

LỜI NÓI ĐẦU.

Đã hơn 20 năm trôi qua kể từ ngày Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp (tức Nhà xuất bản Giáo dục hiện nay) phát hành lần đầu tiên quyển sách *Bài tập Cơ học đất*. Từ đó đến nay, nhất là trong hơn 10 năm đổi mới và mở cửa gần đây, việc giảng dạy Cơ học đất ở các trường đại học đã có nhiều thay đổi. Nếu trước đây chúng ta chủ yếu dựa vào tài liệu của Liên Xô cũ, thì hiện nay để dễ hòa nhập và để các kỹ sư của chúng ta dễ hiểu, dễ làm việc với các đối tác khác, chúng ta phải giảng cho sinh viên cả những cách giải thích, cách làm theo những tài liệu của Tây Âu, Bắc Mỹ.

Cuốn *Bài tập Cơ học đất* này được soạn lại, vẫn sử dụng phần lớn những bài tập đã có, đồng thời bổ sung thêm những bài tập đáp ứng với những thay đổi trong nội dung giảng dạy Cơ học đất những năm gần đây. Cũng như cũ, mỗi chương đều có phần tóm tắt lý thuyết để sinh viên có thể dùng sách một cách độc lập và đồng thời cũng thuận tiện trong ôn tập. Tuy vậy, vì giới hạn khối lượng, phần tóm tắt không thể thu gom hết mọi nội dung nên khi cần sinh viên vẫn phải dùng đến sách lý thuyết (có thể dùng sách Cơ học đất của R. Whitlow, bản tiếng Việt, Nhà xuất bản Giáo dục).

Cả lần trước cũng như lần này, sách *Bài tập Cơ học đất* cũng mới chỉ cung cấp cho sinh viên những dạng cơ bản mà không thể nêu hết được những trường hợp phức tạp, đòi hỏi những phân tích sâu và tinh tế.

Chúng tôi hy vọng cuốn Bài tập Cơ học đất này sẽ có ích cho sinh viên tất cả các ngành công trình xây dựng có Cơ học đất là môn học kỹ thuật cơ sở, và mong nhận được ý kiến nhận xét của các bạn đồng nghiệp và những người sử dụng sách.

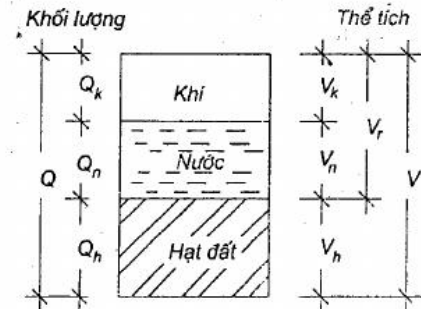
GS. TS. Vũ công Ngứ

Chương I
**TÍNH CHẤT VẬT LÝ
 CỦA ĐẤT VÀ PHÂN LOẠI ĐẤT**

TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Trong điều kiện tự nhiên, đất là một hợp thể phức tạp gồm ba thể : thể rắn (các hạt rắn), thể lỏng và thể khí; khi các lỗ rỗng trong đất chứa đầy nước thì nó gồm 2 thể : thể rắn và thể lỏng.

Nếu chúng ta dùng sơ đồ 3 thể, tương trưng cho một thể tích đất, thì dễ dàng có khái niệm về phân lượng mỗi thể trong đất (Hình I-1). Trên hình vẽ ta dùng các ký hiệu sau đây :



Hình I-1

- V - thể tích toàn bộ đất ;
- V_h - thể tích những hạt rắn của đất ;
- V_n - thể tích nước ;
- V_k - thể tích khí ;
- $V_n + V_k = V_r$ - thể tích lỗ rỗng của đất ;
- Q - trọng lượng toàn bộ đất ;

Q_h - trọng lượng các hạt rắn của đất ;
 Q_n - trọng lượng nước trong lỗ rỗng ;
 Q_k - trọng lượng khí trong lỗ rỗng ; vì khí rất nhẹ nên
 xem như $Q_k = 0$.

Tính chất của mỗi thể hợp thành ảnh hưởng tới tính chất của đất, hơn nữa, phân lượng của mỗi thể trong đất mà thay đổi thì tính chất của đất cũng thay đổi. Vì thành phần của đất phức tạp như vậy, cho nên muốn xem xét tính chất và trạng thái vật lý của đất, người ta phải dùng nhiều chỉ tiêu. Dưới đây nhắc đến những chỉ tiêu chủ yếu.

1-1. Trọng lượng riêng (dung trọng) của đất

Trọng lượng riêng là một chỉ tiêu quan trọng phản ảnh độ chặt của đất, được sử dụng nhiều trong tính toán. Có nhiều loại trọng lượng riêng.

Trọng lượng riêng ướt (hay trọng lượng riêng tự nhiên), ký hiệu γ_w , là trọng lượng một đơn vị thể tích đất ướt (đất ở trạng thái tự nhiên) :

$$\gamma_w = \frac{Q}{V} \quad (I-1)$$

Đại lượng γ_w thường dùng với đơn vị là N/cm^3 hoặc kN/m^3 và được xác định trực tiếp bằng thí nghiệm. Thông thường nó thay đổi trong phạm vi 15 - 20 kN/m^3 . Khi đất no nước (hai thể) thì trọng lượng riêng ướt bằng trọng lượng riêng no nước.

