

**TỐI ƯU HÓA KHOẢNG CÁCH BỐ TRÍ BẮC THẨM TRONG XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU**

Nguyễn Văn Tuấn<sup>1</sup>, Phạm Quang Tú<sup>2</sup>, Phan Huy Đông<sup>3</sup>

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày kết quả tính toán thiết kế xử lý nền đất yếu trong đó tập trung vào lựa chọn khoảng cách bắc thẩm tối ưu. Ví dụ được áp dụng cho công tác xử lý nền tại Nhà máy xử lý khí Cà Mau, có so sánh với tính toán theo phương pháp thiết kế truyền thống. Kết quả tính toán chỉ ra rằng, khoảng cách bắc thẩm được xác định theo lý thuyết độ tin cậy có giá trị tối ưu là  $d=1,1m$ , trong khi đó phương pháp truyền thống cho khoảng cách bắc thẩm là  $d=1,2m$ .

**Từ khóa:** Xử lý nền đất yếu, lý thuyết độ tin cậy, bắc thẩm, rủi ro, thời gian xử lý nền.

**1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Hiện nay, việc tính toán xử lý nền bằng bắc thẩm thoát nước được áp dụng theo tiêu chuẩn TCVN 9355:2013 – phương pháp tắt định. Theo phương pháp này các giá trị thiết kế của tải trọng, các thông số đất nền, bắc thẩm,... được xem là hằng số, có thể là giá trị trung bình hoặc giá trị lấy theo xác suất thống kê. Thực tế, các thông số đầu vào có thể biến đổi ngẫu nhiên, chẳng hạn như các chỉ tiêu cơ lý của đất nền. Do vậy, việc thiết kế theo phương pháp tắt định có thể dẫn đến việc dự báo độ lún cuối cùng, thời gian cố kết sai lệch. Rủi ro trong việc chậm tiến độ, lún dư kéo dài và nhiều hơn dự báo có thể làm ảnh hưởng đến hiệu quả của dự án và gây thiệt hại lớn về kinh tế. Việc tìm ra được phương pháp tính toán thiết kế khắc phục được những nhược điểm của phương pháp truyền thống hết sức cần thiết, có ý nghĩa thực tiễn và ý nghĩa khoa học.

Phương pháp tính toán thiết kế theo lý thuyết độ tin cậy là phương pháp thiết kế theo xu hướng hiện đại, được nhiều nước tiên tiến trên thế giới áp dụng như Hà Lan, Đức, Anh, Na Uy,... (Tú P.Q, 2014). Theo phương pháp này, các thông số đầu vào được mô phỏng bằng quy luật phân phối của chúng và các biến đầu ra cũng có quy luật biến đổi nhất định. Ngoài ra,

tính toán rủi ro dựa trên các hàm tin cậy có thể được thiết lập cho từng phương án thiết kế, trên cơ sở đó người thiết kế sẽ lựa chọn được phương án thiết kế tối ưu.

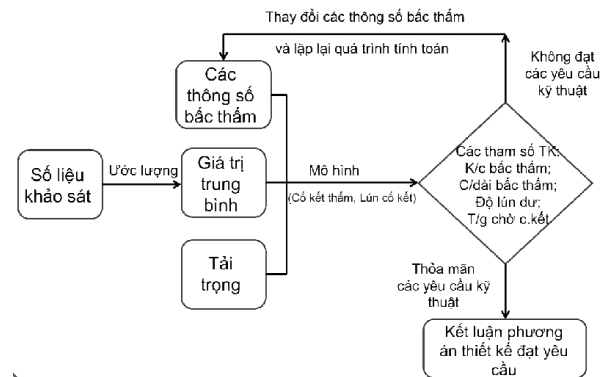
Bài báo tập trung phân tích rủi ro có thể gặp khi xử lý nền đất yếu như kéo dài thời gian chờ lún (bị phạt do chậm tiến độ), từ đó lựa chọn được phương án khoảng cách bắc thẩm tối ưu, ví dụ được áp dụng cho Nhà máy xử lý khí Cà Mau.

