

# Nghiên cứu xác định sức chịu tải của nền đất gia cố bằng trụ đất xi măng áp dụng cho công trình cầu đường

ThS. PHẠM VĂN HUỲNH

Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

**Tóm tắt:** Sử dụng trụ đất xi măng xử lý nền đất yếu hoặc làm nền móng cho các công trình xây dựng ngày càng phổ biến. Quan điểm tính hiện nay chưa làm rõ các cơ sở lý thuyết ứng suất giới hạn nên thường giả định miền phá hoại để xây dựng các công thức xác định sức chịu tải. Bài báo phân tích những tồn tại khi xác định cường độ giới hạn của nền đất gia cố bằng trụ đất xi măng, từ đó nghiên cứu xây dựng mô hình bài toán xác định sức chịu tải của nền đất gia cố bằng trụ đất xi măng.

**Abstract:** Using soil cement column to stabilize soft soil or making the foundation of constructions become more popular. However, the currently calculating viewpoints not clarify the theoretical basis of limited stress so that a assumption of failure zone is proposed to build formula for determining the load capacity. This paper analyzes the shortcomings in calculating the limited strength of soil stabilized with cement column, since then building a mathematic model to identify the bearing capacity of soil stabilized with cement soil column.

## 1. Đặt vấn đề

Sức chịu tải là một chỉ tiêu kỹ thuật đặc biệt quan trọng để đánh giá khả năng chịu lực của nền đất được xử lý. Để xác định sức chịu tải của nền đất gia cố bằng trụ đất xi măng, tùy theo loại đất cần xử lý, tính chất tải trọng, loại vật liệu xử lý, công nghệ... Tính toán hiện nay thường áp dụng cho một giải pháp gia cố cụ thể, các phân tích về cơ sở lý thuyết giới hạn còn hạn chế nên khó áp dụng cho các trường hợp gia cố tương tự.

Nội dung bài báo phân tích tính toán sức chịu tải của nền đất gia cố bằng trụ mềm hoặc nửa cứng hiện nay. Khi xem đất yếu và trụ là vật liệu chịu nén, khả năng chịu uốn kém và nền được gia cố không đồng nhất theo chiều ngang (hệ nền - trụ), theo điều kiện bổ sung ổn định của nền đất - cực tiểu của ứng suất tiếp lớn nhất (viết tắt là  $\min \tau_{\max}$ ) [1], áp dụng phương pháp phân tích giới hạn và các điều kiện cân bằng giới hạn, tác giả xây dựng các phương trình và các điều kiện ràng buộc của bài toán. Sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn để giải và lập trình bằng phần mềm Matlab xác định sức chịu tải của hệ nền - trụ.

## 2. Bài toán xác định sức chịu tải của nền đất gia cố bằng trụ đất xi măng hiện nay

Theo tính toán của một số nước châu Âu, điển hình là Thụy Điển, Phần Lan:

Đầu tiên áp dụng cho trụ vôi, sau bổ sung và mở rộng cho trụ đất xi măng xử lý đất yếu là đất sét, bùn sét [2, 4].

Tải trọng giới hạn xác định dựa vào độ bền kháng cắt của đất yếu quanh trụ và của vật liệu trụ, đồng thời quan sát thí nghiệm với từng hình thức gia cố sau.

*Gia cố bằng trụ đơn:*

+ Khi đất bị phá hoại theo mặt trượt của lớp đất yếu bao xung quanh trụ hoặc phá hoại lớp đất yếu ở chân trụ, tải trọng giới hạn  $P_{ghc}$  được giả định như sau:

$$P_{ghc} = A_c (3,5C_c + 3\sigma_n) \quad (1)$$

Trong đó:  $D_c, L_c$  - Tương ứng là đường kính, chiều dài trụ;  $C_{us}$  - Độ bền cắt không thoát nước của đất sét yếu xung quanh trụ.