Trọng lượng riêng khô, ký hiệu γ_k , là trọng lượng một đơn vị thể tích đất ở trạng thái hoàn toàn khô, có nghĩa nó là trọng lượng hạt rắn trong một đơn vị thể tích đất :

$$\gamma_k = \frac{Q_h}{V} \quad (I-2)$$

Đại lượng γ_k cũng dùng đơn vị như với γ_w (N/cm^3 , kN/m^3). Trị số γ_k thay đổi tùy theo độ chặt của đất ; nó có thể xác

định bằng phương pháp thí nghiệm trực tiếp, nhưng thường hay được xác định gián tiếp qua các công thức tính đối (Bảng I-11)*.

Trọng lượng riêng hạt của đất, ký hiệu γ_h (hoặc γ_Δ), là trọng lượng một đơn vị thể tích hạt rắn của đất :

$$\gamma_h = \frac{Q_h}{V_h} \quad (I-3)$$

Đại lượng γ_h có đơn vị giống như γ_w , γ_k (N/cm^3 , kN/m^3). Điều đáng chú ý là γ_h thay đổi trong một phạm vi hẹp (từ 26 đến 28 kN/m^3). Chỉ tiêu γ_h thường được xác định bằng phương pháp trực tiếp thí nghiệm.

Người ta có thể dùng chỉ tiêu *tỷ trọng hạt của đất*, ký hiệu là Δ . Theo định nghĩa như trong vật lý :

$$\Delta = \frac{\gamma_h}{\gamma_n} \quad (I-4)$$

Trong đó : γ_n - trọng lượng riêng của nước ở nhiệt độ 4°C.

Trọng lượng riêng đất no nước (hay đất bão hòa), ký hiệu γ_{nn} , là trọng lượng của một đơn vị thể tích đất ở trạng thái no nước (các lỗ rỗng của đất chứa đầy nước) :

$$\gamma_{nn} = \frac{Q_h + Q_n}{V} \quad (I-5)$$

Trọng lượng riêng đất nổi của đất (hay trọng lượng riêng của đất nằm dưới mực nước ngầm), ký hiệu là γ_{dn} , là trọng lượng riêng của đất có kể đến lực đẩy nổi của nước :

$$\gamma_{dn} = \frac{Q_h - V_h \cdot \gamma_n}{V} = \gamma_{nn} - \gamma_n \quad (I-6)$$

* Bảng tính đối này, cũng như các bảng phân loại đất từ I - 3 đến I - 11, cho ở cuối phần Tóm tắt lý thuyết.

Các đại lượng γ_{nm} , γ_{dn} thường được xác định gián tiếp bằng cách dùng những công thức tính đối (Bảng I - 10).

1-2. Độ ẩm và độ no nước (bão hòa) của đất

Lượng nước chứa trong lỗ rỗng của đất có ảnh hưởng rất lớn tới tính chất của đất. Về mặt này người ta thường dùng hai chỉ tiêu.

Độ ẩm của đất, ký hiệu W , và tỷ số giữa trọng lượng nước chứa trong lỗ rỗng của đất với trọng lượng hạt rắn của đất :

$$W = \frac{Q_n}{Q_h} \quad (I-7)$$

Đại lượng W thường được biểu thị bằng phần trăm (nhưng cũng có thể viết dưới dạng số thập phân), nó được xác định bằng cách trực tiếp thí nghiệm.

Độ no nước (bão hòa) của đất, ký hiệu G , là phân lượng nước chứa trong lỗ rỗng của đất, hay nói cách khác là tỷ số giữa thể tích nước với thể tích lỗ rỗng :

$$G = \frac{V_n}{V_r} \quad (I-8)$$

Cũng như W , đại lượng G có thể biểu diễn bằng con số phần trăm hoặc bằng số thập phân. Với đất cát : $G < 0,5$: cát ít ẩm ; $0,5 \leq G \leq 0,8$: cát ẩm ; $G > 0,8$: cát no nước.

1-3. Độ rỗng và hệ số rỗng của đất. Độ chặt tương đối của đất cát

Lượng lỗ rỗng của đất phản ánh độ chặt của đất. Để biểu thị mức độ rỗng của đất, trong tính toán thường dùng 2 chỉ tiêu.

Độ rỗng của đất, ký hiệu là n , là thể tích lỗ rỗng trong một đơn vị thể tích đất :

$$n = \frac{V_r}{V} \quad (I-9)$$

Độ rỗng của đất có thể biểu thị bằng số phần trăm hoặc số thập phân.

Hệ số rỗng của đất, ký hiệu e , là tỷ số giữa thể tích rỗng với thể tích hạt rắn của đất :

$$e = \frac{V_r}{V_h} \quad (I-10)$$

e thường được biểu thị bằng số thập phân. Các chỉ tiêu n , e thường được xác định một cách gián tiếp, nghĩa là suy ra từ các công thức tính đối (Bảng I - 11).

