLOW để mô hình hóa dòng thấm nước dưới đất thành phố Hà Nội cho tới năm 2010. Lưu lượng khai thác nước dự kiến tới năm 2010 được trình bày trong bảng 2.

Các điều kiện biên của mô hình thấm không ổn định cũng giống như điều kiện biên đã được mô tả trong mô hình thấm ổn định ngoại trừ tổng cột nước áp lực trong biên bên. Điều kiện biên tại giếng (nghĩa là phía trái của mô hình) đã được lấy từ kết quả của mô hình MODFLOW và được tổng kết trong bảng 3.

Các tính chất cơ lý dùng trong mô hình thấm ổn định cũng đồng thời được dùng trong mô hình thấm không ổn định. Đường đặc trưng độ ẩm đã được tính toán bằng phương pháp của Fredlund và nnk (1994) (hình 2). Hàm thấm cho đất không bão hoà đã được xác định cho lớp đất trên cùng. Hàm thấm cho lớp đất không bão hoà đã dùng phương pháp tính gần đúng từ đường cong đặc trưng độ ẩm của Fredlund và nnk.) (hình 3). Những lớp đất bão hoà thì hệ số thấm được lấy giá trị là hằng số.

Kết quả tính toán thấm dưới dạng file áp lực nước lỗ rỗng đã được đưa trực tiếp vào mô hình tính ứng suất biến dạng.

Để phân tích ứng suất-biến dạng, tác giả đã mô tả quá trình phân tích ứng suất biến dạng bằng việc dùng phần mềm SIGMA/W (Geo-Slope, 1998).

Khi tính toán ứng suất-biến dạng do khai thác nước ngầm tại nhà máy nước Pháp Vân Hà Nội, lưới phần tử của mô hình tính ứng suất biến dạng đã được chuyển trực tiếp từ mô hình phân tích thấm; Vì vậy lưới phần tử mô hình tính toán ứng suất biến dạng hoàn toàn giống với lưới phần tử trong mô hình phân tích thấm đã trình bày ở hình 1.

Điều kiện biên của mô hình phân tích ứng suất biến dạng đã được mô phỏng như sau:

- Phân đáy của mô hình được ngầm cứng (nghĩa là chuyển theo phương $X=0$ và $Y=0$)

- Dọc theo các biên thẳng đứng phía trái và phía phải, đất có thể dịch chuyển theo phương Y nhưng không dịch chuyển theo phương X .

- Trên bề mặt đất có thể dịch chuyển cả theo phương X và Y .

- Mô đun biến dạng được tính toán từ kết quả thí nghiệm nén cố kết. Mô đun biến dạng của lớp cuội sỏi được lấy theo Jumikis (1984). Hệ số nở hông dùng trong mô hình được chọn theo các kết quả kinh nghiệm cho các loại đất tương ứng và trình bày ở bảng 4.

Kết quả tính toán theo mô hình và số liệu quan trắc ngoài thực địa đối với nhà máy nước Pháp Vân cho giai đoạn từ 1988 đến 1995 được trình bày trên hình 4. Theo số liệu thực tế và theo tính toán, tốc độ lún tại nhà máy nước Pháp Vân vào khoảng 20 mm/năm.

Dự báo độ lún cho tương lai tại khu vực nhà máy nước Pháp Vân được dựa trên cơ sở chương trình dự báo khai thác nước tới năm 2010. Kết quả dự báo lún của mô hình từ nay tới năm 2010 được trình bày ở bảng 5.

KẾT LUẬN

Qua kết quả nghiên cứu lún do khai thác nước ngầm của thành phố Hà Nội có thể nêu lên một số nhận xét như sau:

1. Vùng nhà máy nước Pháp Vân có độ lún khá lớn (tốc độ lún khoảng 20 mm trên năm). Sở dĩ như vậy là do sự có mặt của các lớp đất yếu với chiều dày lớn (Sét, sét pha chứa nhiều hữu cơ).