+ Khi vật liệu trụ bị phá hoại nở hông và xuất hiện các khe nứt dọc thân trụ, tải trọng giới hạn ( $P_{ghc}$ ) xác định từ giả định trụ bị phá hoại tại vùng bị động, với giả thiết góc ma sát trong của trụ bằng góc ma sát trong của đất yếu và bằng  $30^\circ$ :

$$P_{ghc} = A_c (3,5C_c + 3\sigma_n) \quad (2)$$

Với  $\sigma_n = \sigma_p + 5C_{us}$

Trong đó:  $A_c, C_c, \sigma_n$  - Lần lượt là diện tích tiết diện trụ, lực dính trụ và áp lực ngang tổng cộng tác dụng lên trụ tại mặt cắt giới hạn;  $\sigma_p$  - Áp lực tổng của lớp phủ bên trên.

*Gia cố bằng nhóm trụ:*

Xem trụ mềm hoặc nửa cứng (có trị số độ bền cắt không thoát nước không vượt quá 150 kPa). Quy đổi một đơn nguyên nền - trụ có kích thước  $s \times s$  (trong đó  $s$  - Khoảng cách giữa các tim của trụ). Xác định độ bền kháng cắt của hệ nền - trụ ( $C_u$ ) theo tỷ diện tích

$$a_c = \frac{A_c}{s^2}; \quad C_u = a_c C_{uc} + (1 - a_c) C_{us} \quad (3)$$

Trong đó:  $a_c$  - Tỷ diện tích trụ ( $A_c$ ) thay thế trong một đơn nguyên hệ nền - trụ tính toán ( $s \times s$ );  $C_c$  - Độ bền cắt không thoát nước của trụ. Từ độ bền cắt quan sát, có:

*Trường hợp một:* Phá hoại toàn bộ khối nền - trụ (tương tự như phá hoại đất yếu xung quanh trụ đơn), xác định được tải trọng giới hạn như sau:

$$Q_{gh, n\text{hom}} = 2C_u L_c (B + L) + (6 \div 9) C_u BL \quad (4)$$

Trong đó:  $B, L$  - Chiều rộng, chiều dài tương ứng của khối nền - trụ.

*Trường hợp hai:* Phá hoại theo dạng mặt trượt cung tròn ở rìa khối, đặc biệt khi các trụ bố trí thưa, khả năng chịu tải phá hoại rìa cục bộ:

$$q_{gh, cucbo} = 5,5C_{tb} (1 + 0,2 \frac{b}{l}) \quad (5)$$

Trong đó:  $b, l$  - Chiều rộng, chiều dài vùng chịu tải cục bộ tương ứng;  $C_{tb}$  - Độ bền cắt trung bình dọc theo bề mặt phá hoại giả định, tính như tính  $C_c$  (công thức 3) hoặc tính theo điều kiện ổn định mái dốc.

### Theo tiêu chuẩn thành phố Thượng Hải – Trung Quốc (DBJ08-40-94) [5]

Tải trọng cho phép của bài toán gia cố bằng trụ đơn và bằng nhóm trụ xác định dựa vào thực nghiệm. Trường hợp khác có thể áp dụng các công thức bán thực nghiệm.

+ Tải trọng cho phép bài toán trụ đơn ( $P_{cf}$ ), xác định theo điều kiện ma sát thành bên và điều kiện chịu lực mũi trụ của đất tự nhiên dưới trụ:

$$P_{cf} = U_p \sum q_{si} l_i + \alpha q_m F_c \quad (6)$$

Trong đó:  $F_c$  - Diện tích mặt cắt của cọc (m<sup>2</sup>);  $U_p$  - chu vi cọc (m);  $q_{si}$  - Lực ma sát cho phép của lớp đất thứ  $i$  xung quanh cọc. Đối với đất bùn có thể lấy 5-8 kPa; đối với đất lùn bùn có thể lấy 8-12 kPa; đối với đất sét có thể lấy 12-15 kPa;  $l_i$  - Chiều dày của lớp đất thứ  $i$  xung quanh cọc (m);  $q_m$  - Lực chịu tải (kPa) của đất móng thiên nhiên mũi cọc;  $\alpha$  - Hệ số triết giảm lực chịu tải của đất móng thiên nhiên ở mũi cọc, có thể lấy 0,4-0,6.

