

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU BẰNG THIẾT BỊ THOÁT NƯỚC THẲNG ĐỨNG

PGS.TS. Nguyễn Hồng Nam - ĐHTL

ThS. Nguyễn Hồng Trường - Viện KHTL Việt Nam

Tóm tắt: Nghiên cứu giải pháp xử lý nền đất yếu bằng thiết bị thoát nước thẳng đứng được thực hiện dựa trên mô phỏng bài toán cổ kết thấm theo phương pháp phần tử hữu hạn theo sơ đồ bài toán phẳng, trong đó hệ số thấm tương đương theo phương đứng được tính từ độ cổ kết trung bình trong điều kiện cổ kết một trục (Chai và nnk, 2001). Ảnh hưởng của tham số như chiều sâu, khoảng cách bắc thấm, hệ số thấm ngang, độ xáo trộn và hệ số thấm trong vùng xáo trộn đối với tốc độ cổ kết là có ý nghĩa khi áp dụng đối với công trình đường cao tốc Cầu Giẽ- Ninh Bình. Kết quả mô phỏng cho thấy tốc độ cổ kết tăng khi chiều sâu bắc thấm tăng, khoảng cách bắc thấm giảm, hệ số thấm ngang lớn, độ xáo trộn giảm, hệ số thấm trong vùng xáo trộn lớn. Tuy nhiên, khi chiều sâu bắc lớn hơn 15m thì ảnh hưởng nói trên không lớn; Ảnh hưởng này rõ nét hơn khi đất nền có hệ số thấm ngang lớn so với hệ số thấm theo phương đứng.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi thi công các công trình trên nền đất yếu cần phải giải quyết bài toán cổ kết. Trong khoảng thời gian hơn 20 năm trở lại đây, các loại bắc thấm chế tạo sẵn (PVD) thay thế giải pháp giếng cát đã và đang phát triển rộng rãi bởi những ưu điểm nổi trội của nó như sản phẩm chế tạo sẵn với khối lượng lớn; có thể thi công cơ giới nhanh; thoát nước lỗ rỗng tốt hơn; giá thành rẻ hơn giá thành giếng cát.

Nghiên cứu giải pháp xử lý nền bằng thiết bị thoát nước thẳng đứng là vấn đề phức tạp vì hiệu quả làm việc của bắc thấm phụ thuộc nhiều tham số có liên quan đến quá trình thiết kế, thi công. Tuy nhiên, nghiên cứu này có ý nghĩa quan trọng vì có thể lựa chọn được các tham số thiết kế tối ưu.

II. KHÁI QUÁT VỀ THIẾT BỊ THOÁT NƯỚC THẲNG ĐỨNG

Thiết bị thoát nước thẳng đứng, ví dụ bắc thấm, thường có bề rộng khoảng 10÷20cm, bề dày từ 3÷5mm (Hình 1). Lõi của bắc thấm là một băng chất dẻo có nhiều rãnh nhỏ để nước do mao dẫn đưa lên cao và đỡ vỏ bọc ngay cả khi áp lực lớn. Vỏ bắc thấm là lớp vải địa kỹ thuật, lớp vải được chế tạo bằng Polyeste không dệt hay giấy vật liệu tổng hợp. Nó là hàng rào

vật lý phân cách lòng dẫn của dòng chảy với đất bao quanh, và là bộ lọc hạn chế cát hạt mịn đi vào lõi làm tắc thiết bị.

Đường kính tương đương của bắc thấm có dạng dải băng mỏng, d_w , được xem như đường kính của bắc thấm hình tròn có cùng năng lực thoát nước hướng tâm lý thuyết như của bắc thấm hình dải băng mỏng có chiều rộng a và chiều dày b (Hình 1). Hình 1 cũng cho thấy một số công thức tính d_w bởi một số tác giả khác nhau.

Có thể thấy rằng thời gian cổ kết là hàm số của bình phương đường kính ảnh hưởng của hình trụ đất được thoát nước, D_e . Khi bố trí các bắc thấm theo mạng hình vuông, $D_e = 1,13S$; khi bố trí theo mạng hình tam giác đều, $D_e = 1,05S$, trong đó S là khoảng cách giữa tim các bắc thấm (Hình 2).

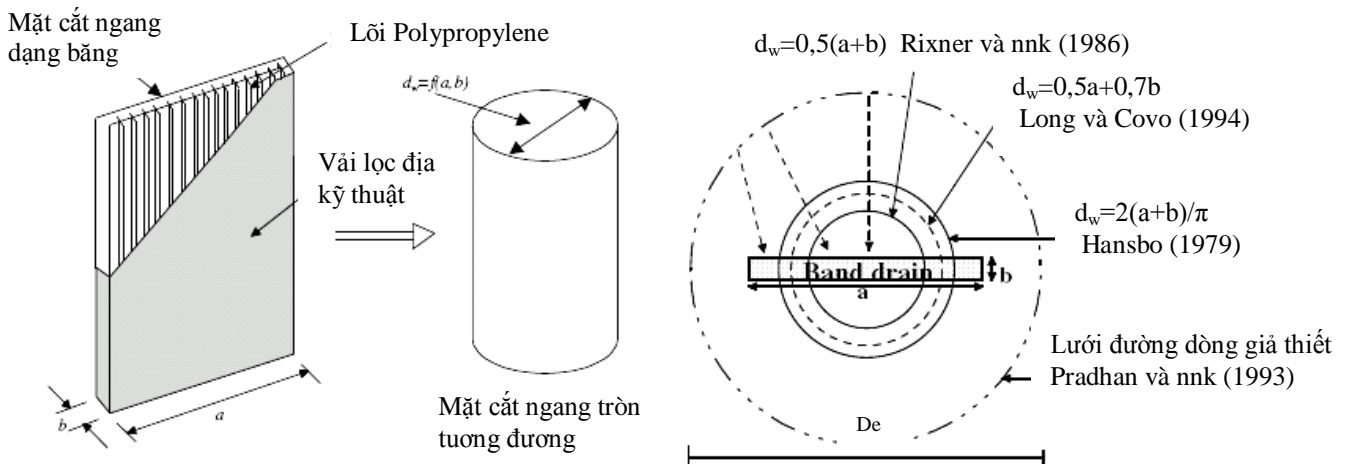
Do quá trình thi công bắc thấm, vùng đất xung quanh bắc thấm bị xáo trộn. Đường kính của vùng bị xáo trộn, d_s , được tính như sau:

$$d_s = (2,5 \div 3)d_m \text{ (Jamiołkowski và nnk, 1991)}$$

$$d_s = 2d_m \text{ (Holtz và Holm, 1973; Akagi, 1977)}$$

$$d_s = (1,5-3,0)d_w \text{ (Hansbo, 1981, 1997).}$$

Trong đó, d_m là đường kính của vòng tròn có diện tích bằng diện tích mặt cắt ngang của cần xuyên cắm bắc thấm.



Hình 1. Đường kính tương đương của bấc thấm (Indraratna và nnk, 2005)

III. BÀI TOÁN CÓ KẾT BẮC THẤM

Đối với bấc thấm đơn, thoát nước hoàn toàn, độ cố kết trung bình \bar{U} là sự kết hợp của độ cố kết theo phương ngang, \bar{U}_h và độ cố kết theo phương đứng, \bar{U}_v (Carrillo, 1942):

$$\bar{U} = 1 - (1 - \bar{U}_h)(1 - \bar{U}_v) \quad (1)$$

Barron (1948) và Hansbo (1981) đã xét ảnh hưởng của độ xáo trộn và sức cản của bấc thấm đến lời giải bài toán có kết của bấc đơn (Hình 3), độ cố kết theo phương ngang được tính như sau:

$$U_h = 1 - \exp\left(\frac{-8T_h}{\mu}\right) \quad (2)$$

Trong đó T_h là nhân tố thời gian:

$$T_h = \frac{C_h t}{D_e^2};$$

C_h là hệ số cố kết theo phương ngang;

$$\mu = \ln\left(\frac{D_e}{d_w}\right) + \left(\frac{k_h}{k_s} - 1\right) \ln\left(\frac{d_s}{d_w}\right) - \frac{3}{4} + \frac{2\pi}{3} l^2 \frac{k_h}{q_w}$$

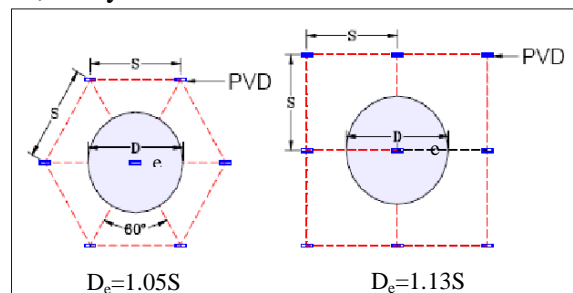
Trong đó, k_v , k_h và k_s lần lượt là hệ số thấm của đất nền theo phương đứng, phương ngang và trong vùng bị xáo trộn;

q_w là lưu lượng đơn vị thoát nước của bấc thấm (khi gradient bằng 1)

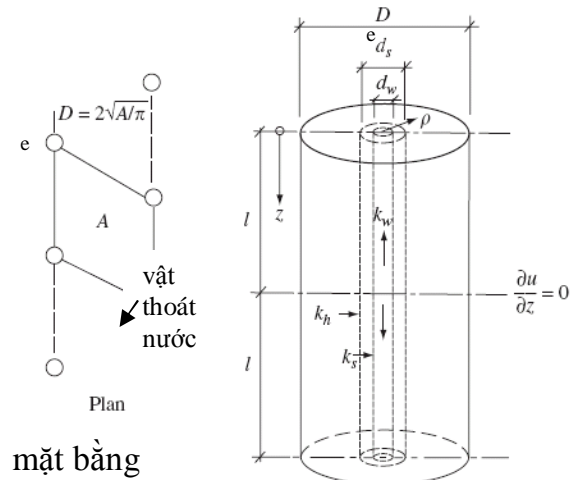
l là chiều dài tính toán của bấc thấm. Cách xác định chiều dài tính toán l được thể hiện trong Hình 4 dưới đây.

Trong thực tế, để giảm khối lượng tính toán, người ta thường phân tích bài toán có kết của nền được xử lý bằng bấc thấm theo sơ đồ bài toán

phẳng. Khi áp dụng bài toán phẳng, để đạt được sự tương đương về độ cố kết trung bình của nền theo sơ đồ phẳng với sơ đồ không gian, cần thay đổi các điều kiện hình học, ví dụ thay đổi khoảng cách bấc thấm nhưng giữ nguyên hệ số thấm; hoặc thay đổi

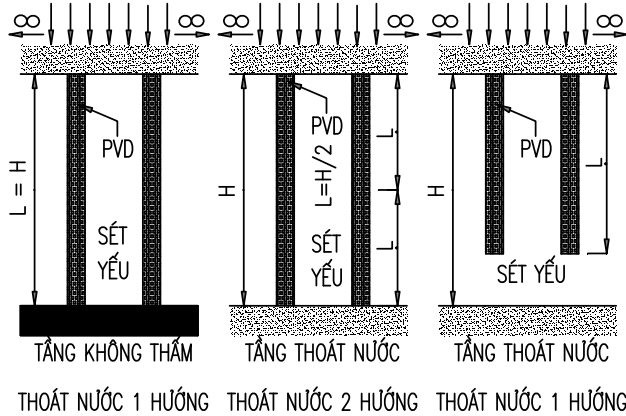


Hình 2. Đường kính ảnh hưởng của bấc thấm theo cách bố trí lưới bấc thấm hình tam giác đều và hình vuông



Hình 3. Sơ đồ bài toán bấc thấm đơn (Hansbo, 2005)

Hệ số thấm nhưng giữ nguyên khoảng cách bắc thấm; hoặc thay đổi cả hai (Hird và nnk, 1992; Indraratna và Redana, 1997).