**2. LỰA CHỌN KHOẢNG CÁCH BẮC THẨM THEO PHƯƠNG PHÁP TẮT ĐỊNH**

**2.1. Trình tự tính toán theo phương pháp tắt định**

Nền đất yếu của Nhà máy xử lý khí Cà Mau được xử lý bằng bắc thẩm kết hợp hút chân không. Nguyên lý tính toán được áp dụng theo mô hình lý thuyết cố kết thấm Barron – Terzaghi.

Trình tự tính toán thiết kế xử lý nền đất yếu theo phương pháp tắt định được thể hiện qua hình 1:



Hình 1. Trình tự tính toán thiết kế xử lý nền đất yếu theo phương pháp tắt định

<sup>1</sup> Khoa Trắc địa-Địa chất, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh.

<sup>2</sup> Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi.

<sup>3</sup> Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.

Sau khi thu thập số liệu khảo sát đầu vào, các tham số được lựa chọn theo hướng dẫn của các tiêu chuẩn chuyên ngành với các giá trị tính toán hoặc tiêu chuẩn. Quy trình tính sẽ được lặp lại nhiều lần đến khi kết quả đạt yêu cầu, tham khảo Tuấn, N.V (2015) để xem phần tính toán chi tiết.

## 2.2. Kết quả tính toán và lựa chọn khoảng cách bắc thấm theo phương pháp tắt định

Khu vực Nhà máy xử lý khí Cà Mau có tầng đất yếu phân bố tới độ sâu 17-18m tính từ mặt đất tự nhiên, với diện tích cần xử lý là

157.254m<sup>2</sup> (TCT TVTK DK – CTCP, 2014). Do điều kiện địa chất phức tạp, tiến độ cho phép của công tác xử lý nền nền (150 ngày) nên phương án xử lý nền được lựa chọn là bắc thấm kết hợp hút chân không.

Số liệu đầu vào và các tham số dự án (Bảng 1) được sử dụng từ Báo cáo khảo sát địa chất cho giai đoạn thiết kế cơ sở (TCT TVTK DK – CTCP, 2014) và Báo cáo khảo sát địa hình và địa chất dự án nhà máy xử lý khí Cà Mau (TCT TVTK DK – CTCP, 2014).

**Bảng 1. Bảng tổng hợp chỉ tiêu cơ lý các lớp đất**

Lớp đất	Độ sâu đáy lớp (m)	Hệ số rỗng tự nhiên e <sub>0</sub>	Hệ số cố kết thẳng đứng C <sub>v</sub> (10 <sup>-3</sup> xcm <sup>2</sup> /s)	Chỉ số nén lún C <sub>c</sub>	Chỉ số phục hồi C <sub>s</sub>	Áp lực tiền cố kết p <sub>c</sub> kG/cm <sup>2</sup>	Hệ số cố kết theo phương đứng C <sub>h</sub> (10 <sup>-3</sup> xcm <sup>2</sup> /s)
F	1,93						
DD	3,53	1,622	0,646	0,436	0,240	0,380	1,292
1	11,53	1,802	0,272	0,675	0,219	0,499	0,544
1	20,73	1,943	0,306	0,918	0,128	0,773	0,612
2	22,43	0,821	0,562			-	1,124
6	40,43	0,929	0,562			-	1,124

Độ cố kết yêu cầu xử lý nền phải đạt ≥90%, thời gian xử lý nền không quá 150 ngày và độ lún dư không được vượt 20cm trong thời gian 15 năm khai thác.

Kết quả tính toán và lựa chọn khoảng cách bắc thấm được thể hiện qua bảng 2:

**Bảng 2. Kết quả tính toán và lựa chọn khoảng cách bắc thấm**

D (m)	S <sub>t</sub> (m)	U (%)	Kết luận
1,0x1,0	2,140	109,85	Quá cố kết
1,1x1,1	1,953	102,52	Quá cố kết
<b>1,2x1,2</b>	<b>1,770</b>	<b>95</b>	<b>Lựa chọn</b>
1,3x1,3	1,600	87,8	Không đạt
1,4x1,4	1,445	81	Không đạt

Trong đó:

d – khoảng cách giữa tim các bắc thấm;

S<sub>t</sub> – độ lún sau 150 ngày xử lý;

U – độ cố kết của nền dưới tải trọng khai thác sau thời gian xử lý.