+ Tải trọng cho phép bài toán nhóm trụ ( $P_{cs}$ ), xác định từ tải trọng cho phép của trụ và đất yếu xung quanh trụ theo tỷ lệ diện tích  $a_c$  - Khi coi trụ mềm (nửa cứng) và quy đổi theo đơn nguyên nền - trụ như trường hợp các nước châu Âu:

$$P_{cs} = a_c P_{cf} + \beta(1 - a_c) P_s \quad (7)$$

Trong đó:  $P_s$  - Tải trọng cho phép của đất móng thiên nhiên giữa các trụ (kPa);

$\beta$  - Hệ số triết giảm lực chịu tải của đất giữa các trụ. Khi đất mũi trụ là đất yếu, có thể lấy 0,5 -1; khi đất mũi trụ là đất cứng, có thể lấy 0,1-0,4.

### Theo TCVN 9403 – 2012 - gia cố nền đất yếu bằng trụ đất xi măng [7]

Tiêu chuẩn dựa theo các chỉ dẫn thiết kế của Thụy Điển, Nhật Bản và Trung Quốc và cho rằng độ bền kháng cắt xác định bằng thí nghiệm nén ngang hoặc xác định theo công thức (3), sức chịu tải của trụ đơn được xác định theo thí nghiệm nén tĩnh trụ đơn [8] khi độ lún của trụ đạt 10%D<sub>c</sub> đối với nhóm trụ thì áp dụng thí nghiệm chất tải thật.

**Tóm lại:** khi xem trụ đất xi măng là trụ mềm hoặc nửa cứng, các quan điểm tính tải trọng giới hạn của Trung Quốc mở rộng hơn tính toán theo chỉ dẫn của châu Âu bởi các hệ số áp dụng. Về cơ bản cách tính đều được xây dựng theo công thức kinh nghiệm, thực nghiệm và chưa chỉ rõ theo lý thuyết tính tải trọng giới hạn nên rất khó áp dụng cho bài toán tương tự. Phần tiếp theo, tác giả xây dựng bài toán xác định sức chịu tải của hệ nền - trụ ở trên.

### 3. Xây dựng bài toán xác định sức chịu tải của nền đất gia cố bằng trụ đất xi măng

#### 3.1. Bài toán theo min $\tau_{max}$ xác định trạng thái ứng suất của nền đất

Điều kiện cân bằng tĩnh học của phân tử ứng suất đất trong môi trường (bài toán phẳng):

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} = 0 \\ \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} - \gamma = 0 \end{cases} \quad (8)$$

Trong đó:  $\sigma_x$ ,  $\sigma_z$ ,  $\tau_x$  - Ứng suất pháp theo chiều  $x$ , chiều  $z$  và ứng suất tiếp tương ứng của phân tử;  $\gamma$  - trọng lượng thể tích của đất.

Bổ sung điều kiện ổn định của nền đất theo min

$$\tau_{max}: \min \int_V \frac{1}{G} \tau_{max}^2 dV = \min \int_V \left[ \left( \frac{\sigma_x - \sigma_z}{2} \right)^2 + \tau_{xz}^2 \right] dV \quad (9)$$

Trong đó:  $\frac{1}{G} \tau_{max}^2$  - Thế năng biến dạng do ứng

suất tiếp lớn nhất gây ra;  $V$  - Thể tích khối đất nền,

là giới hạn miền lấy tích phân;  $G$  - Độ cứng hay mô đun trượt của đất.

Năm 1773 nhà khoa học Pháp Coulomb đã sử dụng sự tương tự của một khối đất trượt để xác định ứng suất tiếp giới hạn ( $\tau_{gh}$ ) - còn gọi là luật Coulomb:

$$\tau_{gh} = \sigma \tan \varphi + c \quad (10)$$

Trong đó:  $c$  - Lực dính đơn vị của đất;  $\varphi$  - Góc nội ma sát của đất.

Dưới tác dụng của tải trọng gây ra ứng suất tiếp trên mặt cắt qua tâm của phân tử đất, tải trọng tăng lên đến một lúc nào đó phân tử đất ở trạng thái giới hạn và hiện tượng mất ổn định được giải thích là do đất có ứng suất tiếp tại điểm đó bằng ứng suất giới hạn công thức (10)

$$f(k) = \sqrt{\left( \frac{\sigma_x - \sigma_z}{2} \right)^2 + \tau_{xz}^2} - \left( \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} \right) \sin \varphi - c \cos \varphi \leq 0 \quad (11)$$

Trong đó:  $f(k)$  - Giá trị bền Mohr - Coulomb;  $f(k) < 0$  - điều kiện bền Mohr - Coulomb, điểm ứng suất có  $f(k) = 0$  - điểm chảy dẻo Mohr - Coulomb.

