

CK.0000069601

NGUYỄN NGUYỄN GIEN



GIẢI CÁC BÀI TOÁN
ĐỊA KỸ THUẬT
BẰNG ĐƯỜNG ỨNG SỨC



NHA XUẤT BẢN XÂY DỰNG

NGUT. NGUYỄN UYÊN

GIẢI CÁC BÀI TOÁN
ĐỊA KỸ THUẬT
BẰNG ĐƯỜNG ỨNG SUẤT

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2014

2019. 1. 1. 100

LỜI GIỚI THIỆU

Khi thành lập được các đường ứng suất (stress paths) - quỹ tích của các điểm ứng suất trong đất khi có tải trọng tác dụng sẽ giúp chúng ta hình dung được diễn biến thay đổi ứng suất trong nền đất khi gia tải hay dỡ tải. Trong các bài toán Địa kỹ thuật, nếu thiết lập được đường ứng suất cho một số phân tổ giới hạn, ta sẽ chọn được sơ đồ thí nghiệm trong phòng thích hợp (cố kết - thoát nước CD, cố kết - không thoát nước CU hay không cố kết - không thoát nước UU) để từ đó có được các chỉ tiêu cơ lý phù hợp, có được quan hệ ứng suất - biến dạng chính xác cũng như thiết lập được kế hoạch quan sát và bố trí thiết bị nhằm giám sát tình trạng biến dạng, mất ổn định của nền đất trong quá trình thi công, xây dựng và hoạt động của công trình.

Không chỉ phụ thuộc vào sơ đồ thí nghiệm, đường ứng suất biểu hiện khác nhau cho đất cố kết bình thường (normally consolidated - NC) và đất quá cố kết (over consolidated - OC). Đất cố kết bình thường là đất hiện nay ở trạng thái tương ứng với áp lực cố kết cuối cùng. Đất quá cố kết khi áp lực lớp phủ hiện nay nhỏ hơn áp lực cố kết cuối cùng đôi khi đã có trong quá khứ (như trường hợp đất được cố kết dưới lớp băng mà hiện nay không còn lớp băng đó, hoặc ở nơi một phần lớp phủ nguyên thủy bị rửa trôi do xói mòn). Đất được gọi là hoàn toàn cố kết khi thể tích là hằng số với điều kiện trạng thái ứng suất không đổi.

Nguyên lý ứng suất hiệu quả (effective stress principle) do Terzaghi 1925, 1936 và Skempton, 1960 đưa ra là nguyên lý quan trọng nhất khi nghiên cứu tính biến dạng của đất: chỉ ứng suất hiệu quả mới có thể làm thay đổi thể tích khô đất, có thể tạo ra sức chống ma sát trong đất hay đá còn các ứng suất trung tính, bản thân chúng không làm thay đổi thể tích hay tạo ra sức kháng ma sát (những thay đổi ứng suất trung tính có thể gián tiếp dẫn đến thay đổi thể tích hay sức kháng ma sát chỉ trong các trường hợp, những thay đổi này gây ra các biến đổi tương ứng của ứng suất hiệu quả). Do vậy nguyên lý này được đề cập chi tiết trong chương 1 của cuốn sách.

Cuốn sách gồm có 3 chương sau đây:

Chương 1. Ứng suất và biến dạng trong đất.

Chương 2. Đường ứng suất.

Chương 3. Đường ứng suất trong các bài toán Địa kỹ thuật.

Kèm theo nội dung lý thuyết có nhiều ví dụ minh họa và các bài tập áp dụng làm rõ thêm các nội dung lý thuyết.

Hy vọng cuốn sách này giúp ích phần nào cho các kỹ sư, cán bộ kỹ thuật chuyên ngành Địa kỹ thuật, Xây dựng cũng như giảng viên, sinh viên Đại học chuyên ngành này trong công tác giảng dạy, học tập cũng như thiết kế, thi công các công trình được hiệu quả.