## 2.3. Ưu điểm và nhược điểm của phương pháp tắt định

### a) Ưu điểm

- Theo tiêu chuẩn ban hành;
- Tính toán nhanh, đơn giản và dễ thực hiện.

### b) Nhược điểm

➢ Kết quả là một giá trị trung bình đại diện cho cả khu vực xử lý, nhưng thực tế (độ lún, thời gian xử lý) phải là tập giá trị có quy luật biến đổi nhất định;

➢ Không xét được các rủi ro của các phương án thiết kế;

## 3. LỰA CHỌN KHOẢNG CÁCH BẮC THẨM TỐI ƯU THEO LÝ THUYẾT ĐỘ TIN CẬY

### 3.1. Trình tự tính toán theo lý thuyết độ tin cậy

#### a) Nguyên lý chung

Lựa chọn khoảng cách bắc thấm tối ưu theo lý thuyết độ tin cậy được tiến hành tương tự như tính toán xử lý nền theo phương pháp truyền thống. Tuy nhiên, các tham số tính toán như chỉ tiêu cơ lý của đất nền, tải trọng... cần được xem xét dưới quy luật biến đổi ngẫu nhiên thực tế, từ

đó tìm ra xác suất đạt được độ cố kết, thời gian xử lý, và độ lún dư theo yêu cầu. Những rủi ro liên quan sẽ được đề cập và phân tích chi tiết để lựa chọn phương án tối ưu.

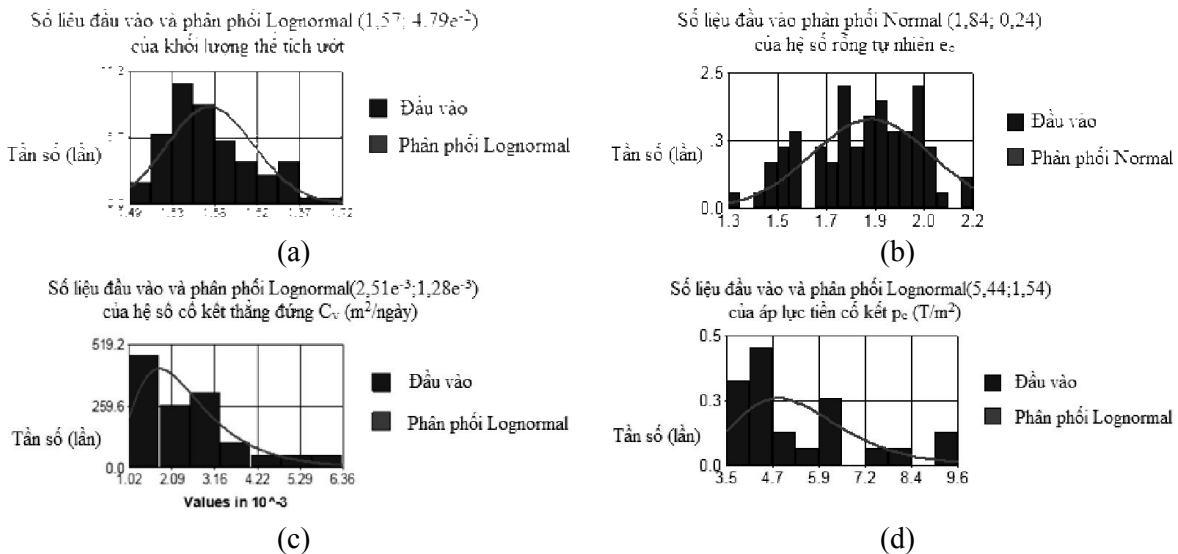
b) Tìm hàm phân phối của các số liệu đầu vào

Các thông số đầu vào trong bài toán xử lý nền đất yếu bằng bậc thấm gồm: các tính chất cơ lý của đất, địa tầng, tải trọng, các thông số bậc thấm, các yêu cầu kỹ thuật của dự án.