Ở các đất cát, trạng thái độ chặt có ý nghĩa quyết định đối với tính năng xây dựng của nó. Người ta phân biệt ra 3 trạng thái độ chặt của đất cát : chặt, chặt vừa và xốp hoặc rời. Để đánh giá độ chặt của đất cát người ta có thể dựa vào hệ số rỗng của nó (như trong quy phạm của Liên Xô trước đây СНиП II-Г. 1-62, Bảng I-3). Người ta cũng đưa ra một chỉ tiêu khác gọi là độ chặt tương đối của đất cát, ký hiệu D , theo định nghĩa :

$$D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (I-11)$$

Trong đó :

e_{\max} - hệ số rỗng của đất cát ấy ở trạng thái xốp nhất ;

e_{\min} - hệ số rỗng của đất cát ấy ở trạng thái chặt nhất ;

e - hệ số rỗng của đất cát ấy ở trạng thái tự nhiên.

Căn cứ vào D người ta đánh giá độ chặt của đất cát (Bảng I-4).

Cần lưu ý rằng để tính được độ chặt tương đối D của cát cần xác định hệ số rỗng tự nhiên e . Việc lấy được mẫu cát nguyên dạng để thí nghiệm hệ số rỗng tự nhiên e là rất khó khăn, nhất là trường hợp lấy mẫu đất ở sâu. Vì vậy đánh giá độ chặt của cát theo độ chặt tương đối D chỉ nên dùng cho mẫu cát chế bị trong phòng thí nghiệm.

Trong thực hành nên dùng các thí nghiệm hiện trường như thí nghiệm xuyên tĩnh, thí nghiệm SPT để đánh giá độ chặt của cát.

Với thí nghiệm xuyên tĩnh độ chặt của cát được phân loại theo sức kháng xuyên q_c (Bảng I-5).

Còn với thí nghiệm SPT độ chặt của cát được phân loại theo số đập N (N là số nhất đập bằng quả tạ tiêu chuẩn nặng 63,5 kg (140 lb), rơi ở chiều cao tiêu chuẩn $h = 76$ cm (30") để ống mẫu tiêu chuẩn ngập vào đất 30 cm (xem Bảng I-6).

I-4. Giới hạn sệt, giới hạn dẻo, độ đặc của đất dính

Nói chung, tính chất của đất phụ thuộc độ ẩm của nó. Đặc biệt đối với loại đất sét (đất dính) độ ẩm đóng vai trò quyết định. Khi độ ẩm của đất dính thay đổi từ nhỏ đến lớn, trạng thái của nó cũng thay đổi từ cứng, qua dẻo sang nhão. Những chỉ tiêu sau đây phản ánh đặc điểm ấy của đất dính.

Giới hạn dẻo, ký hiệu W_d hoặc PL (plastic limit), hay còn gọi là giới hạn lún W_l vì nó được xác định bằng phương pháp lún tay. Đây là độ ẩm giới hạn khi đất chuyển từ trạng thái cứng sang trạng thái dẻo.

Giới hạn sệt (hay giới hạn chảy), ký hiệu W_s hoặc LL (liquid limit), hay còn gọi là giới hạn nhão W_{nh} , là độ ẩm giới hạn khi đất chuyển từ trạng thái dẻo sang trạng thái nhão. W_s , W_{nh} thường được gọi là các giới hạn Atterberg và là độ ẩm của đất ở trạng thái khi thả quả chùy Vaxiliev nặng 76 g, góc ở mũi 30° sẽ ngập vào bát đất 10 mm sau 5 s; hoặc quả chùy nặng 80 g, góc ở mũi 30° sẽ ngập vào bát đất 20 mm sau 5 s. Lưu ý là phương pháp xác định LL theo tiêu chuẩn Việt Nam (dùng chùy Vaxiliev), thường cho giá trị LL thấp hơn (khoảng 30%) so với giá trị LL xác định theo tiêu chuẩn Mỹ (phương pháp Casagrande).

Hiệu số của các độ ẩm giới hạn sệt và giới hạn dẻo gọi là **chỉ số dẻo của đất dính**, ký hiệu A, cũng ký hiệu là IP (index plastic) :

Độ đặc của đất dính, ký hiệu B hoặc CR (consistence relatively) được tính theo công thức :

$$B = \frac{W - W_d}{W_s - W_d} = \frac{W - W_d}{A} \text{ hoặc } CR = \frac{m - PL}{IP} \quad (I-13)$$

Với W (hoặc m) là độ ẩm tự nhiên của đất.

Chỉ số dẻo A dùng để phân loại đất dính (Bảng I-7), còn chỉ tiêu độ đặc B thì dùng để đánh giá trạng thái của đất dính (Bảng I-8).

I-5. Thành phần hạt của đất

Các hạt rắn của đất có những tính chất rất khác nhau, chủ yếu phụ thuộc kích thước của chúng. Vì vậy các hạt rắn được phân loại theo cỡ hạt. Một loại đất thường chứa nhiều cỡ hạt. Phân lượng một cỡ hạt tính bằng % trọng lượng đất khô gọi là hàm lượng của cỡ hạt ấy. Tập hợp hàm lượng các cỡ hạt của một loại đất gọi là cấp phối hạt của loại đất ấy. Cấp phối hạt của một loại đất thường được trình bày bằng nhiều dạng, trong đó thông dụng là dạng đường cong cấp phối trên hệ trục tọa độ thông thường với trục tung là hàm lượng % các nhóm hạt và trục hoành là đường kính hạt d (mm), hoặc hệ trục tọa độ nửa logarit với trục tung là hàm lượng % các nhóm hạt và trục hoành là logarit đường kính hạt (lgd).