2. Quá trình lún bề mặt đất do khai thác nước ngầm hoặc trương nở do nước ngầm dâng cao hoặc do lượng mưa cung cấp lớn là rất phức tạp. Quá trình tính toán và dự đoán độ lún phụ thuộc rất lớn vào độ chính xác của số liệu đầu vào và điều kiện biên của mô hình. Tuy nhiên, kết quả thu nhận được từ mô hình khá gần với số liệu quan trắc ngoài thực địa. Do đó phương pháp mô hình số có thể dùng như một công cụ hợp lý để đánh giá độ lún cho tương lai

ứng với lưu lượng khai thác nước dự tính.

3. Bước trung gian của mô hình số đánh giá độ lún là đánh giá sự phân bố của áp lực nước lỗ rỗng. Vì vậy có thể dùng kết quả mô hình đánh giá sự biến thiên của áp lực nước lỗ rỗng đồng thời so sánh với kết quả quan trắc áp lực nước lỗ rỗng ngoài thực địa. Cho tới hiện nay có rất ít số liệu quan trắc

về áp lực nước lỗ rỗng, tuy nhiên từ kết quả thu thập được cho thấy rằng áp lực nước lỗ rỗng trong toàn khu vực Hà Nội vẫn đang tiếp tục giảm.

4. Kết quả mô hình số về nước ngầm và lún là phù hợp. Tuy nhiên, kết quả dự báo tại từng vị trí có thể không thật chính xác bởi vì thiếu các số liệu về địa chất, địa chất thủy văn, địa hình...

Bảng 1: Bảng tổng kết các giá trị hệ số thấm dùng trong tính toán và các giá trị thí nghiệm

Lớp đất	Giá trị tính toán (m/s)	Giá trị thí nghiệm (m/s)		
		Trung bình	Lớn nhất	Nhỏ nhất
Sét-Sét pha	3.0×10^{-6}	6.1×10^{-6}	3.4×10^{-5}	1.1×10^{-7}
Sét pha chứa hữu cơ	7.5×10^{-8}	8.7×10^{-8}	1.04×10^{-7}	3.4×10^{-9}
Cuội sỏi, cát	5.5×10^{-4}	6.6×10^{-4}	6.9×10^{-4}	5.8×10^{-4}

Bảng 2: Lưu lượng khai thác nước dự kiến tới năm 2010 trong khu vực Hà nội.

Nhà máy nước	Lưu lượng khai thác dự kiến (m ³ /ngày)	Nhà máy nước	Lưu lượng khai thác dự kiến (m ³ /ngày)
1. Thượng Cát	60000	8. Nam Du Thượng	110000
2. Cao Đình	95000	9. Pháp Vân	30000
3. Mai Dịch	45000	10. Hạ Đình	28000
4. Yên Phụ	106000	11. Hà Đông	40000
5. Ngõ Sĩ Liên	30000	12. Ngọc Hà	30000
6. Tương Mai	30000	13. Văn Điển	25000
7. Lương Yên	48000	14. Giếng tư nhân	74000
Tổng			751000

Bảng 3: Bảng tổng kết tổng cột nước áp lực thấm dùng trong mô hình tính thấm không ổn định tại Pháp Vân