Trong các thông số này, ở đây các tác giả chỉ tìm quy luật phân phối của các chỉ tiêu cơ lý.

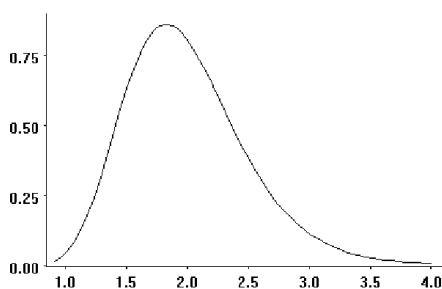
Các thông số còn lại để đơn giản hóa các tác giả coi chúng là các giá trị tất định và được lấy theo tài liệu *Báo cáo khảo sát địa chất cho giai đoạn thiết kế cơ sở* (TCT TVTK DK – CTCP, 2014), và *Báo cáo khảo sát địa hình và địa chất dự án nhà máy xử lý khí Cà Mau* (TCT TVTK DK – CTCP, 2014).

Để tìm được quy luật phân phối của các chỉ tiêu cơ lý các tác giả đã sử dụng công cụ BestFit, các hàm phân phối được thể hiện qua hình 2 với các thông số đặc trưng: loại phân bố, giá trị trung bình và độ lệch chuẩn.



Hình 2. Hàm phân phối xác suất của các tham số đầu vào  
 (a) Khối lượng thể tích nước; (b) Hệ số rỗng tự nhiên; (c) Hệ số cố kết thẳng đứng;  
 (d) Áp lực tiền cố kết

Thông thường, hệ số cố kết theo phương ngang  $C_h$  không được xác định trực tiếp bằng thí nghiệm mà được xác định thông qua tỉ số  $A$  ( $C_h = A \cdot C_v$ ). Tỉ số  $A$  được giả thiết tuân theo luật phân phối Lognormal (2,0; 0,5) như được trình bày trong hình 3.



Hình 3. Hàm phân phối của tỉ số  $A = C_h/C_v$

Sau khi tìm được hàm phân phối của các số liệu đầu vào, bước tiếp theo là mô phỏng các hàm phân phối đó của từng biến riêng biệt và các hàm mô tả hệ thống. Mỗi cơ chế riêng biệt có thể thiết lập các hàm tin cậy riêng, từ đó tìm xác suất xảy ra sự cố đơn lẻ cũng như cho toàn hệ thống.

Sử dụng thuật toán Monte Carlo với bước lặp khoảng  $10^7$  lần, các biến ngẫu nhiên được gieo theo các quy luật phân phối tìm được để tính toán cho các hàm thiết lập phía trên. Kết quả tính toán chi tiết trình bày trong phần sau.

### 3.2. Tính toán và kết quả

Các tác giả đã sử dụng phần mềm Matlab để

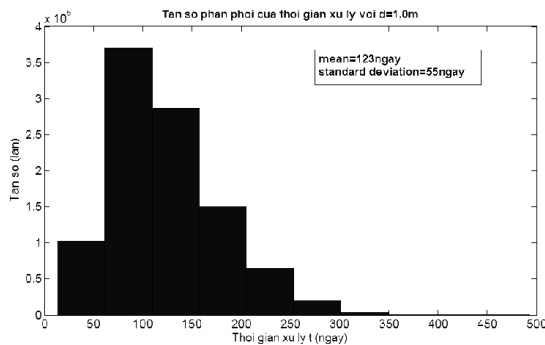
tính toán, với mô hình tính toán đã nêu như mục 2 (cố kết thắm Barron-Terzaghi).

Kết quả thu được là các tần số phân phối thời

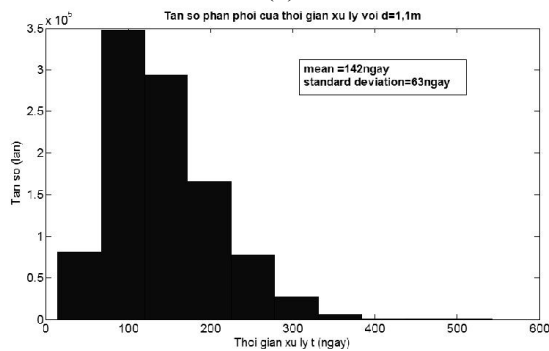
gian xử lý, độ lún sau xử lý. Thời gian xử lý với từng phương án khoảng cách bậc thắm được thể hiện qua bảng 3 và hình 4.