Để thuận tiện cho việc lập hệ trục tọa độ nửa logarit ta nên đổi đường kính hạt từ (mm) ra μm (1 mm = 1000 μm) rồi lấy lgd theo bảng quy đổi I-1.

Bảng I-1

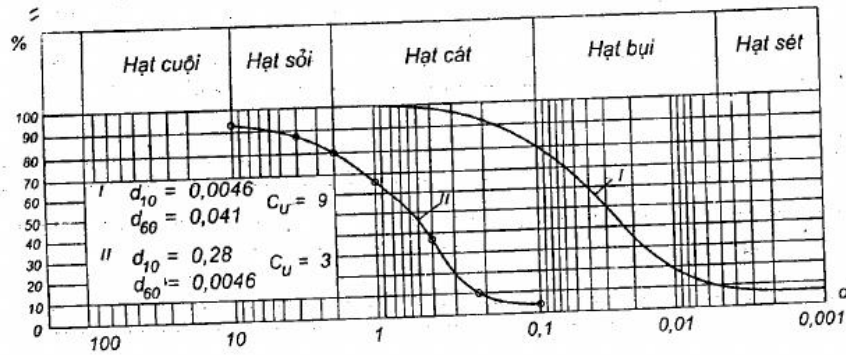
d (mm)	d (μm)	lgd	d (mm)	d (μm)	lgd
0,001	1	0	1	1000	3,0
0,005	5	0,7	1,5	1500	3,18
0,01	10	1,0	2	2000	3,3
0,05	50	1,7	3	3000	3,48
0,10	100	2,0	5	5000	3,7
0,250	250	2,4	7	7000	3,85
0,50	500	2,7	10	10000	4,0

$$A = W_s - W_d \text{ hay } IP = LL - PL \quad (I-12)$$

10

Các giá trị khác của đường kính hạt quy đổi tương tự bảng trên.

Đường cong cấp phối hệ trục tọa độ nửa logarit thể hiện trên hình I-2.



Hình I-2

Để đánh giá độ không đều của đất người ta dùng hệ số không đều ký hiệu C_u , được tính theo công thức :

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (I-14)$$

Trong đó :

d_{60} - đường kính hạt có hàm lượng tích lũy 60% (những cỡ hạt có đường kính bằng và nhỏ hơn nó chiếm 60% trọng lượng đất khô) ;

d_{10} - đường kính hạt có hàm lượng tích lũy 10%.

Với các đất dính, căn cứ vào chỉ số dẻo A để phân loại ; với các đất cát, dựa vào hàm lượng cỡ hạt của nó để phân loại (Bảng I-9).

Ở nhiều nước, người ta vẫn giữ thói quen dùng đơn vị đo... Các rây để phân tích

11

Bảng I-2

Số rây No	Kích thước hạt (mm)	Số rây No	Kích thước hạt (mm)	Số rây No	Kích thước hạt (mm)
4	4,76	20	0,84	100	0,149
8	2,38	40	0,42	140	0,105
12	1,68	70	0,21	200	0,074

Bảng phân loại đất thống nhất của Mỹ USCS (Unified Soil Classification System - D2487) cũng được dùng rất rộng rãi. Đất được phân thành các loại GW, GP... SW, SP..., ML, CL, MH, CH..., trong đó :

G (gravel) - cuội sỏi ;	W (well graded) - cấp phối tốt ;
S (sand) - cát ;	P (poor graded) - cấp phối kém ;
M (silt) - bụi ;	H (high plasticity) - tính dẻo cao ;
C (clay) - sét ;	L (low plasticity) - tính dẻo thấp ;
O (organic) - đất có chứa nhiều hữu cơ ;	P (peat) - than bùn.

Với các đất rời, tùy theo hàm lượng hạt mà phân loại ; với các đất dính, dùng đồ thị Casagrande tùy theo LL và IP mà phân loại.

Bảng I-10 là phân loại theo USCS.

I-6. Liên hệ giữa các chỉ tiêu tính chất vật lý của đất

Không phải tất cả các chỉ tiêu tính chất vật lý của đất đều phải dùng cách thí nghiệm để xác định.

Các chỉ tiêu phải dùng thí nghiệm trực tiếp để xác định là : trọng lượng riêng tự nhiên γ_w , tỷ trọng Δ , trọng lượng riêng hạt γ_p , độ ẩm tự nhiên W - gọi là các chỉ tiêu cơ bản. Còn các chỉ tiêu khác (như hệ số rỗng e, độ rỗng n, độ no nước

là inơ (inch, ký hiệu ") ; $1" = 2,54$ cm. Số hạt được đánh số N_{60} (của rây) là số lỗ rây trên 1 inơ vuông. Quy đổi từ số của rây N_{60} ra cỡ hạt mm theo bảng I-2.

12

có thể xác định được từ các chỉ tiêu cơ bản mà không phải làm thí nghiệm ; dựa vào định nghĩa các chỉ tiêu để thiết lập những liên hệ giữa các chỉ tiêu - nghĩa là những công thức tính đối. Trong bảng I-11 có nêu một số những công thức tính đối thường dùng.

