

Xác định góc ma sát trong của đất cát bằng thí nghiệm nén một trục không nở hông

Determination of shear strength of sand using uniaxial compression test in unconfined condition

> **NGUYỄN HUY HIỆP***, **NGUYỄN QUÝ ĐẠT**

Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn; *Email: huyhiepnguyen@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Hiện nay tính toán góc ma sát trong của đất cát thường sử dụng các thí nghiệm hiện trường hoặc cắt phẳng trên các mẫu chế bị. Qua thực tiễn thấy rằng có mối quan hệ giữa mô đun biến dạng và góc ma sát trong của đất cát. Bằng thí nghiệm chất tải, dỡ tải trên máy thí nghiệm nén đơn trục và công thức chuyển đổi gián tiếp có thể xác định góc ma sát trong của đất cát. Kết quả được kiểm chứng bằng thí nghiệm cắt phẳng

Từ khóa: Nén một trục không nở hông; cắt phẳng; góc ma sát trong đất cát; Oadomet dỡ tải.

ABSTRACT

Currently, field tests and direct shear tests are commonly used to determine values of the angle of internal friction of sandy soil. The gained results improve that there is a relationship between the deformation modulus and the internal friction angle of sandy soil. By conducting loading and unloading uniaxial tests in unconfined condition for prepared samples of sandy soil, the formula of calculating the angle of internal friction is indirectly built. The achieved results are verified by direct shear tests.

Keywords: Uniaxial compression test; unconfined condition; sandy soil; internal friction angle; loading-unloading.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

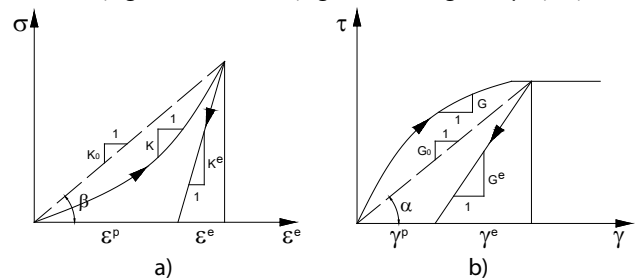
Đặc điểm nổi bật của môi trường đất (cốt đất- hạt đất) là tạo ra lực cản (lực chống cắt) không đồng đều trong quá trình chất tải và dỡ tải, đồng thời là gây ra biến dạng thể tích và biến dạng cắt. Các đặc tính này tạo ra bởi ma sát bên trong giữa các hạt khoáng chất khi chúng chuyển động tương tác lẫn nhau trong quá trình biến dạng. Lực ma sát trượt và ma sát lăn biểu hiện khác nhau, phụ thuộc vào thành phần khoáng vật thành phần đất, mật độ-độ ẩm và mức độ cân bằng giới hạn. Sức kháng của đất do tương tác chuyển động của các hạt, không chỉ thể hiện ở trạng thái cân bằng giới hạn mà còn ở trạng thái tiến giới hạn. Mô đun biến dạng cắt trong quá trình dỡ tải không phụ thuộc vào cấp độ tải trọng nén.

Nghiên cứu cho những tính chất đặc biệt này cho thấy tính chất cơ học của đất là rất quan trọng trong chu kỳ chất và dỡ tải, vì chúng dẫn đến sự tích tụ biến dạng dư hình thành trong khối đất và tác động các công trình, sự tương tác này tạo ra trạng thái cân bằng mới. Một ví dụ nổi bật của hiện tượng này là kết quả của việc nén các mẫu thí nghiệm nén đất ở nhiều cấp tải trọng chất và dỡ tải. Những nghiên cứu ở thí nghiệm ba trục chỉ ra rằng [4, 7]: có mối liên hệ giữa trạng thái ứng suất và biến dạng của mẫu đất. Nhiều công trình nghiên cứu, mô tả mối liên hệ giữa các chỉ tiêu kháng cắt: c (lực dính kết), ϕ (góc ma sát trong của đất) và E (mô đun biến dạng). Dựa vào các lý thuyết này, có thể xác định góc ma sát trong của đất cát bằng thí nghiệm nén một trục không nở hông.

2. LÝ THUYẾT XÁC ĐỊNH GÓC MA SÁT TRONG BẰNG THÍ NGHIỆM NÉN MỘT TRỤC KHÔNG NỞ HÔNG

Đặc tính biến dạng của đất [1, 4]: đường cong nén và nở (dỡ tải) của đất không trùng nhau (Hình 1). Nguyên nhân: khi nén, kết cấu đất bị phá hủy, khi dỡ tải chỉ một phần kết cấu đất được phục hồi, do đó có thể nói biến dạng của đất bao gồm hai thành phần:

- Biến dạng dư: biến dạng không có khả năng khôi phục.
- Biến dạng đàn hồi: biến dạng có khả năng khôi phục lại.