**Bảng 3. Kết quả thời gian xử lý theo lý thuyết độ tin cậy với các khoảng cách bậc thắm**

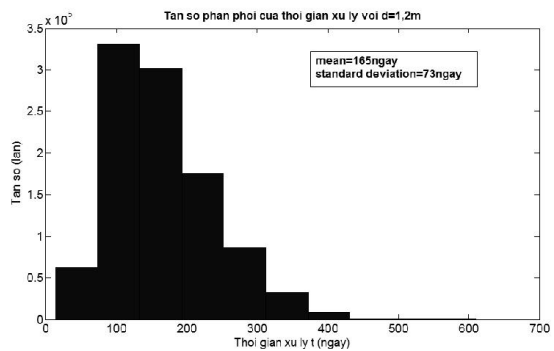
STT	Khoảng cách bậc thắm (m)	Giá trị trung bình của thời gian xử lý (ngày)	Độ lệch chuẩn của thời gian xử lý (ngày)	STT	Khoảng cách bậc thắm (m)	Giá trị trung bình của thời gian xử lý (ngày)	Độ lệch chuẩn của thời gian xử lý (ngày)
1	0,7	71	32	6	1,2	165	73
2	0,8	86	39	7	1,3	187	83
3	0,9	104	47	8	1,4	211	93
4	1,0	123	55	9	1,5	235	104
5	1,1	142	63	10	1,6	263	116



(a)



(b)



(c)

*Hình 4. Tần số phân phối của thời gian xử lý nền với khoảng cách bậc thắm khác nhau.*

*(a) d=1,0m; (b) d=1,1m; (c) d=1,2m*

### 3.3. Phân tích rủi ro thời gian xử lý vượt quá thời gian cho phép

Gồm có các bước sau:

#### a) Mô tả hệ thống

Trong hệ thống thời gian xử lý gồm các thành phần sau:

➤ Mô hình tính toán: Đây là thành phần bất định do thiếu hiểu biết đầy đủ về quá trình cố kết của đất nền, vì vậy ta chấp nhận các mô hình cố kết thắm của Terzaghi (1925), Barron (1948) và của Carillo (1942).

➤ Thành phần độ cố kết theo phương đứng

$U_v$ : trong thành phần này còn có các thành phần khác như hệ số cố kết theo phương đứng  $C_v$ , chiều dày lớp cố kết;

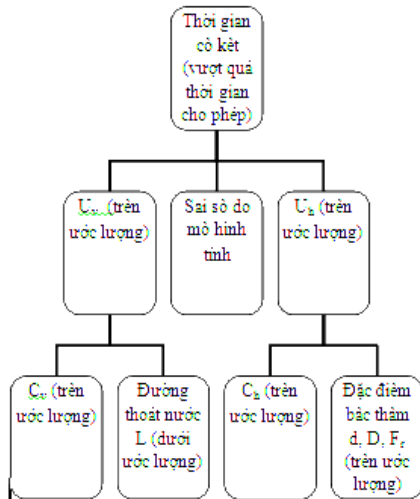
➤ Thành phần độ cố kết theo phương ngang

$U_h$ : trong thành phần này còn có các thành phần khác như hệ số cố kết theo phương ngang  $C_h$ , khoảng cách bậc thấm;

Ba thành phần này trong hệ thống thời gian xử lý có quan hệ độc lập với nhau, tuy nhiên nó có ảnh hưởng lớn đến kết quả thời gian xử lý của đất nền.

**b) Cây sự cố thời gian xử lý vượt quá thời gian cho phép**

Từ việc phân tích các thành phần và mối quan hệ của chúng trong hệ thống thời gian xử lý như mục a, hình 5 thể hiện cây sự cố thời gian xử lý vượt quá thời gian cho phép.