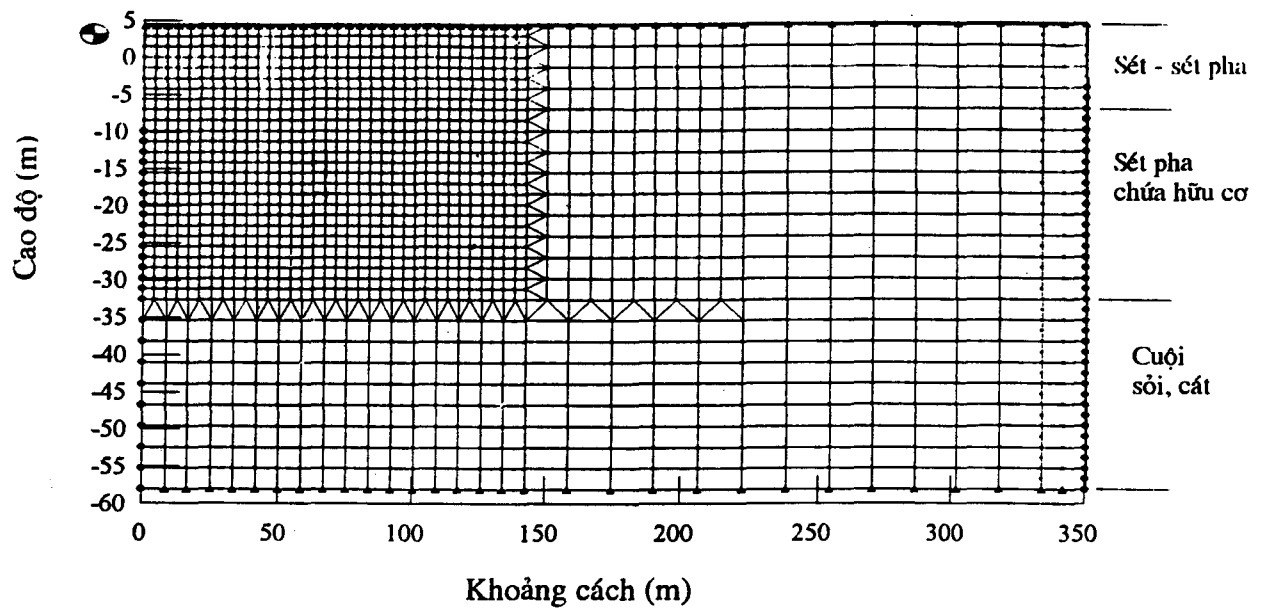
Thời gian	Cột áp lực tại giếng (m)	Thời gian	Cột áp lực tại giếng (m)
1988	-6.312	1994	-7.870
1989	-6.609	1995	-8.211
1990	-6.806	2000	-9.673
1991	-7.013	2005	-11.270
1992	-7.331	2010	-12.950
1993	-7.556	2015	-14.460

Bảng 4: Tính chất cơ lý dùng trong mô hình tính ứng suất-biến dạng tại Pháp Vân

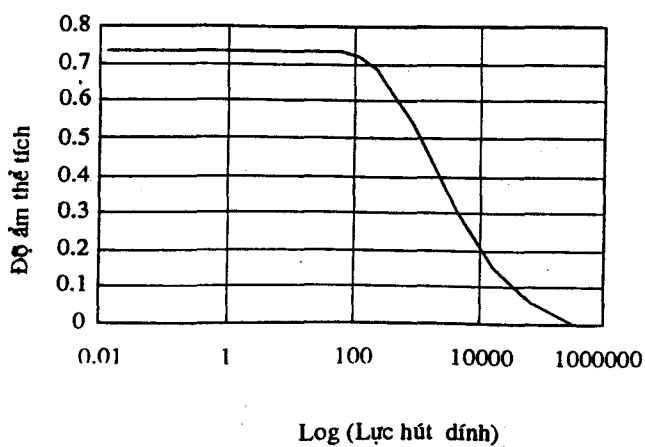
Lớp đất	Giá trị Môđun E, kPa	Giá trị tính toán từ thí nghiệm cố kết			Hệ số Poisson μ
		Trung bình	Max	Min	
Sét pha	3150	2177	3328	1985	0.33
Sét pha chứa hữu cơ	1200	854	1405	813	0.33
Cuội sỏi	100000	-	-	-	0.29

Bảng 5: Bảng tổng hợp giá trị tính toán tại khu vực Pháp Vân, giai đoạn từ 1996 đến 2010