Hình 1. Đồ thị mô tả biến dạng thể tích(a) và biến dạng trượt (b) của nền đất: khi chất tải và dỡ tải

Như vậy có thể nói đất không phải là vật liệu đàn hồi. Thực ra thép, đá... đều có tính biến dạng dư nhưng đặc điểm của đất là phân lượng biến dạng dư lớn. Khi chịu tải trọng trùng phục thì phân lượng biến dạng dư và biến dạng đàn hồi càng ngày càng giảm, biến dạng dư giảm nhanh hơn và cuối cùng trong đất chỉ còn lại biến dạng đàn hồi, lúc này người ta nói đất ở trạng thái nén chặt đàn hồi.

Quan hệ giữa mô đun biến dạng E_0 , mô đun đàn hồi E^e và mô đun biến dạng dư (biến dạng dẻo) E^p :

$$\frac{1}{E_0} = \frac{1}{E^e} + \frac{1}{E^p} \tag{1}$$

Quan hệ giữa các thành phần biến dạng, tổng biến dạng:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon^e + \varepsilon^p \quad (2)$$

Thí nghiệm nén đơn trục không nở hông, biến dạng góc liên hệ với biến dạng thẳng đứng thông qua công thức sau:

$$\gamma_i = \frac{2\varepsilon_1}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

trong đó ε_1 - biến dạng trong thí nghiệm nén đơn trục

Cường độ biến dạng góc γ_i có thể liên hệ với cường độ ứng suất tiếp thông qua công thức:

$$\gamma_i = \frac{\tau_i}{G^e} \frac{\tau_i^*}{\tau_i^* - \tau_i} \quad (4)$$

trong đó G^e - mô đun biến dạng trượt của đất khi $\tau_i \rightarrow 0$,

$$\tau_i = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

$$\tau_i^* = \sigma \cdot \text{tg}\varphi_i \quad (6)$$

trong đó: $\sigma = \frac{\sigma_1 + 2\sigma_2}{3}$

φ_i - góc ma sát trong ở mặt phẳng $\tau_i - \sigma$.

Thay (5) và (6) vào (4) có xét tới (3) nhận được:

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2G^e} \frac{(\sigma_1 + 2\sigma_2)\text{tg}\varphi_i}{(\sigma_1 + 2\sigma_2)\text{tg}\varphi_i - (\sigma_1 - \sigma_2)\sqrt{3}} \quad (7)$$

hay:

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{2G^e} \frac{(1 - \frac{\sigma_2}{\sigma_1})(1 + \frac{2\sigma_2}{\sigma_1})\text{tg}\varphi_i}{(1 + \frac{2\sigma_2}{\sigma_1})\text{tg}\varphi_i - (1 - \frac{\sigma_2}{\sigma_1})\sqrt{3}}$$

Từ đây, dễ dàng xác định hệ số nén tương đối của đất $m_{v_0} = \varepsilon_1/\sigma_1$, trong trường hợp nén không nở hông $\sigma_2 = \xi \sigma_1$, cũng

như $\xi = \nu/1 - \nu$, $G^e = E^e/2(1 + \nu^e)$ nhận được:

$$m_{v_0} = \frac{(1 + \nu^e)(1 - 2\nu_0)(1 + \nu_0)\text{tg}\varphi_i}{E^e \left[(1 + \nu_0)\text{tg}\varphi_i - (1 - 2\nu_0)\sqrt{3} \right]} \quad (8)$$

Từ (8) rút ra, hệ số nén tương đối của đất m_{v_0} phụ thuộc mô đun đàn hồi E^e , hệ số Poisson đàn hồi ν^e và góc ma sát trong φ_i . Chỉ số "0" nghĩa là tổng, có nghĩa $m_{v_0} = m_{v_0}^e + m_{v_0}^p$. Từ (8) rút ra được mô đun biến dạng tổng được $E_0 = \beta/m_{v_0}$ xác định theo công thức:

$$E_0 = \frac{E^e \left[(1 + \nu_0)\text{tg}\varphi_i - (1 - 2\nu_0)\sqrt{3} \right]}{(1 + \nu^e)(1 - 2\nu_0)(1 + \nu_0)\text{tg}\varphi_i \cdot \beta} \quad (9)$$

Tỷ số E^e/E_0 thường nằm trong khoảng 2÷6.