Hình 5. Sơ đồ cây sự cố thời gian xử lý vượt quá thời gian cho phép

**c) Hàm tin cậy của thời gian xử lý**

Hàm tin cậy của thời gian xử lý được xác định theo công thức sau:

$${}^i g_{time} = {}^i t_c - t_{lim} \quad (1)$$

Trong đó:

${}^i g_{time}$  – Là hàm tin cậy thứ i của thời gian xử lý thứ i;

${}^i t_c$  – Là thời gian cần xử lý thứ i ứng với mỗi khoảng cách bậc thấm  $d_i$ ;

$t_{lim}$  – Là thời gian giới hạn cho phép để xử lý nền đất yếu.  $t_{lim} = 150$  ngày.

Các tác giả đã tính toán trên các khoảng cách bậc thấm  $d=0,7m$ ;  $d=0,8m$ ;  $d=0,9m$ ;  $d=1,0m$ ;

$d=1,1m$ ;  $d=1,2m$ ;  $d=1,3m$ ;  $d=1,4m$ ;  $d=1,5m$ ;  $d=1,6m$ . Do vậy, đã tìm được các hàm tin cậy thời gian xử lý tương ứng với  $d$ .

**d) Rủi ro thời gian xử lý vượt quá thời gian cho phép**

Khi thời gian cần xử lý (để đạt độ cố kết  $U > 90\%$ ) vượt quá thời gian cho phép, nghĩa là các hàm tin cậy của thời gian xử lý  ${}^i g_{time} > 0$ . Nếu điều này xảy ra thì Nhà thầu sẽ bị phạt tài chính do bị chậm tiến độ, và gọi là rủi ro chậm tiến độ. Rủi ro này được tính theo công thức sau:

${}^i Risk_{time} = (\text{Số ngày vượt quá với khoảng cách bậc thấm } d_i) * (\text{tiền phạt/ngày})$

Hay

$${}^i Risk_{time} = B \int_{t_{lim}}^{\infty} (t_c - t_{lim}) f(t_c) d(t_c) \quad (2)$$

Trong đó:

${}^i Risk_{time}$  – Chi phí rủi ro với khoảng cách bậc thấm  $d_i$ ;

$B$  – Là tiền phạt một ngày chậm tiến độ. Theo hợp đồng của dự án (TCT Khí VN – CTCP, 2015)  $B = 259$  triệu đồng/ngày;

${}^i t_c$  – Là thời gian cần xử lý với khoảng cách bậc thấm  $d_i$ ;

$t_{lim}$  – Là thời gian cho phép xử lý  $t_{lim} = 150$  ngày;

$f(t_c)$  – Là hàm mật độ xác suất của thời gian cần xử lý  ${}^i t_c$ .

Các tác giả đã tính toán trên các khoảng cách bậc thấm  $d=0,7m$ ;  $d=0,8m$ ;  $d=0,9m$ ;  $d=1,0m$ ;  $d=1,1m$ ;  $d=1,2m$ ;  $d=1,3m$ ;  $d=1,4m$ ;  $d=1,5m$ ;  $d=1,6m$ .

**3.4. Tối ưu trong lựa chọn khoảng cách bậc thấm**

Với mỗi phương án khoảng cách bậc thấm sẽ có:

➤ **Chi phí trực tiếp**<sup>1</sup> (mua và thi công cắm bậc thấm trên diện tích  $157.254m^2$ , chiều sâu cắm bậc thấm 19m) được tính theo công thức (3):

$${}^i Cost_{direct} = \frac{1}{d_i} * Cost_{d=1} \quad (3)$$

Trong đó:

${}^i Cost_{direct}$ : chi phí trực tiếp thực hiện phương án khoảng cách bậc thấm  $d_i$ ;

$d_i$ : khoảng cách bậc thấm thứ i;

<sup>1</sup> Chi phí trực tiếp không tính đến chi phí xử lý nền khác như cát đắp, vận hành hệ thống bơm hút...

$Cost_{d=1}$ : chi phí trực tiếp thực hiện với khoảng cách bắc thấm  $d=1m$ .