Mặt khác, cũng nên chú ý đến những tương quan định tính giữa các chỉ tiêu, chẳng hạn khi hàm lượng hạt sét lớn thì chỉ số dẻo cũng lớn, khi độ ẩm, độ rỗng của đất thay đổi thì những chỉ tiêu về tính chất cơ học của đất cũng thay đổi theo. Tuy không có những liên hệ định lượng nhưng nếu những chỉ tiêu này thay đổi trong khoảng nào đó thì những chỉ tiêu kia cũng biến đổi trong phạm vi nhất định. Cần phải tìm hiểu những tương quan đó thì mới có thể đánh giá một cách chắc chắn về tính năng xây dựng của đất.

CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Định nghĩa các chỉ tiêu vật lý cơ bản của đất ? Chỉ tiêu cơ bản nào có thể xác định qua thí nghiệm ? Chỉ tiêu nào xác định qua công thức liên hệ ?
2. Cách phân loại đất theo tiêu chuẩn Việt Nam và USCS.
3. Các trạng thái của đất cát ? Chỉ tiêu đánh giá trạng thái đất cát ?
4. Trạng thái đất dính ? Các chỉ tiêu đánh giá trạng thái đất dính ?
5. Dựa vào định nghĩa các chỉ tiêu vật lý, tự thiết lập chứng minh các công thức liên hệ giữa các chỉ tiêu đã nêu trong bảng I-11.

Con số γ_{on} trọng lượng riêng đầy nổi γ_{on} , trọng lượng riêng no nước γ_{nn} ...
G, trọng lượng riêng đầy nổi γ_{on} , trọng lượng riêng no nước γ_{nn} ...

13

Bảng I-3

Phân loại độ chặt của đất cát theo hệ số rỗng

Loại đất	Độ chặt		
	Chặt	Chặt vừa	Xốp (rời)
Cát sỏi, cát thô			$e > 0,70$
Cát vừa	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,70$	$e > 0,75$
Cát nhỏ	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,80$
Cát bột (cát bụi)	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,80$	

Bảng I-4

Phân loại độ chặt của đất cát theo độ chặt tương đối

Loại đất	Độ chặt tương đối D
Đất cát chặt	$1,00 \geq D > 0,67$
Đất cát chặt vừa	$0,67 \geq D > 0,33$
Đất cát xốp (rời)	$0,33 \geq D > 0$

Bảng I-5

Phân loại độ chặt của cát theo thí nghiệm xuyên tĩnh

Loại cát	Trị số q_c (kg/cm ²) ứng với trạng thái		
	Chặt	Chặt vừa	Rời
Cát thô, cát trung (không phụ thuộc độ ẩm)	150	150 - 50	50
Cát nhỏ (không phụ thuộc độ ẩm)	120	120 - 40	40
Cát bụi : a) Ít ẩm và ẩm	100	100 - 30	30
b) No nước	70	70 - 20	20

Bảng I-6

Phân loại độ chặt của cát theo thí nghiệm SPT

Trị số N theo SPT	Độ chặt tương đối	Trạng thái của cát	Góc φ°	q_c (kg/cm ²)
0 - 4	0,2	Rất rời	30	20

Bảng 1-7
Phân loại đất dính theo chỉ số dẻo A

Tên đất dính	Chỉ số dẻo A
Dất cát pha (á cát)	$1 \leq A \leq 7$
Dất sét pha (á sét)	$7 < A \leq 17$
Dất sét	$A > 17$

Bảng 1-8
Phân loại trạng thái đất dính theo độ đặc B

Tên và trạng thái của đất	Độ đặc B
Cát pha :	
Rắn	$B < 0$
Dẻo	$0 \leq B \leq 1$
Sệt	$B > 1$
Sét pha và sét :	
Rắn (hay cứng)	$B < 0$
Nửa rắn	$0 \leq B \leq 0,25$
Dẻo	$0,25 < B \leq 0,50$
Dẻo mềm	$0,50 < B \leq 0,75$
Dẻo sệt	$0,75 < B \leq 1,00$
Sệt (hay nhão)	$B > 1,00$

Bảng 1-9
Phân loại đất cát theo hàm lượng hạt

Tên đất	Phân phối hạt theo độ lớn, tính bằng % khối lượng đất khô
Dất hỗn lộn :	
Dất đầm, đất cuội	Khối lượng hạt lớn hơn 10 mm trên 50%
Dất sỏi (sỏi tròn, sỏi góc)	Khối lượng hạt lớn hơn 2 mm trên 50%

4 - 10	0.2 - 0.4	Rời	30 - 35	20 - 40
10 - 30	0.4 - 0.6	Chặt vừa	35 - 40	40 - 120
30 - 50	0.6 - 0.8	Chặt	40 - 45	120 - 200
50	0.8	Rất chặt	45	200