Hình 4. Xác định chiều dài tính toán bắc thấm trong các điều kiện thoát nước

Một cách đơn giản khác mô phỏng sự làm việc của bắc thấm được đề xuất bởi Chai và nnk (2001). Theo đó, vì bắc thấm làm tăng tính thấm của đất theo phương đứng nên sẽ hợp lý nếu đề xuất một giá trị hệ số thấm theo phương đứng mà nó có thể xấp xỉ cho cả hai ảnh hưởng thoát nước theo phương đứng và thoát nước ngang của đất nền về phía bắc thấm. Có thể tính được hệ số thấm tương đương theo phương đứng (k_{ve}) từ giá trị độ cố kết trung bình tương đương trong điều kiện cố kết 1 hướng.

$$k_{ve} = \left(1 + \frac{2,5l^2}{\mu D_e^2} \cdot \frac{k_h}{k_v} \right) k_v \quad (3)$$

IV. MÔ PHỎNG BÀI TOÁN XỬ LÝ NỀN BẰNG BẮC THẤM CHO CÔNG TRÌNH THỰC TẾ

4.1 Giới thiệu công trình

Đường cao tốc Cầu Giẽ - Ninh Bình có chiều dài 56 km. Mặt cắt ngang cho 6 làn xe, bề rộng mặt đường 22m, đường có dải phân cách giữa, dải dừng xe khẩn cấp, dải an toàn và lề đường trồng cỏ.

Nghiên cứu mô phỏng bài toán cố kết nền đường được tiến hành đối với đoạn Km232+00÷238+00, trong đó nền đường đắp trên lớp đất sét yếu (lớp 2), ở trạng thái dẻo đến dẻo chảy.

4.2 Mô phỏng bài toán

Mặt cắt tính toán được thể hiện trong Hình 5. Vì bài toán đối xứng nên xét một nửa bài toán với nửa chiều rộng đỉnh 14m, chiều cao 4m, hệ số mái đắp $m=2.0$.

Đất đắp bằng cát và đất nền được mô phỏng theo mô hình Mohr-Coulomb với các giá trị thông số mô hình được thể hiện trong Bảng 1. Chú ý rằng vì không có số liệu thí nghiệm hệ số thấm của các lớp đất nền theo phương ngang k_h nên giả thiết $k_h = 2k_v$, trong đó k_v là hệ số thấm của đất nền theo phương đứng. Chú ý rằng trong phạm vi cấm bắc thấm (lớp số 2), hệ số thấm của đất nền theo phương đứng được tính đối theo công thức (3), hệ số thấm ngang được giả thiết không đổi.

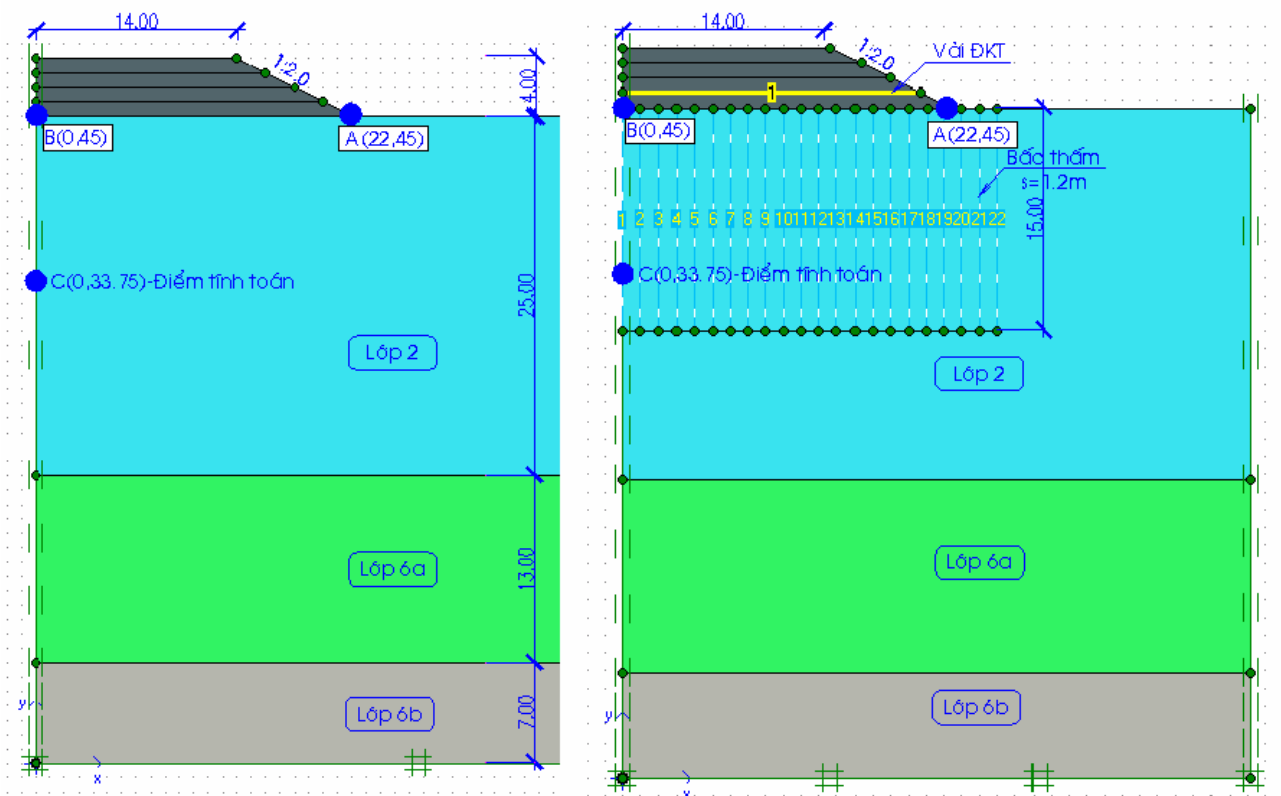
Một lớp vải địa kỹ thuật gia cường được bố trí phía trên lớp cát san nền để tăng ổn định tổng thể cho mái đắp (Hình 5).