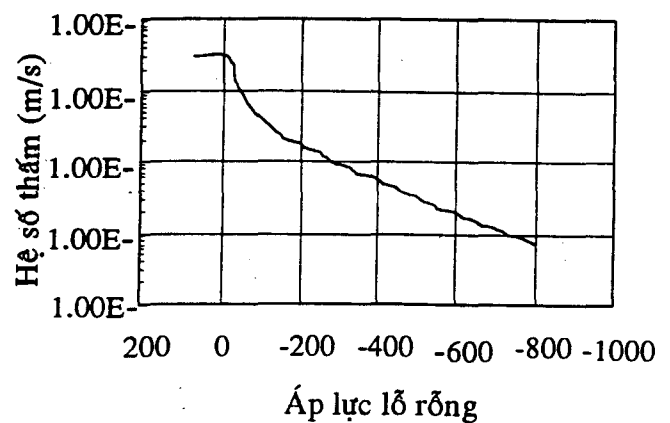
Năm	Độ lún tính toán (mm)	Năm	Độ lún tính toán (mm)
1996	32	2004	15
1997	25	2005	16
1998	27	2006	18
1999	24	2007	15
2000	22	2008	12
2001	18	2009	16
2002	19	2010	17
2003	22		



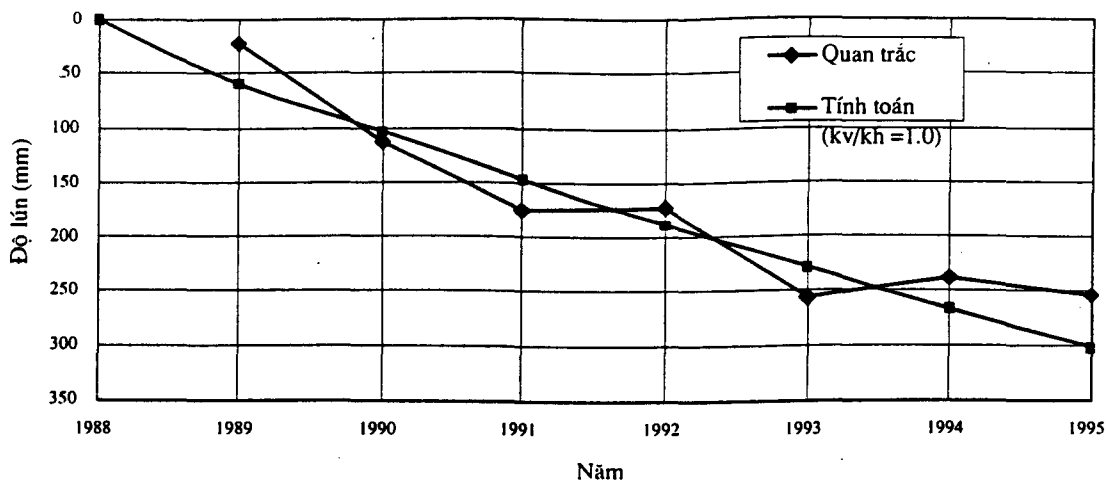
Hình 1. Lưới phân tử hữu hạn dùng trong mô hình tính toán.



Hình 2. Đường cong đặc trưng đất nước của lớp 1



Hình 3. Hàm thấm của lớp 1 dùng trong mô hình



Hình 4. Giá trị tính toán và quan trắc lún tại Pháp Vân cho giai đoạn từ 1988-1995

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Barends, F. B., Brouwer, F. J. J. and Schroder, F. H. 1995. Land subsidence. Proceeding of the Fifth International Symposium on Land Subsidence, Hague, Netherlands, [xi-xiv].

Fredlund, D. G., and Xing, A. 1994. Equations for the soil-water characteristics curve. *Canadian Geotechnical Journal*, 31: [521-532].

Geo-Slope International. 1998. Seep/W User's manual. Geo-Slope International Ltd, Calgary, Alberta, Canada.

Geo-Slope International. 1998. Sigma/W User's manual. Geo-Slope International Ltd, Calgary,

Alberta, Canada.

Jumikis A.R. (1984). Soil mechanics. Robert E. Krieger publishing Co., Inc. U.S.A.

Minh, T. and Tam, N. T. 1993. Investigation of the groundwater in the city of Hanoi, Vietnam, (In Vietnamese).

Thu, M. T. 1998. Subsidence due to the pumping of groundwater in the city of Hanoi, Vietnam. M.Sc. Thesis, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada.

Visual Modflow, User's Manual. 1997. Waterloo hydrogeologic, Inc. Waterloo, Ontario, Canada.