Bảng 1-10
Hệ thống phân loại đất thống nhất
(Unified Soil Classification System USCS-ASTM D.2487)

chỉ số	Ký hiệu	Tên gọi điển hình	Điều kiện phân loại theo phòng thí nghiệm
Sỏi cuội, sạch không hoặc ít có hạt nhỏ	GW	Sỏi cuội cấp phối tốt, sỏi cuội lẫn cát, không hoặc ít hạt nhỏ	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60}) \times (D_{10})} = 1 + 3$ Không đạt những chỉ số yêu cầu cho GW
	GP	Sỏi cuội cấp phối kém, sỏi cuội lẫn cát, ít hoặc không có hạt nhỏ	
Sỏi cuội lẫn hạt nhỏ (hạt nhỏ đáng kể)	GM _U	Sỏi cuội lẫn bụi cát (trong xây dựng đường phân biệt GM _d và GM _U ; LL ≤ 28 ; PI ≤ 6 là d, LL > 25 là u)	Các giới hạn Atterberg trên đường A, PI trong khoảng 4 - 7 có tên kép Các giới hạn Atterberg thấp hơn đường A hoặc PL < 4. Các giới hạn Atterberg thấp với PI > 7
	GC	Sỏi cuội lẫn sét cát	

Hàm lượng sỏi cuội, cát xác định từ đường cong cấp phối.
Tùy theo hàm lượng hạt nhỏ hơn mắt rây N°200 đất sỏi cuội phân biệt như sau :

Bảng 1-10 (tiếp)

Tiêu chuẩn phân loại theo phòng thí nghiệm	
Ký hiệu	Tên gọi điển hình
SW	Cát cấp phối tốt, cát lẫn sỏi, ít hoặc không có hạt nhỏ
SP	Cát cấp phối kém, cát lẫn sỏi, ít hoặc không có hạt nhỏ
SM _đ	Cát lẫn bụi. (chỉ số đ. u như trong loại GM)
SC	Cát pha sét, hỗn hợp cát sét
ít sạch, ít đặc không hạt nhỏ	<ul style="list-style-type: none"> • Ít hơn 5%: GW, GP, SW, SP •• Lớn hơn 12%: GM, GC, SM, SC ••• Từ 5% đến 12%: chỉ dùng một tên gọi kép
Cát có lẫn hạt nhỏ	<p>$C_c = \frac{(D_{30})^2}{[(D_{60}) \times (D_{10})]} = 1 \div 3$</p> <p>Không đạt những chỉ số yêu cầu cho SW</p> <p>Các giới hạn Atterberg nằm trên đường A hoặc PI < 4.</p> <p>Vùng có gạch chéo. PI trong khoảng 4 - 7 cần có tên kép</p> <p>Các giới hạn Atterberg nằm trên đường A với PI > 7</p>

Đất cát :
 Cát sỏi
 Cát thô
 Cát vừa
 Cát nhỏ
 Cát bột

Khối lượng hạt lớn hơn 2 mm trên 25%
 Khối lượng hạt lớn hơn 0,5 mm trên 50%
 Khối lượng hạt lớn hơn 0,25 mm trên 50%
 Khối lượng hạt lớn hơn 0,10 mm trên 75%
 Khối lượng hạt lớn hơn 0,10 mm dưới 75%

Bảng 1-10 (tiếp)

Tiêu chuẩn phân loại theo phòng thí nghiệm	
rộng	Tên gọi điển hình
Bụi và sét giới hạn chảy tho hơn 50	<p>ML: Bụi vô cơ và cát rất mịn, cát nhỏ lẫn bụi hoặc sét, độ dẻo nhỏ</p> <p>CL: Sét vô cơ, độ dẻo từ thấp đến trung bình, sét lẫn sỏi cuội, sét lẫn cát, sét lẫn bụi</p> <p>OL: Bụi hữu cơ, sét lẫn bụi hữu cơ độ dẻo thấp</p> <p>MH: Bụi vô cơ, cát nhỏ nhiều mica hoặc diatomit, đất bụi, bụi diatomit</p> <p>CH: Sét vô cơ độ dẻo cao, sét béo</p> <p>OH: Sét hữu cơ độ dẻo từ trung bình đến cao, bụi hữu cơ</p> <p>PI: Than bùn hoặc các chất hữu cơ cao</p>
Đất có lượng hữu cơ cao	<p>Biểu đồ tính dẻo</p>

Phân
 Đất sỏi
 cuội
 [hơn
 m³: nửa
 lượng
 hạt có
 đường
 kính lớn
 hơn mắt
 rây
 N^o200
 (0,074
 mm)]
 Sỏi
 hơn
 n
 hơn
 hơn
 (4,7<

Phân chia rộng	Cá ho cô
	Cát, dưới một nửa lượng hạt có đường kính lớn hơn mắt rây N° 4 (4,76 mm)
	Đất sỏi cuội [hơn một nửa lượng hạt có đường kính lớn hơn mắt rây N° 200 (0,074 mm)]

Phân chia	Cô
	Đất hạt nhỏ [hơn một nửa lượng hạt có đường kính nhỏ hơn mắt rây N° 200 (0,074 mm)]