Bắc thấm xử lý nền được bố trí theo mạng lưới tam giác đều với khoảng cách $S=1,2m$, chiều sâu $H=15m$. Kích thước bắc thấm:

$$a=10cm, b=0,4cm, d_w=(a+b)/2=0,052m, D_e=1,05S=1,26m, n=D_e/d_w=24,23.$$

Phân tích bài toán cố kết thấm được thực hiện theo phương pháp phần tử hữu hạn, sơ đồ bài toán phẳng, sử dụng phần mềm Plaxis, Version 8.2 (Brinkgreve, 2002). Lưới phần tử hữu hạn bao gồm các phần tử tam giác 15 điểm nút. Bắc thấm được mô phỏng bởi các phần tử "Drain" thoát nước tự do. Vải địa kỹ thuật được mô phỏng bởi phần tử Geogrid có $EA=2500$ kN/m. Mực nước ngầm được lấy ngang cao trình mặt đất tự nhiên. Ảnh hưởng sức cản của bắc thấm không được xem xét trong nghiên cứu này.

Hai bài toán được phân tích là thi công đường đắp trên nền thiên nhiên (không được xử lý) và nền được xử lý bằng bắc thấm. Hình 6 mô tả chi tiết các giai đoạn đắp đối với hai bài toán nói trên. Chú ý rằng đối với trường hợp đắp trên nền thiên nhiên, thời gian chờ cố kết phải mất khá dài 730 ngày trước khi đắp từ cao trình +3,0m lên đến đỉnh (+4,0m).



Hình 5. Mô phỏng bài toán cho 2 trường hợp: đường đắp trên nền không xử lý và nền xử lý PVD

Bảng 1. Các giá trị thông số mô hình Mohr-Coulomb đối với đất đắp và đất nền

Lớp đất	γ_w (kN/m^3)	γ_{bh} (kN/m^3)	k_h ($\text{m}/\text{ngày}$)	k_v ($\text{m}/\text{ngày}$)	E (kN/m^2)	c (kN/m^2)	φ (độ)	ψ (độ)	ν
Đất đắp	17,0	19,5	1,0	1,0	10000,0	1,0	30,0	0	0,30
Lớp 2	17,5	17,61	4.10^{-4}	2.10^{-4}	1526,2	6,4	7,95	0	0,35
Lớp 6a	18,0	19,25	$4,49.10^{-2}$	$2,24.10^{-2}$	1951,0	6,9	13,45	0	0,25
Lớp 6b	16,5	19,0	0,173	0,086	7000,0	1,0	27,0	0	0,30

4.3 Kết quả tính toán

Kết quả tính toán tại giai đoạn đắp cuối cùng (GD7, khối đắp đạt chiều cao 4m) được thể hiện trong các Hình 7 đến 11. Tại giai đoạn này, độ lún tính toán đạt giá trị lớn nhất là 1,28m (Hình 7) và áp lực nước lỗ rỗng dư đạt giá trị $5,77 \text{ kN}/\text{m}^2$ (Hình 8).

So sánh các kết quả tính áp lực nước lỗ rỗng dư và tính lún trong trường hợp không xử lý nền và xử lý nền bằng bấc thấm được thể hiện lần lượt trong các Hình 9 và 10.

Hình 9 cho thấy giá trị áp lực nước lỗ rỗng dư lớn nhất trong nền PP_{\max} tại các giai đoạn đắp khác nhau. Có thể thấy rằng do ảnh hưởng của bấc thấm mà áp lực nước lỗ rỗng dư bị tiêu

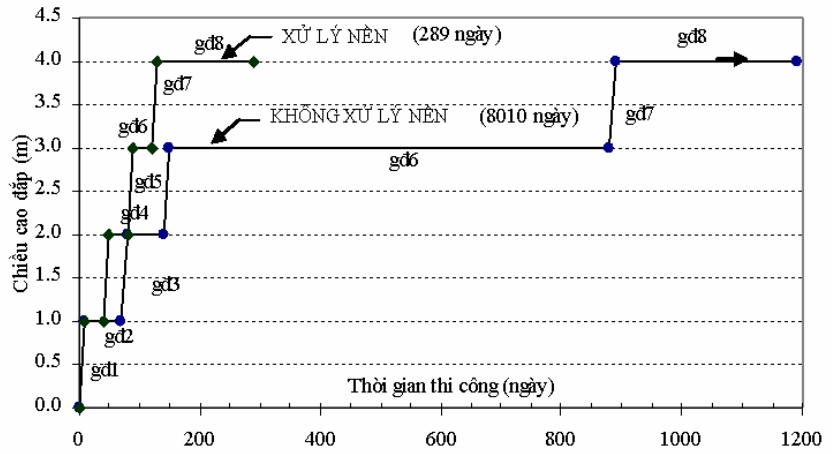
tan đáng kể.

Hình 10 so sánh các kết quả tính lún tại hai điểm trên đường tim đường trong hai trường hợp nói trên, đó là điểm B (0, 45) tại bề mặt lớp đất yếu số 2 và điểm C (0,33,75) tại giữa lớp đất yếu số 2 (xem Hình 5).

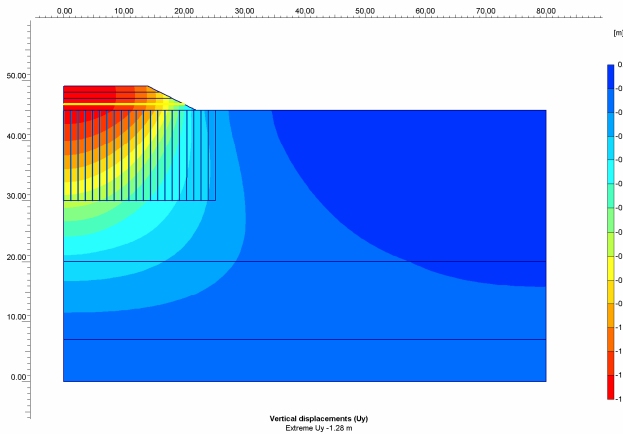
Hình 9 và 10 cho thấy bấc thấm đã rút ngắn đáng kể thời gian cố kết và tiêu tán nhanh áp lực nước lỗ rỗng dư trong nền.