Điều kiện (11) gọi là điều kiện chảy dẻo Mohr - Coulomb (gọi tắt là điều kiện Mohr - Coulomb)

Theo [1], khi sử dụng điều kiện (9) kết hợp với (8) và điều kiện bền Mohr - Coulomb xác định trường ứng suất chưa tới hạn của nền đất gia cố bằng trụ đất xi măng. Phần tiếp theo, tác giả sử dụng phương pháp phân tích giới hạn, kết hợp (9) với điều kiện ràng buộc (8), điều kiện Mohr - Coulomb (11) xây dựng bài toán xác định sức chịu tải của hệ nền - trụ.

#### 3.2. Phương pháp phân tích giới hạn

Phương pháp phân tích giới hạn (hay còn gọi là phương pháp biên dưới và biên trên) là phương pháp giải gần đúng để tìm giới hạn dưới và giới hạn trên của lời giải đúng [6, 9].

Trường hợp bài toán phân tích giới hạn xây dựng một trường ứng suất chấp nhận được về mặt tĩnh học, thỏa mãn điều kiện cân bằng mà không xét đến điều kiện tương thích dạng thì tải trọng phá hỏng thực chính là tải trọng lớn nhất của hệ cân bằng, hay còn gọi là giới hạn dưới (lân cận dưới của điểm phá hoại Mohr - Coulomb).

Trường hợp xây dựng một cơ chế phá hỏng về mặt động học, thỏa mãn điều kiện tương thích biến dạng mà không xét đến điều kiện cân bằng thì tải trọng phá hỏng thực là tải trọng nhỏ nhất của trường chuyển vị động học cho phép hay còn gọi là giới hạn trên (lân cận trên của điểm phá hoại Mohr-Coulomb).

#### 3.3. Xây dựng bài toán xác định sức chịu tải của nền đất gia cố bằng trụ đất xi măng

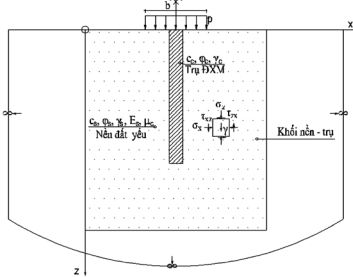
Mô hình bài toán phẳng:

Bài toán bán mặt phẳng vô hạn (Hình 1) có mặt thoáng nằm ngang chứa khối nền - trụ. Trong đó: Nền đất yếu có các chỉ tiêu cơ lý  $C_s$ ,  $\varphi_s$ ,  $\gamma_s$ . Gia cố bằng trụ đơn có kích thước  $D_c$ ,  $L_c$  các chỉ tiêu cơ lý  $C_c$ ,  $\varphi_c$ ,  $\gamma_c$ . Tải trọng thẳng đứng có cường độ  $p$ , phân bố trên bề rộng  $b$

Phương trình hàm mục tiêu  $Z$  xác định  $p$ :

$$Z = \int_V \frac{1}{G} \tau_{max}^2 dV - P = \frac{1}{G_c} \int_V \left[ \left( \frac{\sigma_x - \sigma_z}{2} \right)^2 + \tau_{xz}^2 \right] dV + \frac{1}{G_s} \int_V \left[ \left( \frac{\sigma_x - \sigma_z}{2} \right)^2 + \tau_{xz}^2 \right] dV - P \rightarrow \min \quad (12)$$

Trong đó:  $V, V_c, V_s$  ( $V_s = V - V_c$ ) - Thể tích khối nền - trụ, thể tích khối trụ và đất xung quanh trụ tương ứng;  $P$  - Giá trị lớn nhất của cường độ tải trọng ngoài để khối nền - trụ ở trạng thái giới hạn;  $\sigma_x^c, \sigma_z^c, \tau_x^c, \sigma_x^s, \sigma_z^s, \tau_x^s$  - Ứng suất pháp nén, ứng suất tiếp của trụ (c), của đất (s) xung quanh trụ tương ứng;  $G, G_c, G_s$  - Lần lượt là mô đun trượt của khối trụ nền - trụ, khối trụ, khối đất xung quanh trụ.