Bảng I-11
Các công thức tính đổi các chỉ tiêu thường dùng

Chỉ tiêu cần xác định	Công thức	Số công thức
Hệ số rỗng e	$e = \frac{\Delta \cdot \gamma_n (1 + 0,01W)}{\gamma_w} - 1$	(I - 15)
	$e = \frac{\gamma_h}{\gamma_k} - 1$	(I - 16)
	$e = \frac{n}{100 - n}$	(I - 17)
Độ rỗng n	$n(\%) = \frac{e}{1 + e} \cdot 100$	(I - 18)
Độ no nước G	$G = \frac{\Delta \cdot \gamma_w \cdot 0,01W}{\Delta \cdot \gamma_n (1 + 0,01W) - \gamma_w}$	(I - 19)
	$G = \frac{0,01W \cdot \Delta}{e}$	(I - 20)
Trọng lượng riêng hạt γ_h	$\gamma_h = \frac{\gamma_k}{1 - 0,01n}$	(I - 21)
	$\gamma_h = \Delta \cdot \gamma_n$	(I - 22)
Trọng lượng riêng khô γ_k	$\gamma_k = \gamma_h (1 - 0,01n)$	(I - 23)
	$\gamma_k = \frac{\gamma_w}{1 + 0,01W}$	(I - 24)
Trọng lượng riêng đầy nổi γ_{dn}	$\gamma_{dn} = \frac{(\Delta - 1) \cdot \gamma_n}{1 + e}$	(I - 25)

BÀI TẬP

Bài tập I-1. Khi xác định trọng lượng riêng của đất sét ướt bằng phương pháp dao vòng được số liệu như sau :

- Thể tích dao vòng : $V = 59 \text{ cm}^3$.
- Trọng lượng đất ướt trong dao vòng $Q = 116,45 \text{ g}$.
- Trọng lượng đất sau khi sấy khô $Q_h = 102,11 \text{ g}$
- Tỷ trọng hạt của đất : $\Delta = 2,8$.

Hãy tính : Độ ẩm W, trọng lượng riêng ướt γ_w , trọng lượng riêng khô γ_k , độ rỗng n, hệ số rỗng e, độ no nước G của đất đó.

Bài giải

- Độ ẩm của đất được tính bằng công thức sau :

$$W = \frac{Q - Q_h}{Q_h} \cdot 100(\%)$$

Thay vào công thức trên : $Q = 116,45 \text{ g}$
 $Q_h = 102,11 \text{ g}$

Ta được :

$$W = \frac{116,45 - 102,11}{102,11} \cdot 100(\%) = 14,1\% = 0,141$$

Trọng lượng riêng ướt của đất được tính bằng công thức sau :

$$\gamma_w = \frac{Q}{V}$$

Thay vào công thức trên : $Q = 116,45 \text{ g}$
 $V = 59 \text{ cm}^3$

$$\gamma_{dn} = \gamma_{nn} - \gamma_n$$

(1-26)

Ghi chú : Hệ số 0,01 đặt trước đại lượng W và n là để chuyển từ số phần trăm sang số thập phân

20

Thay vào công thức trên : $Q_h = 102,11 \text{ g}$
 $V = 59 \text{ cm}^3$

Ta được :

$$\gamma_k = \frac{102,11}{59} = 1,73 \text{ g/cm}^3 = 17,3 \text{ kN/m}^3$$

hoặc có thể tính γ_k theo công thức sau :

$$\gamma_k = \frac{\gamma_w}{1 + 0,01W} = \frac{19,7}{1 + 0,141} = 17,3 \text{ kN/m}^3$$

- Độ rỗng của đất được tính bằng công thức sau :

$$n(\%) = \frac{\gamma_h - \gamma_k}{\gamma_h} \cdot 100\%$$

Trong đó : γ_h là trọng lượng riêng của hạt đất. Nếu lấy trọng lượng riêng của nước là $\gamma_n = 10 \text{ kN/m}^3$, thì :

$$\gamma_h = \Delta \cdot \gamma_n = 2,8 \cdot 10 = 28 \text{ kN/m}^3$$

Vậy độ rỗng của đất là :

$$n(\%) = \frac{\gamma_h - \gamma_k}{\gamma_h} \cdot 100\% = \frac{28 - 17,3}{28} \cdot 100 = 38,3\%$$

- Hệ số rỗng của đất được tính bằng công thức sau :

$$e = \frac{n}{1 - n}$$

Ở đây : $n = 38,3\% = 0,383$

Thay vào công thức

Ta được :

$$\gamma_w = \frac{116,45}{59} = 1,97 \text{ g/cm}^3 = 19,7 \text{ kN/m}^3$$

- Trọng lượng riêng khô của đất được tính bằng công thức sau :

$$\gamma_k = \frac{Q_h}{V}$$

21

Ta được :

$$G = \frac{0,01 \times 14,1 \times 2,8}{0,619} = 0,64$$

✓ Bài tập I-2. Trọng lượng riêng của cát trên mực nước ngầm là $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ và độ ẩm tương ứng là 15%. Tỷ trọng hạt của cát là 2,65.

Hãy tính :

- Trọng lượng riêng của cát đó khi ngập nước (Trọng lượng riêng đầy nước, γ_{dn}).
- Trọng lượng riêng no nước của cát γ_{nn} .
- Độ ẩm của cát đó khi nằm dưới mực nước ngầm.

Bài giải

Trước tiên ta tính hệ số rỗng của cát :

$$e = \frac{\Delta \gamma_n (1 + 0,01W)}{\gamma} - 1$$

Thay vào công thức trên :

Tỷ trọng hạt : $\Delta = 2,65$.