Hình 11 cho thấy hệ số an toàn ổn định trượt mái đắp, được tính theo phương pháp giảm cường độ chống cắt, tăng lên đáng kể trong trường hợp xử lý nền bằng bấc thấm kết hợp sử dụng lớp vải địa kỹ thuật phía trên gia cố mái đắp

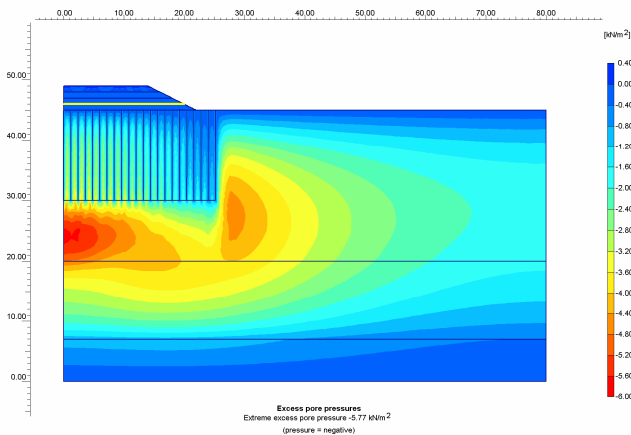
Giai đoạn thi công	Không xử lý nền (ngày)	Xử lý nền PVD (ngày)
GD 1: Đập đến chiều cao 1m	10	10
GD 2: Chờ đất cố kết	60	30
GD 3: Đập đến chiều cao 2m	10	10
GD 4: Chờ đất cố kết	60	30
GD 5: Đập đến chiều cao 3.0m	10	10
GD 6: Chờ đất cố kết	730	30
GD 7: Đập đến chiều cao 4.0m	10	10
GD 8: Chờ đất cố kết	8010	289



Hình 6. Sơ đồ các giai đoạn thi công đập đường trên nền thiên nhiên và nền được xử lý bắc thắm

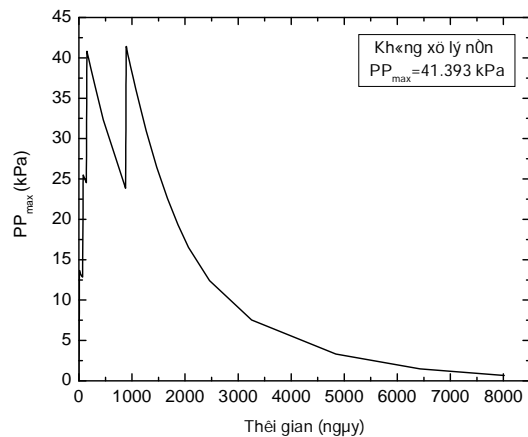


Hình 7. Đường đẳng chuyển vị đứng khi đập đến cao trình thiết kế (Trường hợp xử lý nền)



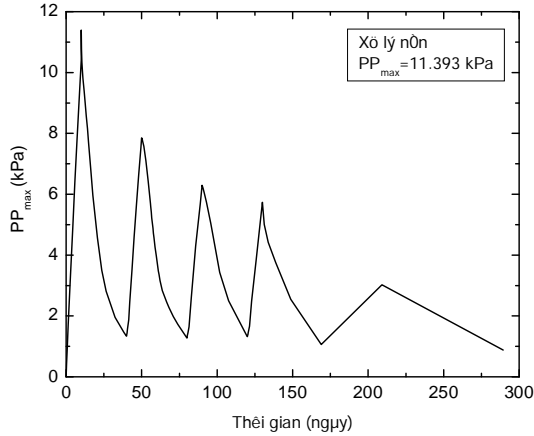
Hình 8. Đường đẳng áp lực nước lỗ rỗng dư khi đập đến cao trình thiết kế (Trường hợp xử lý nền)

nền đất yếu phụ thuộc nhiều yếu tố như: sơ đồ bố trí (tam giác, hình vuông), chiều sâu, khoảng cách cắm bắc. Các yếu tố này ảnh hưởng trực tiếp đến độ cố kết của đất nền, độ lún ổn định của nền, thời gian thi công. Nghiên cứu tham số giúp lựa chọn các thông số thiết kế bắc thắm hiệu quả, từ đó có thể đưa ra phương án thiết kế tối ưu. Đặc biệt, việc nghiên cứu tham số còn có ý nghĩa rất lớn khi các số liệu thí nghiệm không đầy đủ. Dưới đây sẽ xem xét ảnh hưởng của các tham số như chiều sâu bắc thắm, khoảng cách bắc thắm, hệ số thấm ngang, độ xáo trộn, hệ số thấm trong vùng xáo trộn đến độ lún và áp lực nước lỗ rỗng.

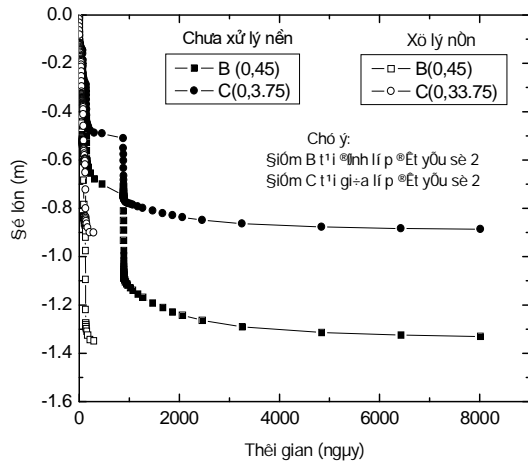


V. NGHIÊN CỨU THAM SỐ

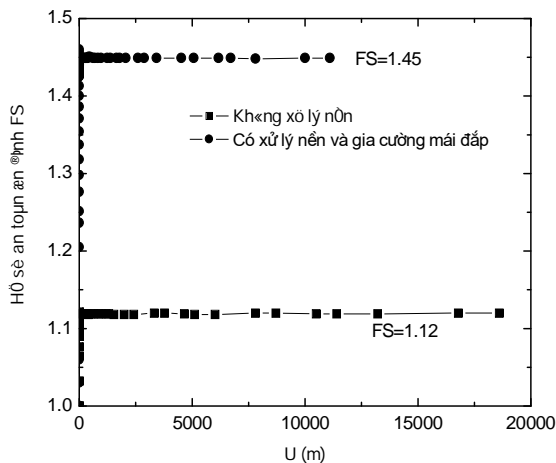
Thiết kế tối ưu một hệ thống bắc thắm xử lý