Hà Nội, ngày 10 tháng 2 năm 2013

Tác giả

ỨNG SUẤT VÀ BIẾN DẠNG TRONG ĐẤT

1.1. ÁP LỰC NƯỚC LỖ RỖNG VÀ ỨNG SUẤT HIỆU QUẢ

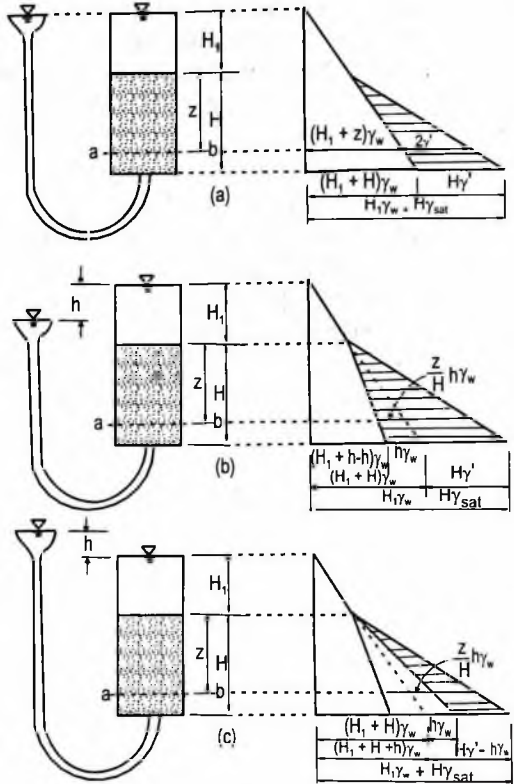
1. Khái niệm

Khi ứng suất bên ngoài truyền lên khối đất bão hoà nước, áp lực nước lỗ rỗng sẽ tăng tức thời. Điều đó làm cho nước lỗ rỗng có xu hướng chảy thoát khỏi hệ lỗ rỗng, áp lực nước lỗ rỗng sẽ giảm đi và ứng suất tác dụng truyền cho kết cấu hạt của đất. Tại một thời điểm sau khi đặt tải, *ứng suất tổng* tác dụng σ (total normal stress) sẽ cân bằng bởi hai thành phần nội ứng suất là áp lực nước lỗ rỗng u và ứng suất hiệu quả σ' :

$$\sigma = \sigma' + u \quad (1-1)$$

Áp lực nước lỗ rỗng u (pore water pressure) là áp lực gây ra trong chất lỏng (nước, hoặc hơi nước và nước) chứa đầy lỗ rỗng. Chất lỏng trong lỗ rỗng có thể truyền ứng suất pháp nhưng không truyền được ứng suất tiếp vì thế không tạo được sức chống cắt. Với lí do này, áp lực nước lỗ rỗng đôi khi được coi là *áp lực trung tính*.

Ứng suất hiệu quả σ' là ứng suất truyền cho kết cấu đất qua chỗ tiếp xúc giữa các hạt nên còn gọi *ứng suất giữa các hạt* (intergranular hay effective stress). Chính thành phần ứng suất này đã điều khiển cả biến dạng thay đổi thể tích và sức chống cắt của đất vì ứng suất pháp và ứng suất tiếp truyền qua được chỗ tiếp xúc hạt với hạt.



Hình 1.1: Sơ đồ minh họa ý nghĩa của áp lực hiệu quả và áp lực nước lỗ rỗng

Terzaghi (1943) chỉ ra rằng, với đất bão hòa, ứng suất hiệu quả có thể xác định theo sự chênh lệch giữa ứng suất tổng và áp lực nước lỗ rỗng:

$$\sigma' = \sigma - u$$

Ứng suất tổng và áp lực nước lỗ rỗng được xác định theo trọng lượng đơn vị và bề dày lớp đất, vị trí mực nước ngầm còn ứng suất hiệu quả không thể đo được mà phải dùng cách tính.

Sự khác nhau giữa ứng suất hiệu quả và trung tính có thể minh họa bằng hình 1.1: một ống đựng chứa không đầy vật liệu hạt nhưng đầy nước. Tại đáy của ống đựng có gắn một ống mềm nối với bể chứa. Trong hình (1.1a) mực nước ở bể chứa có cùng cao trình như ở trong ống đựng, vì thế không có dòng thấm. Trên mặt phẳng ab tại độ sâu ($H_1 + z$) dưới đỉnh ống đựng, áp lực thẳng đứng σ là:

$$\sigma = H_1 \gamma_w + z \gamma_{sat} \quad (1-2a)$$

ở đây: γ_w – trọng lượng đơn vị của nước, kN/m^3 ; $\gamma_w = \rho_w g$, trong đó ρ_w – dung trọng nước; g – gia tốc trọng trường;

γ_{sat} – trọng lượng đơn vị của đất bão hòa, kN/m^3 ; $\gamma_{sat} = \rho_{sat} g$, trong đó ρ_{sat} – dung trọng bão hòa của đất.