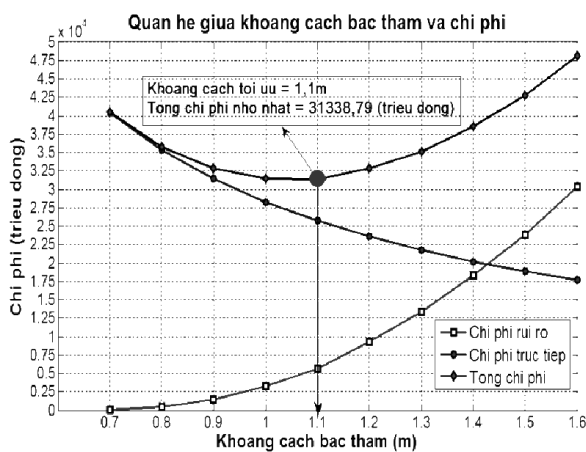
➤ **Chi phí rủi ro bị phạt<sup>2</sup>** (khi thời gian xử lý vượt quá thời gian cho phép), tính theo công thức (2)

**Tổng chi phí** = Chi phí trực tiếp + Chi phí rủi ro (4)

Tối ưu lựa chọn khoảng cách bắc thấm nghĩa là **lựa chọn  $d$  sao cho tổng chi phí là nhỏ nhất**

Với nguyên lý này các tác giả đã xây dựng được biểu đồ thể hiện các chi phí và lựa chọn được phương án tối ưu.

Từ Hình 6 lựa chọn được **khoảng cách bắc thấm tối ưu là  $d = 1,1m$** .



Hình 6. Quan hệ khoảng cách bắc thấm và các chi phí

#### 4. THẢO LUẬN

Lựa chọn khoảng cách bắc thấm là yêu cầu đầu tiên trong bài toán xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm. Thông thường, kỹ sư thiết kế lựa chọn và thử dần khoảng cách này để tính toán theo các chỉ dẫn trong các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành.

Bằng việc tổng hợp cả chi phí rủi ro khi tính toán sai, thể hiện qua các thiệt hại khác mà Nhà thầu có thể gặp phải, bài toán đi sâu phân tích và chỉ ra rằng:

Nếu tính theo phương pháp truyền thống (PA1), chi phí trực tiếp là 23.560 triệu đồng

Và phương án theo lý thuyết độ tin cậy

<sup>2</sup> Chi phí rủi ro không tính đến các thiệt hại khác cho nhà thầu mà chỉ tính chi phí bị phạt do kéo dài thời gian chờ đất nền cố kết.

(PA2), mật độ bắc thấm dày hơn, chi phí trực tiếp là 25.700 triệu đồng.

Nếu đơn thuần lựa chọn theo chi phí trực tiếp thì ta lựa chọn phương án bắc thấm có khoảng cách 1,2m theo PA1 vì có chi phí thấp hơn. Tuy nhiên rủi ro của PA1 lại cao hơn PA2 ( $d=1,1m$ ), cụ thể như sau: rủi ro của PA1( $d=1,2m$ ) là 9.270 triệu đồng và rủi ro của PA2 ( $d=1,1m$ ) là 5.690 triệu đồng.

Sự sai khác giữa hai phương pháp này là có thể do việc ước lượng giá trị  $C_v$  trong tính toán theo phương pháp truyền thống thường là giá trị trung bình. Việc mô phỏng hệ số cố kết theo các quy luật phân phối ngẫu nhiên thể hiện được sự biến đổi chỉ tiêu này trong không gian; do vậy, kết quả dự báo theo xác suất phân bố của  $C_v$  tin cậy hơn.

Như vậy, việc lựa chọn khoảng cách bắc thấm có thể thử dần nhưng chứa đựng nhiều rủi ro. Phương pháp tiếp cận mới được giới thiệu để lựa chọn khoảng cách bắc thấm thận trọng hơn, có xét đến các rủi ro và bất định trong đất nền.