Hình 9. So sánh áp lực nước lỗ rỗng dư lớn nhất trong trường hợp không xử lý và có xử lý nền



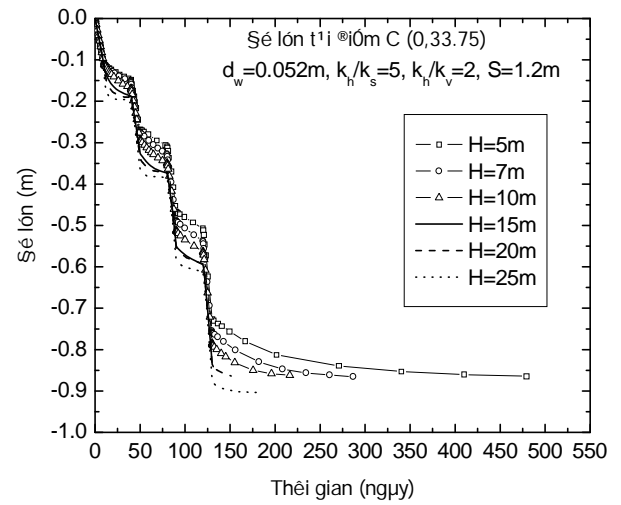
Hình 10. So sánh độ lún theo thời gian trong trường hợp không xử lý và có xử lý nền



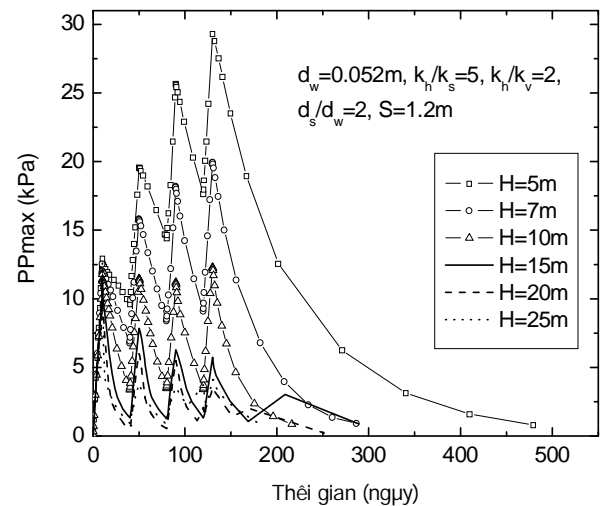
Hình 11. So sánh hệ số ổn định mái trong trường hợp không xử lý và có xử lý nền

5.1 Ảnh hưởng của chiều sâu bấc thấm

Phân tích ảnh hưởng của chiều sâu bấc thấm đối với độ cố kết, độ lún của nền được thực hiện bằng cách xét sự thay đổi chiều sâu bấc thấm, $H=5, 7, 10, 15, 20, 25\text{m}$ trong khi các thông số khác không thay đổi ($d_w=0,052\text{m}$, $k_h/k_s=5$, $k_h/k_v=2$, $d_s/d_w=2$). Hình 12 cho thấy độ lún của nền tăng khi chiều sâu bấc thấm tăng. Hình 13 cho thấy áp lực nước lỗ rỗng dư lớn nhất trong nền giảm khi chiều sâu bấc thấm tăng.



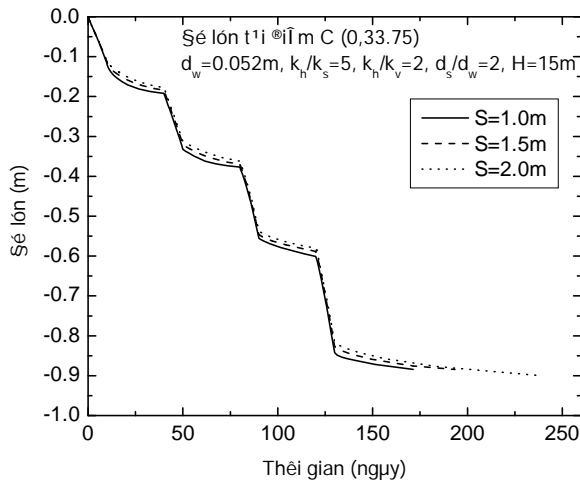
Hình 12. Ảnh hưởng của chiều sâu bấc thấm đối với độ lún của nền



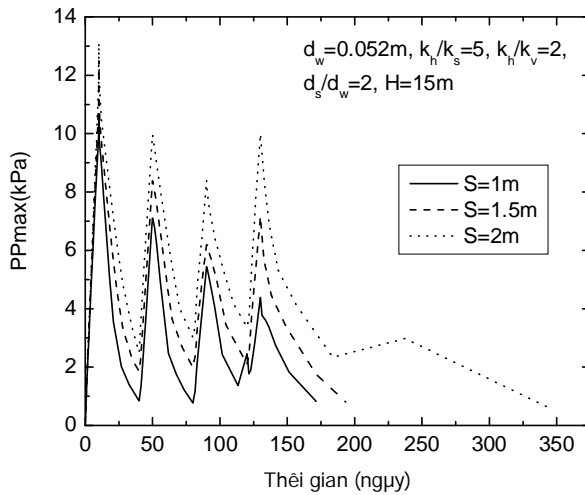
Hình 13. Ảnh hưởng của chiều sâu bấc thấm đối với áp lực nước lỗ rỗng dư lớn nhất