Hình 1: Mô hình bài toán nền đất gia cố bằng trụ đơn đất xi măng

Bài toán quy hoạch phi tuyến xác định sức chịu tải theo (12) phải đồng thời thỏa mãn các ràng buộc (8), (9), (11) và thỏa mãn các điều kiện sau:

Điều kiện về ứng suất của đất và trụ:  $\sigma_x \geq 0, \sigma_z \geq 0$

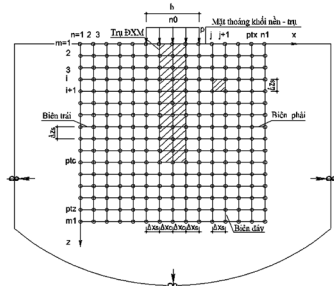
Khối nền - trụ phải thỏa mãn các điều kiện biến ứng suất: Các nút trên mặt thoáng không chịu tác dụng của tải trọng thì ứng suất  $\sigma_z = 0, \tau_x = 0, \sigma_x$  và các nút chịu tác dụng của tải trọng thì  $\sigma_z = p, \tau_x = 0, \sigma_x$  và  $p$  là ứng suất tới hạn phải tìm. Ứng suất  $\sigma_x, \tau_x$  của những nút nằm xa điểm đặt lực hai bên của khối tương ứng xấp xỉ nhau. Ứng suất nén  $\sigma_z$  gần đáy khối được lấy tăng dần theo chiều sâu theo trọng lượng bản thân đất, ứng suất  $\tau_x$  cũng xấp xỉ nhau.

Điều kiện mọi điểm trong khối nền - trụ đều có khả năng chảy dẻo: Viết dưới dạng bình phương tối thiểu như sau:

$$\frac{1}{G} \left( \sqrt{\left( \frac{\sigma_x - \sigma_z}{2} \right)^2 + (\tau_{xz})^2} - \left( \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} \right) \sin \varphi - c \cos \varphi \right)^2 \rightarrow \min \quad (13)$$

**3.4. Giải bài toán bằng phương pháp sai phân hữu hạn**

Bài toán xác định sức chịu tải của hệ nền - trụ được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn và lập trình trên ngôn ngữ Matlab [10]. Sơ đồ chia lưới sai phân (Hình 2):



Hình 2: Chia lưới sai phân bài toán xác định sức chịu tải hệ nền - trụ

Theo chiều x trụ được chia thành hai ô lưới có kích thước  $D_c = 2\Delta x_c$  và đất nền được chia đều với kích thước  $\Delta x_s$ ; theo chiều sâu z được chia đều với kích thước  $\Delta z_s$ .

Ô lưới được xác định bởi 4 nút  $(i, j), (i+1, j), (i+1, j+1)$  và  $(i, j+1)$  và có diện tích  $F = \Delta x \cdot \Delta z$ , mỗi điểm nút  $(i, j)$  của lưới sai phân có các thành phần ứng suất  $\sigma_x^{(i,j)}, \sigma_z^{(i,j)}, \tau_x^{(i,j)}$  tại tâm mỗi ô lưới ứng suất được lấy trung bình từ 4 nút của ô lưới đó.

Bài toán xác định được trạng thái ứng suất tại mọi điểm nút lưới, đồng thời xác định được đường đẳng bền ( $f(k) < 0$ ), đường trượt ( $f(k) = 0$ ), xác định sức chịu tải

của hệ nền - trụ.

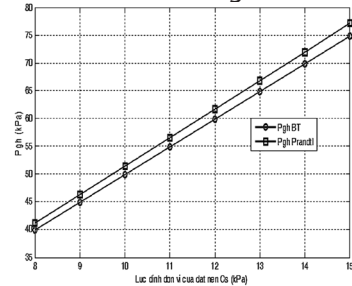
**4. Một số ví dụ tính toán**

**Bài toán 1:** Nền đất tự nhiên không xét tải trọng bản thân, lực dính đơn vị  $c_s$  (kPa), góc ma sát trong  $\varphi = 0^\circ$ ; tải trọng có bề rộng  $b = 0,6m$  và tác dụng thẳng đứng trên mặt bán không gian nền đất.