Vì σ phụ thuộc vào trọng lượng của toàn bộ đất và nước nằm phía trên, nó được coi là *áp lực tổng*. Nó bao gồm áp lực hiệu quả σ' và áp lực nước lỗ rỗng u .

Nước ở trên ab tràn trải trong lỗ rỗng liên tục tới độ cao z và thành một khối liên tục phía trên đất một khoảng cách H_1 . Vì thế, theo các luật thủy lực, áp lực nước lỗ rỗng u tại ab phải bằng:

$$u = (H_1 + z) \gamma_w \quad (1-3a)$$

Áp lực hiệu quả σ' sẽ bằng:

$$\sigma' = \sigma - u = H_1 \gamma_w + z \gamma_{sat} - (H_1 + z) \gamma_w$$

hay
$$\sigma' = z(\gamma_{sat} - \gamma_w) \quad (1-4a)$$

Lượng $\gamma_{sat} - \gamma_w$ được gọi là *trọng lượng đơn vị ngập nước* γ' . Do vậy, với điều kiện được nêu trong hình 1.1 thì:

$$\sigma' = z \gamma' \quad (1-4b)$$

Như thế, áp lực hiệu quả độc lập với độ sâu H_1 của nước phía trên đất hay đá ngập nước.

Trong điều kiện ở hình 1.1a không có dòng nước chảy qua lỗ rỗng. Trong biểu đồ áp lực ở bên phải hình vẽ, sự thay đổi bề rộng của vùng không gạch biểu thị sự phân bố áp lực nước lỗ rỗng theo độ sâu, còn sự thay đổi bề rộng của vùng gạch biểu thị sự phân bố áp lực hiệu quả. Nếu mực nước trong bể chứa khác mực nước trong ống đựng thì dòng thấm xảy ra và các điều kiện tương tự như nêu trong hình 1.1b hoặc 1.1c. Vì thế phương trình (1-3) không còn giá trị và phương trình (1-4a) và (1-4b) không còn dùng được nữa.

Tổng quát, ứng suất thẳng đứng tổng (total vertical stress) σ , còn gọi là ứng suất vật thể (do khối lượng gây ra) bằng tổng các dung trọng của tất cả các vật liệu (pha rắn của đất + nước) ở trên điểm này nhân với gia tốc trọng trường g ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$).

$$\sigma_v = \int_0^h \rho g dz \quad (1-2b)$$

Nếu ρg là không đổi tới độ sâu h thì

$$\sigma_v = \rho gh \quad (1-2c)$$

Nếu có n lớp, bề dày mỗi lớp là z_i thì

$$\sigma_v = \sum_{i=1}^n \rho_i g z_i \quad (1.2d)$$

Nếu mực nước ngầm cách mặt đất d_w thì tại độ sâu z , áp lực nước lỗ rỗng thủy tĩnh tính theo công thức:

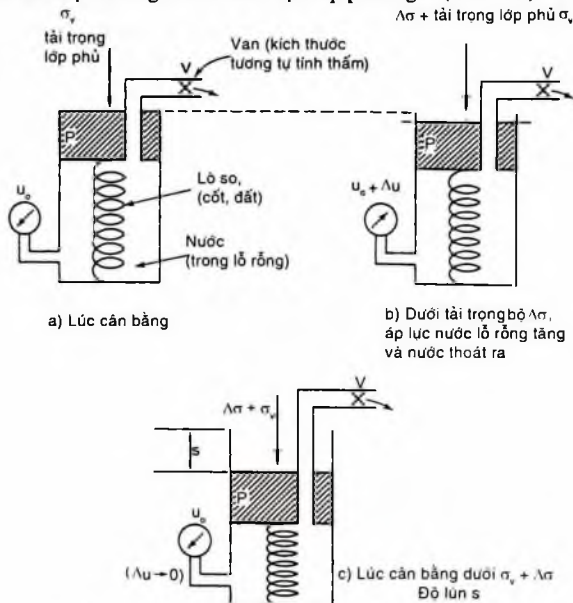
$$u_r = 9,81 (z - d_w) \quad (1-3b)$$

Khi $z > d_w$, u_r có giá trị dương, còn khi $z < d_w$ và nước mao dẫn duy trì trên mặt nước ngầm thì u_r có giá trị âm.