### 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

#### 5.1. Kết luận

➤ Khoảng cách bắc thấm theo phương pháp tất định  $d=1,2m$  còn theo lý thuyết độ tin cậy  $d=1,1m$ . Nếu lựa chọn  $d=1,2m$  theo phương pháp truyền thống thì chi phí rủi ro gặp phải có thể lên tới 9.270 triệu đồng so với giá trị tương ứng chỉ có 5.690 triệu đồng của phương án tính theo lý thuyết độ tin cậy.

➤ Lý thuyết độ tin cậy có thể ứng dụng để lựa chọn khoảng cách bắc thấm để tối ưu hóa bài toán kinh tế - kỹ thuật.

#### 5.2. Kiến nghị

Qua nghiên cứu này các tác giả có một số kiến nghị sau:

➤ Đẩy mạnh nghiên cứu và phát triển tính toán thiết kế theo phương pháp ngẫu nhiên, đặc biệt là trong các phân tích địa kỹ thuật – khi các tham số đầu vào thường có biến thiên lớn;

➤ Bài toán chỉ xét được ảnh hưởng của một số nhân tố liên quan đến bài toán xử lý nền bằng bắc thấm như hệ số cố kết, tỷ số hệ số cố kết theo phương ngang và phương đứng, tỷ số hệ số thấm trước và sau khi cắm bắc thấm. Các tham

số khác như sự biến thiên của bề dày các lớp đất, các rủi ro trong quá trình thi công bậc thấm, gia tải... chưa được xét đến trong bài toán này. Các nghiên cứu tiếp theo cần tiếp tục đánh giá

những ảnh hưởng này cũng như mối tương quan giữa chúng. Bên cạnh đó, kết quả quan trắc và tài liệu khảo sát sau xử lý nền là thông số quan trọng kiểm chứng lại mô hình tính toán.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

TCVN 9355:2013, *Gia cố nền đất yếu bằng bậc thấm – thiết kế, thi công và nghiệm thu*, Bộ KH&CN, Hà Nội.

Phạm Quang Tú (2014), *Reliability analysis of the Red River Dike system in Viet Nam* (PhD Thesis), TU Delft, Delft, the Netherlands.

Nguyễn Văn Tuấn (2015). *Độ tin cậy cho giải pháp xử lý nền bằng đất yếu bằng bậc thấm cho nhà máy xử lý khí Cà Mau*. (LV Thạc sỹ), ĐH Thủy Lợi.

Tổng Công ty tư vấn thiết kế dầu khí – CTCP (2014), *Báo cáo khảo sát địa chất cho giai đoạn thiết kế cơ sở (BB.G-VSP-PVE-SV-60-PL-REP-001)*, Hà Nội.

Tổng Công ty tư vấn thiết kế dầu khí – CTCP (2014), *Báo cáo khảo sát địa hình và địa chất dự án nhà máy xử lý khí Cà Mau*, Hà Nội.

Tổng Công ty khí Việt Nam – CTCP (2015), *Hợp đồng san lấp và xử lý nền dự án đầu tư xây dựng công trình nhà máy xử lý khí Cà Mau*, Hà Nội.

Barron, R. (1948). *The influence of drain wells on the consolidation of fine-grained soils*. Diss., Providence, US Eng. Office.

Carrillo, N. (1942). *Simple two and three dimensional case in the theory of consolidation of soils*. Journal of Mathematics and Physics, 21(1), 1-5.

Terzaghi, K. (1925). *Principles of soil mechanics, IV-Settlement and consolidation of clay*. Engineering News-Record, 95(3), 874-878.

### Abstract:

### THE OPTIMIZATION ANALYSIS OF DRAIN SPACING IN SOFT SOIL IMPROVEMENT

*This paper presents the calculation of soft soil improvement by probabilistic-based method, focusing on the optimal determination of drain spacing. The case study is selected for the soft soil improvement work at Ca Mau Gas Processing Plant and compare with the conventional approach. The result shows the optimal drain spacing determined by probabilistic-based approach is 1,1m whereas that of the conventional approach is 1,2m.*

**Keywords:** Soft soil improvement, probabilistic-based design, drains, risk, consolidation time.

---

*BBT nhận bài: 09/8/2016*

*Phản biện xong: 21/9/2016*