**Yêu cầu:** Khảo sát mối quan hệ giữa sức chịu tải theo lực dính đơn vị của đất  $c_s$  theo bài toán và theo kết quả của Prandtl?

Prandtl (1920) là người đầu tiên giải bằng giải tích cho trường hợp móng băng cứng có bề rộng  $b$ , có đáy móng trơn và nhẵn đặt trên nền không trọng lượng có lực dính đơn vị  $c_s$ . Dùng phương pháp phân tích giới hạn, ông xác định được các đường trượt và xác định  $P_{gh}^{trên} = P_{gh}^{dưới} = P_{gh} = 5,14 \cdot C_s$  (lời giải đúng), tuy nhiên không xác định được ứng suất ngoài vùng trượt [6].

Bài toán xây dựng, trong đó hệ nền đất có  $p_{tx} = 16 \times 17$ , kích thước ô lưới sai phân  $\Delta x = \Delta x = \Delta z = 0,3m$ . Trụ có  $D_c = 0,6m, L_c = 3,3m$ , với các chỉ tiêu độ bền cơ lý  $C_c, \varphi_c$  được thay bằng các chỉ tiêu cơ lý của đất nền. Bằng cách thay đổi lực dính  $c_s$  của nền đất tự nhiên, xác định được sức chịu tải, vùng biến dạng dẻo, vùng ổn định và so sánh với lời giải của Prandtl ở trên (Hình 3)



Hình 3: Đồ thị sức chịu tải của nền đất theo lực dính đơn vị (bài toán và Prandtl)

Kết quả cho thấy, sức chịu tải bài toán tăng gần như tuyến tính theo độ bền dính  $C_s$  của đất tự nhiên và đường đồ thị đi bám dưới sát so với đường đồ thị của Prandtl (sai số nhỏ hơn trung bình 2,9%). Như vậy, bài toán phản ánh đúng sức chịu tải tăng tuyến tính theo  $C_s$  (công thức 11) và sai khác rất nhỏ so với kết quả đúng.

**Bài toán 2:** Thí nghiệm nén tĩnh xử lý nền đất yếu bằng trụ đất xi măng gia cố nền đất yếu vùng Cà Mau [3]. Các thông số đặc trưng địa kỹ thuật lớp đất yếu 2 có  $\gamma_s = 1,69kN/m^3, C_s = 5,2kPa, \varphi_s = 4^\circ 03' = 4,05^\circ, G_s = 681kPa$ , độ sệt  $B_s = 1,1$ . Gia cố bằng trụ đơn có đường kính  $D_c = 0,8m$ , chiều dài  $L = 10m$ , các chỉ tiêu cơ lý của trụ  $\gamma_c = 1,64kN/m^3, C_c = 50kPa, \varphi_c = 40^\circ, G_c = 5769,23kPa$ . Tải trọng thẳng đứng cường độ  $p$  tác dụng tại tim hệ nền - trụ.

**Yêu cầu:** Xác định sức chịu tải của nền đất gia cố bằng trụ đất xi măng và so sánh đánh giá với kết quả xác định sức chịu tải từ thí nghiệm nén tĩnh trụ đơn?

Thí nghiệm nén tĩnh trụ đơn được thực hiện trên cơ sở tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9393 - 2012 "Cọc - Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục" [8].

Quan sát đồ thị tải trọng - chuyển vị đầu trụ, cho thấy điểm gãy chuyển vị  $w = 80,99mm$  (chuyển vị thay đổi đột ngột) ứng với tải trọng phá hoại  $Q_{ph} = 15$  tấn, khi đó sức chịu tải của trụ  $P_{gh} = Q_{ph} / A_c = 298,57kPa$  (Trong đó:  $A_c$  - Diện tích tiết diện trụ,  $A_c = \pi D_c^2 / 4 = 0,5024m^2$ ), thí nghiệm không chỉ rõ được các mặt trượt trong hệ nền trụ hoặc sự phân bố ứng suất khi phá hoại.