Từ mối quan hệ E_0 , E^e và E^p xác định từ (1), có thể xác định từ mô đun biến dạng dẻo E^p từ công thức (9), nhận được:

$$E^p = \lambda \times E^e \quad (10)$$

ở đây $\lambda = \frac{(1 + \nu_0)\text{tg}\varphi_i - (1 - 2\nu_0)\sqrt{3}}{(1 + \nu^e)(1 + \nu_0)(1 - 2\nu_0)\text{tg}\varphi_i \cdot \beta(\nu_0)}$ (11)

Từ tỷ số E_H/E_p với $E_H = E_0$, $E_p = E^e$, thu được:

$$\frac{E_H}{E_p} = \lambda \quad (12)$$

Nghiên cứu ví dụ sau: các tham số $\varphi_i=30^\circ$; $\nu_0=0,35$; $\nu^e=0,25$, $\lambda=0,17$. Như vậy $E_p/E_H=5,88$, chứng minh được tỷ số $E_p/E_H=2 \div 6$.

Từ công thức (9) biến đổi:

$$\text{tg}\varphi_i = \frac{(1 - 2\nu_0)\sqrt{3}}{(1 + \nu_0) - \beta \times \nu_0(1 - 2\nu_0)(1 + \nu^e)(1 + \nu_0)\lambda} \quad (13)$$

3. CÁC KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ SO SÁNH

Thí nghiệm trên mẫu cát với ba cấp tải trọng:

- Chất tải từ 0 đến 100 kPa, sau đó dỡ tải, xử lý kết quả tính toán mô đun chất tải và dỡ tải.

- Chất tải từ 0 đến 300 kPa, sau đó dỡ tải, xử lý kết quả tính toán mô đun chất tải và dỡ tải.

- Chất tải từ 0 đến 500 kPa, sau đó dỡ tải, xử lý kết quả tính toán mô đun chất tải và dỡ tải.

Xác định góc ma sát trong của đất cát bằng thí nghiệm cắt phẳng theo TCVN 4199 : 1995 [3, 6, 7].

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm nén chất tải- dỡ tải

Cấp tải trọng, kPa	Mô đun chất tải, kPa $E_H = E_0$	Mô đun dỡ tải, kPa $E_p = E^e$	E_p/E_H
0...100	9581	37772	3,94
0...300	23603	67938	2,88
0...500	38528	83893	2,18

Sau khi thí nghiệm sử dụng mô đun chất tải và dỡ tải với hệ số Poisson chất tải [5] $\nu_0 = 0,34$ và hệ số Poisson dỡ tải $\nu^e = 0,12$, tính toán ra góc ma sát trong của đất cát theo công thức (13), so sánh với thí nghiệm cắt phẳng được kết quả tổng hợp như sau:

Bảng 2. So sánh kết quả thí nghiệm nén đơn trục và cắt phẳng

tg φ (nén đơn trục)	φ (nén đơn trục)	tg φ (cắt phẳng)	φ (cắt phẳng)	φ
0,603	31	0,535	28.1	28
0,532	28			
0,51	26.5			

4. KẾT LUẬN

Phương pháp được trình bày trong bài viết này cho phép chúng ta xác định góc ma sát trong của mẫu đất dựa trên kết quả thí nghiệm nén đơn trục và bảng tra hệ số Poisson. Trong trường hợp sử dụng thiết bị ba trục, có thể xác định giá trị chính xác của tỷ số Poisson. Kết quả thí nghiệm có thể lập thành hướng dẫn thí nghiệm giảng dạy.

Có thể nâng cấp bài thí nghiệm để xác định lực dính kết bằng thí nghiệm nén đơn trục không nở hông. Ưu điểm của thí nghiệm nén đơn trục là đơn giản, chỉ cần một lực nên có tính cơ động cao, áp dụng ngoài hiện trường, đặc biệt là nơi địa hình khó khăn: biên giới, hải đảo. Xác định đồng thời cả lực dính kết và góc ma sát có thể áp dụng mẫu lớn, sử dụng cho cấp phối lớn hoặc cấp phối san hô.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Huy Hiệp & nnk. Giáo trình cơ học đất. NXB Quân đội Nhân dân, 2021.
- [2]. TCVN 4200:2012. Đất xây dựng - Phương pháp xác định tính nén lún trong phòng thí nghiệm.
- [3]. TCVN 4199 : 1995. Đất xây dựng - phương pháp xác định sức chống cắt trong phòng thí nghiệm ở máy cắt phẳng.
- [4]. Тер-Мартirosян З. Г. Механика грунтов. М. : АСВ, 2009.
- [5]. Чаповский Е. Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М. : Недра, 1975.
- [6]. A. Aysen. Problem solving in soil mechanics. A. A. Balkema Publishers - 2003.
- [7]. Braja M. Das. Advanced soil mechanics. Taylor & Francis - 20019.
- [8]. Manulas Plaxis V 2022.