Ứng suất hiệu quả tính của lớp phủ σ'_z tại độ sâu z đã cho:

$$\sigma'_z = \sigma_z - u_z \quad (1-5)$$

Có thể dùng mô hình cơ kết của Terzaghi để nghiên cứu sự chuyển biến của áp lực nước lỗ rỗng u và ứng suất hiệu quả σ' trong quá trình biến dạng. Mô hình gồm có một buồng đầy nước với một lò xo gắn liền với một nắp pistông P (hình 1.2).



Hình 1.2: Mô hình cơ kết của Terzaghi cho thấy diễn biến thay đổi áp lực nước lỗ rỗng u và ứng suất hiệu quả σ' trong quá trình biến dạng

Piston P chịu tải trọng thẳng đứng và làm cho lò xo bị nén lại. Lò xo tương tự cốt khoáng của đất, còn nước trong buồng thể hiện nước trong lỗ rỗng của đất. Van V ở đỉnh piston thể hiện kích cỡ lỗ rỗng trong đất và tại lúc cân bằng khi mở van, nước không chảy ra. Trường hợp này tương tự lớp đất lúc cân bằng dưới trọng lượng của các lớp đất nằm trên nó (lớp phủ). Một áp kế được nối tiếp với buồng cho biết áp lực thủy tĩnh u_v tại vị trí riêng biệt trong đất. Khi lớp đất chịu số gia tải trọng $\Delta\sigma$ (hình 1.1b) và van B được đóng, áp suất lập tức được truyền cho nước ở bên trong buồng. Vì nước không chịu nén và van đóng nên nước không thoát ra được, piston không biến dạng và số đọc của áp kế $\Delta u = \Delta\sigma$ (hình 1.1b). Áp lực nước lỗ rỗng Δu được gọi là *áp lực thủy tĩnh dư* vì nó vượt quá áp lực thủy tĩnh nguyên thủy u_v .

Để mô phỏng cho đất hạt mịn, thấm nước kém, ta mở van V và cho phép nước rời khỏi buồng một cách chậm chạp dưới áp lực dư ban đầu Δu . Theo thời gian, khi nước thoát ra, áp lực nước giảm xuống và dần dần tải trọng $\Delta\sigma$ truyền cho lò xo và lò xo nén lại. Cuối cùng, lúc cân bằng (hình 1.1c) không còn nước bị đẩy ép khỏi buồng, áp lực nước lỗ rỗng lại bằng áp lực thủy tĩnh và lò xo cân bằng với tải trọng $\sigma_v + \Delta\sigma$.

Trong các đất hạt thô như cát, sạn, ứng suất hiệu quả còn được gọi là ứng suất tiếp xúc giữa các hạt. Diện tích tiếp xúc giữa các hạt có thể rất nhỏ, với các hạt hình tròn thì chỉ là một điểm. Do vậy ứng suất tiếp xúc thực có thể rất lớn. Ứng suất giữa các hạt bằng tổng các lực tiếp xúc chia cho diện tích tổng (hình 1.2). Tải trọng hay lực thẳng đứng tổng P bằng tổng của lực tiếp xúc giữa các hạt P' và lực thủy tĩnh $(A - A_c)u$ trong nước lỗ rỗng:

$$P = P' + (A - A_c)u \quad (1-6a)$$

trong đó: A - diện tích tổng;

A_c - diện tích tiếp xúc giữa các hạt.

Ứng suất tính theo:

$$\frac{P}{A} = \frac{P'}{A} + \left(\frac{A - A_c}{A} \right) u \quad (1-6b)$$

$$\text{hay} \quad \sigma = \sigma' + \left(1 - \frac{A_c}{A} \right) u \quad (1-6c)$$

$$\text{hay} \quad \sigma = \sigma' + (1 - a) u \quad (1-6d)$$

Trong đó: a - diện tích tiếp xúc giữa các hạt cho diện tích tổng đơn vị của đất (Skempton, 1960).

Trong đất hạt thô vì diện tích tiếp xúc là diện tích một điểm nên a gần như bằng không, vì thế phương trình (1-6d) có dạng tương tự phương trình (1.1) hay $\sigma = \sigma' + u$.

Ứng suất hiệu quả trong khối đất không chế các hành vi kỹ thuật của đất. Phản ứng của khối đất với các thay đổi của ứng suất tác dụng (tính chống nén và chống cắt) phụ thuộc cơ bản vào ứng suất hiệu quả trong khối đất đá. Nguyên lý của ứng suất hiệu quả