(Xem tiếp trang 24)

- Nếu là lũ có biểu đồ dạng hình thang, trong các thời điểm  $t$  tiếp theo của mưa sau khi  $t = t_0 + t_z = t_0 + \tau$  hay sau khi  $t_z = \tau$ , chỉ có một cặp giá trị  $(Q_t; W_{LS})$  trên đồ thị quan hệ  $Q_t - W_{LS}$  là đáp ứng sự cân bằng (10) với việc sử dụng công thức (13). Sự cân bằng đó được thỏa mãn cho đến khi kết thúc mưa. Sau đó, sự cân bằng của phương trình (10) trong khoảng thời gian lũ xuống chỉ có thể có được với việc sử dụng công thức (14) kết hợp với đồ thị quan hệ  $Q_t - W_{LS}$ .

### 6. Vấn đề lựa chọn cơn mưa cho tính toán tích lũy nước trước công trình

Như đã đặt vấn đề cho trường hợp có xét đến tích lũy nước trước công trình thoát nước ngang đường ô tô đối với lưu vực vừa và nhỏ, để tìm được cơn mưa tính toán cho mỗi lưu vực cụ thể, ta cần phải so sánh các biểu đồ dòng chảy của các cơn mưa với nhau.

Cơn mưa đầu tiên được chọn làm mốc so sánh, đó là cơn mưa cho lưu lượng tính toán cực đại hay cơn mưa cho diện tích biểu đồ dòng chảy dạng tam giác. Các cơn mưa sau nó có lưu lượng nhỏ hơn và cho biểu đồ dòng chảy dạng hình thang. Ta chỉ cần so sánh cơn mưa tiếp theo với cơn mưa tính trước đó, nếu diện tích biểu đồ dòng chảy tính được của nó nhỏ hơn biểu đồ dòng chảy của cơn mưa trước đó, ta dừng lại và lấy cơn mưa trước đó để nghiên cứu và xem xét sự cần thiết phải tính toán tích lũy nước trước công trình.

### 7. Kết luận

- Xây dựng biểu đồ dòng chảy, ngoài vấn đề để biết được quá trình lũ thì nó là cơ sở quan trọng để tìm ra cơn mưa cho tính toán tích lũy nước trước công trình. Đặc biệt trong điều kiện chiều dài lưu vực ngắn, thời gian mưa lớn kéo dài [1].

- Biểu đồ dòng chảy chỉ được xây dựng cho mỗi lưu vực và cho từng cơn mưa cụ thể. Sau khi tìm được cơn mưa cho tính toán công trình thoát nước có xét đến hiện tượng tích lũy nước trước công trình, cần phải dựa trên điều kiện địa hình cụ thể để quyết định việc có tích lũy nước trước nền đường hay không □

### Tài liệu tham khảo

- [1]. Dương Tất Sinh, *Tích lũy và điều tiết nước trước công trình thoát nước ngang đường ô tô trong điều kiện Việt Nam*, Tạp chí GTVT, số 5/2014.
- [2]. Nguyễn Xuân Trục, *Thiết kế đường ô tô - Công trình vượt sông*, Tập 3, NXB. Giáo dục, 2000.
- [3]. M.H. Кудрявцев, В.Е. Каганович, *Изыскания и проектирование автомобильных дорог*, М., Транспорт, 1966.
- [4]. В.Ф. Бабков, О.В. Андреев, М.С. Замахаев, *Проектирование автомобильных дорог*, М., Транспорт, 1987.
- [5]. *Изыскание и проектирование аэродромов*, Под ред. Проф. Доктора технических наук Г. И. Глушкова, М., Транспорт, 1981.