5.2 Ảnh hưởng của khoảng cách bậc thấm

Ảnh hưởng của khoảng cách bậc thấm đối với độ lún của nền được phân tích bằng cách thay đổi khoảng cách bậc thấm, $S=1; 1,5; 2\text{m}$ trong khi giữ nguyên các thông số khác ($d_w=0,052\text{m}$, $k_h/k_s=5$, $k_h/k_v=2$, $d_s/d_w=2$). Kết quả tính toán trên Hình 14 và 15 lần lượt cho thấy khi khoảng cách bậc thấm giảm thì độ lún nền tăng không đáng kể, tuy nhiên, áp lực nước lỗ rỗng dư tiêu tán nhanh.



Hình 14. Ảnh hưởng của khoảng cách bậc thấm đối với độ lún của nền



Hình 15. Ảnh hưởng của khoảng cách bậc thấm đối với áp lực nước lỗ rỗng dư lớn nhất

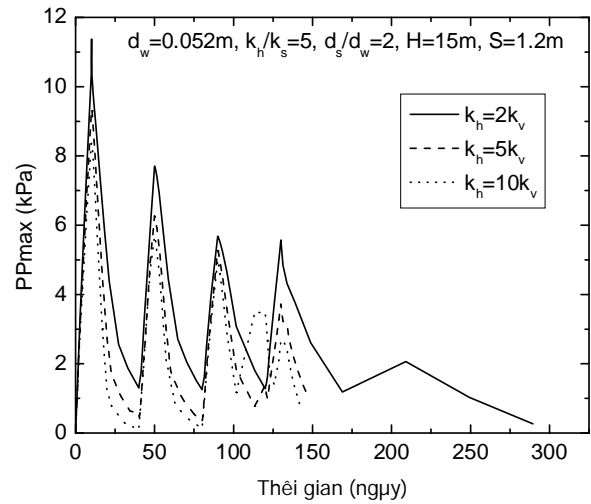
5.3 Ảnh hưởng của hệ số thấm ngang

Ảnh hưởng của hệ số thấm ngang k_h đối với độ lún của nền được phân tích bằng cách

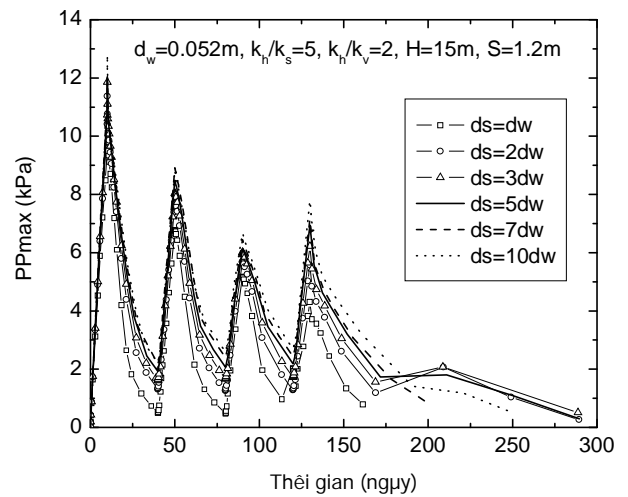
thay đổi giá trị hệ số thấm ngang, $k_h=2k_v, 5k_v,$ và $10k_v$ trong khi giữ nguyên các thông số khác.

Kết quả mô phỏng cho thấy đất nền có hệ số thấm ngang lớn thì áp lực nước lỗ rỗng dư trong nền tiêu tán nhanh (Hình 16).

5.4 Ảnh hưởng của độ xáo trộn



Hình 16. Ảnh hưởng của hệ số thấm ngang đối với áp lực nước lỗ rỗng dư lớn nhất



Hình 17. Ảnh hưởng của độ xáo trộn khi thi công đối với áp lực nước lỗ rỗng dư lớn nhất

Ảnh hưởng xáo trộn khi thi công bậc thấm đối với độ lún của nền và áp lực nước lỗ rỗng dư được xét với các giá trị độ xáo trộn $d_s/d_w=2; 3; 5; 7; 10$ trong khi giữ không đổi các giá trị khác, và so sánh với trường hợp không xáo trộn

($d_s/d_w=1$). Hình 17 cho thấy độ xáo trộn nhỏ thì áp lực nước lỗ rỗng trong nền có trị số nhỏ và tiêu tán nhanh hơn. Các kết quả tính áp lực nước lỗ rỗng dư trong trường hợp xáo trộn đều cho thấy giá trị lớn hơn giá trị tương ứng trong trường hợp không xáo trộn.

5.5 Ảnh hưởng của hệ số thấm trong vùng xáo trộn

Ảnh hưởng của hệ số thấm trong vùng xáo trộn đối với độ lún của nền và áp lực nước lỗ rỗng dư được xét với các giá trị $k_h/k_s=2; 3; 5; 7; 10$ trong khi không thay đổi các thông số khác. Hình 18 cho thấy khi k_h/k_s lớn, tức là hệ số thấm trong vùng xáo trộn nhỏ thì áp lực nước lỗ rỗng dư trong nền lớn.

VI. KẾT LUẬN

Phương pháp xử lý nền bằng thiết bị thoát nước thẳng đứng kết hợp vại địa kỹ thuật gia cố mái đắp có thể làm tăng tốc độ lún, tăng ổn định tổng thể và đẩy nhanh tiến độ xây dựng.

Nghiên cứu bài toán thực tế xử lý nền đất yếu bằng bác thấm tại công trình đường cao tốc Cầu Giẽ-Ninh Bình, đoạn Km232+00÷238+00, bằng phương pháp phần tử hữu hạn cho thấy ảnh hưởng rõ rệt của bác thấm đến tốc độ cố kết của nền (Nguyễn Hồng Trường, 2010).