Ngày nhận bài: 10/6/2014

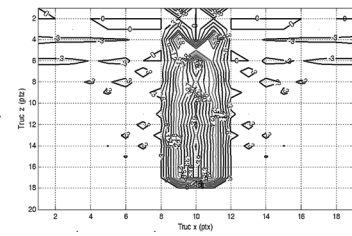
Ngày chấp nhận đăng: 01/7/2014

Người phản biên: GS. TS. Vũ Đình Phụng

### NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH...

(Tiếp theo trang 33)

**Hình 4: Đồ thị đường đồng mức xác định vùng chảy dẻo và vùng ổn định của khối nền gia cố bằng trụ đơn**



Bài toán với  $p_{tx.ptz}=18 \times 19$ , kích thước ô lưới sai phân

$\Delta x_c = \Delta x_s = 0,4m$ ,  $\Delta z = 0,67m$ . Gán các giá trị bền cơ lý của nền đất và trụ thì trực tiếp xác định sức chịu tải  $P_{gh} = 277,76kPa$ , vùng biến dạng dẻo và vùng ổn định (Hình 4). Kết quả sức chịu tải của bài toán nhỏ hơn so với kết quả thí nghiệm nén tĩnh sai số -7,49%.

Quan sát Hình 4, trụ bị phá hoại tại độ sâu  $3\Delta z = 2,01m$ , đất yếu xung quanh trụ bị trượt và có chiều hướng phát triển phá hoại xuống sâu hơn, tuy nhiên dưới độ sâu này trụ bền hơn hẳn so với đất xung quanh.

### 5. Kết luận

- Không sử dụng lý thuyết về ứng suất giới hạn để xác định sức chịu tải nền đất gia cố bằng trụ, quan điểm tính hiện nay chưa xét được sự phân bố ứng suất khi phá hoại, vì vậy thường giả định mặt trượt để xác định sức chịu tải.

- Xem trụ mềm hoặc nửa cứng, chỉ chịu nén, chịu uốn kém, nền đất sau gia cố là nền không đồng nhất, theo chiều ngang, tác giả xây dựng và giải bài toán xác định sức chịu tải nền đất gia cố bằng trụ đất xi măng;

- So sánh kết quả xác định sức chịu tải của bài toán với kết quả của Prandtl hay thí nghiệm nén tĩnh tại Cà Mau, cho thấy sai số nhỏ, ngoài ra bài toán trực tiếp xác định được vùng trạng thái ứng suất đàn - dẻo của hệ nền trụ mà các kết quả trên chưa xác định được □

### Tài liệu tham khảo

- [1]. Phạm Văn Huỳnh (2013), *Xác định trạng thái ứng suất của hệ nền đất có cọc xi măng đất gia cường nền đất yếu cho các công trình xây dựng*, Tạp chí Cầu đường Việt Nam, tháng 5 & 6/2013, Hà Nội.
- [2]. D.T. Bergado, J.C. Chai, M.C. Alfaro, A.S. Balasubramaniam (1998), *Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng*, NXB. Giáo dục Hà Nội. (Người dịch: Nguyễn Uyên, Trịnh Văn Cường).
- [3]. Phòng địa kỹ thuật - Viện Khoa học CNXD (2004), *Thí nghiệm nén tĩnh cọc đơn đất xi măng*.
- [4]. Hội địa kỹ thuật Thủy Điện (1997), *Cột vôi và vôi xi măng*, Báo cáo SGF 4:95 E.
- [5]. Trường Đại học Đồng Tế (1994), *Quy phạm kỹ thuật xử lý nền móng*, Tiêu chuẩn Thành phố Thượng Hải Người dịch: Nguyễn Thị Cúc, hiệu đính: Trịnh Trọng Diễn.
- [6]. Arnold Verruijt (2001,2010), *Soil mechanics*, Delft University of Technology.
- [7]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN9403 (2012), *Gia cố nền đất yếu - Phương pháp trụ đất xi măng*, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [8]. Tiêu chuẩn quốc gia (2012), *Cọc - Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục*: TCVN 9393 - 2012.
- [9]. Phan Trường Phiệt, Phan Trường Giang (2011), *Tính toán phân tích trượt lở đất đá giải pháp để phòng và giảm nhẹ tác hại*, NXB. Xây dựng.
- [10]. Phạm Thị Ngọc Yến, Ngô Hữu Tình,... (2009), *Cơ sở Matlab và UD*, NXB. KHKT.

Ngày nhận bài: 26/5/2014

Ngày chấp nhận đăng: 15/6/2014

Người phản biên: TS. Ngô Thị Thanh Hương  
TS. Trần Ngọc Hưng