Nghiên cứu ảnh hưởng riêng rẽ của các tham số như chiều sâu bác thấm ($H=5; 7; 10; 15; 20; 25$ m), khoảng cách bác thấm ($S=1; 1,2; 1,5; 2$ m), hệ số thấm ngang ($k_h=2k_v; 5k_v; 10k_v$), độ xáo trộn ($d_s/d_w=2; 3; 5; 7; 10$) và hệ số thấm trong vùng xáo trộn ($k_h/k_s=2; 3; 5; 7; 10$) đối với công trình nói trên cho thấy:

TÀI LIỆU THAM KHẢO

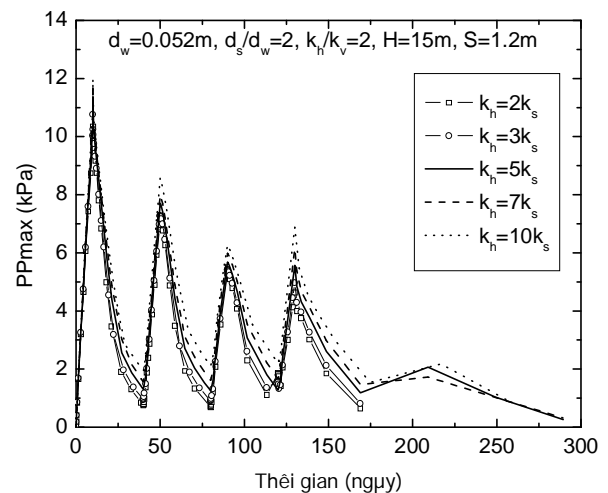
- 1) Barron, R.A. (1948). Consolidation of fine-grained soils by drain wells. Trans. ASCE, 113 (Paper 2346), pp. 718-742.
- 2) Brinkgreve, R. B. J. (2002). Plaxis 2D-Version 8 Manual, Balkema.
- 3) Carrillo, N. (1942). Simple two and three dimensional cases in the theory of consolidation of soils. J. Math. and Phys., Vol. 21, No.1, pp.1-5.
- 4) Chai J-C., Shen S-L., Miura N. and Bergado, D.T. (2001). Simple Method of Modeling PVD- Improved Subsoil, J. Geot. and geoenviron. eng., Vol. 127, No.11, pp. 965-972.

Khi chiều sâu bác thấm tăng, tốc độ cố kết tăng. Tuy nhiên, khi chiều sâu bác lớn hơn 15m thì tốc độ cố kết tăng không lớn.

Khi chiều sâu bác thấm nhỏ hơn 15m, ảnh hưởng của việc giảm khoảng cách bác thấm đến tăng tốc độ cố kết nền là đáng kể.

Đất nền có hệ số thấm ngang lớn thì tốc độ cố kết nhanh. Độ xáo trộn do việc thi công bác thấm làm tăng áp lực nước lỗ rỗng dư trong nền. Hệ số thấm trong vùng xáo trộn lớn làm tiêu tán nhanh áp lực nước lỗ rỗng dư trong nền. Ảnh hưởng này rõ nét hơn khi đất nền có hệ số thấm ngang lớn so với hệ số thấm đứng.

Các kết quả mô phỏng trong nghiên cứu hiện tại cần được so sánh với các kết quả đo đạc hiện trường để kiểm chứng tính chính xác của của kết quả phân tích.



Hình 18. Ảnh hưởng của hệ số thấm trong vùng xáo trộn đối với áp lực nước lỗ rỗng dư lớn nhất

- 5) Hansbo S. (2005). Experience of Consolidation Process from Test Areas with and without Vertical Drains, In Ground improvement case histories, ed. by Indraratna B. and Chu J., Elsevier.
 - 6) Hansbo S. (1981). Consolidation of fine-grained soils by prefabricated drains. Proc. 10th Int. Conf. Soil Mech., Stockholm, Vol. 3, Paper 12/22. pp. 677-682.
 - 7) Hird, C.C., Pyrah, I.C., Russell, D. (1992). Finite element modeling of vertical drains beneath embankments on soft ground. Geotechnique, Vol. 42 No.3, pp. 499–511.
 - 8) Indraratna B. et al. (2005). Theoretical and Numerical Perspectives and Field Observations for the Design and Performance Evaluation of Embankments Constructed on Soft Marine Clay, In Ground improvement case histories, ed. by Indraratna B. and Chu J., Elsevier.
 - 9) Indraratna, B., and Redana, I. W. (1997). Plane strain modeling of smear effects associated with vertical drains. J. Geotech. Eng., ASCE, 123(5), pp.474 - 478.
- Nguyễn Hồng Trường (2010). Nghiên cứu giải pháp xử lý nền đất yếu bằng thiết bị thoát nước thẳng đứng, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Đại học Thủy lợi.

Abstract:

**STUDY ON THE TREATMENT METHOD OF SOFT SOIL GROUND BY
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN**

Assoc. Prof. Dr. Nguyen Hong Nam, Water Resources University
Me. Nguyen Hong Truong, Vietnam Academy for Water Resources

Study on the treatment method for soft soil ground by prefabricated vertical drain (PVD) was implemented based on the modeling of consolidating problems by finite element method with plane strain analysis, in which the equivalent value of vertical hydraulic conductivity was derived based on the equal average degree of consolidation under the 1D condition (Chai et al., 2001). Effects of parameters such as PVD's depth, distance, horizontal hydraulic conductivity of soils, smear, and hydraulic conductivity of the smeared soil were found significant when applicable for a case study of Cau Gie-Ninh Binh highway project. The simulation results showed that the degree of consolidation increased when the PVD depth increased, PVD distance decreased, horizontal hydraulic conductivity increased, the smear reduced, and the hydraulic conductivity of the smeared soil decreased. However, when the PVD depth was greater than 15m, the effect was found not significant. The effect was more obvious when the value of horizontal hydraulic conductivity was greater than that of the vertical one.