Trọng lượng riêng của nước : $\gamma_n = 10 \text{ kN/m}^3$.

Độ ẩm của cát : $W = 15\%$.

Trọng lượng riêng ướt của cát : $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$.

Ta được :

$$e = \frac{2,65 \times 10(1 + 0,15)}{19} - 1 = 0,60$$

- Trọng lượng riêng đầy nước :

$$e = \frac{0,383}{1 - 0,383} = 0,619$$

- Độ no nước G tính theo công thức sau :

$$G = \frac{0,01 \cdot W \cdot \Delta}{e}$$

Ở đây : $W = 14,1\%$; $\Delta = 2,8$; $e = 0,619$.

22

- Độ ẩm của cát khi cát nằm dưới mực nước ngầm :
 Khi cát nằm dưới mực nước ngầm thì độ bão hòa $G = 1,0$.

Từ công thức :

$$G = \frac{0,01W \cdot \Delta}{e}$$

Ta được :

$$W(\%) = \frac{e \cdot G}{0,01 \cdot \Delta}$$

Ở đây : Hệ số rỗng : $e = 0,60$.

Độ no nước : $G = 1,0$.

Tỷ trọng : $\Delta = 2,65$.

Thay vào công thức trên ta được :

$$W(\%) = \frac{0,6 \times 1,0}{0,01 \times 2,65} = 22,6\%$$

✓ **Bài tập I-3.** Để xác định trọng lượng hạt và tỷ trọng hạt của cát người ta dùng 1 ống thủy tinh hình trụ chứa nước cát có chia vạch đo thể tích.

Khi đổ 402 g cát khô vào ống và các hạt cát chìm hết, nước trong ống dâng lên 150 cm³. Hãy tính trọng lượng riêng hạt và tỷ trọng hạt của cát đó ?

thức sau :

$$\gamma_{dn} = \frac{(\Delta - 1)\gamma_n}{1 + e} = \frac{(2,65 - 1)10}{1 + 0,60} = 10,3 \text{ kN/m}^3$$

- Trọng lượng riêng no nước của cát được tính bằng công thức sau :

$$\begin{aligned} \gamma_{nn} &= \gamma_{dn} + \gamma_n \\ &= 10,3 + 10 = 20,3 \text{ kN/m}^3. \end{aligned}$$

23

Từ đó :

$$\gamma_h = \frac{Q_h}{V_h} = \frac{402}{150} = 2,68 \text{ g/cm}^3 = 26,8 \text{ kN/m}^3$$

Tỷ trọng hạt của cát là :

$$\Delta = \frac{\gamma_h}{\gamma_n}$$

Với trọng lượng riêng của nước lấy là : $\gamma_n = 10 \text{ kN/m}^3$.

Ta được :

$$\Delta = \frac{\gamma_h}{\gamma_n} = \frac{26,8}{10} = 2,68$$

Bài tập I-4. Thí nghiệm xác định tỷ trọng hạt (của đất sét) được tiến hành với bình tỷ trọng có vạch đo (dung tích lớn hơn 100 cm³) ta thu được kết quả sau đây :

Khối lượng đất khô có trong bình tỷ trọng : $Q_2 = 45,35 \text{ g}$.

Tổng khối lượng bình tỷ trọng có hỗn hợp nước, cát và đất (nước - đất) đến vạch của bình (lưu ý hỗn hợp này đã được đun cho phân rã hết) là : $Q_3 = 354,05 \text{ g}$.

Tổng khối lượng bình và nước cát, trường hợp đổ nước cát đến vạch của bình, là : $Q_1 = 325,50 \text{ g}$.

Hãy xác định tỷ trọng hạt của đất ?

Bài giải

Bài giải

Thể tích nước dâng lên trong ống bằng tổng thể tích các hạt cát :

$$V_h = 150 \text{ cm}^3$$

Vì vậy, trọng lượng riêng hạt của cát đó là :

$$\gamma_h = \frac{Q_h}{V_h}$$

Ở đây : Tổng trọng lượng của các hạt cát : $Q_h = 402 \text{ g}$
Tổng thể tích các hạt cát : $V_h = 150 \text{ cm}^3$

24

parafin và nhúng vào một bình nước cất có vạch đo thể tích.
Kết quả như sau :

Trọng lượng mẫu đất : $Q_1 = 980 \text{ g}$

Trọng lượng mẫu đất sau khi bọc parafin : $Q_2 = 1007 \text{ g}$

Thể tích nước dâng lên khi nhúng mẫu đất bọc parafin vào bình nước cất : $V_n = 520 \text{ cm}^3$.

Trọng lượng riêng của sáp parafin là : $0,9 \text{ g/cm}^3$.

Hãy xác định trọng lượng riêng ướt của đất ?

Bài giải

Trọng lượng parafin dùng để bọc mẫu là :

$$Q_p = Q_2 - Q_1 = 1007 - 980 = 27 \text{ g}$$

Thể tích sáp parafin bọc mẫu :

$$V_p = \frac{27}{0,9} = 30 \text{ cm}^3$$

Thể tích mẫu đất :

$$V = V_n - V_p = 520 - 30 = 490 \text{ cm}^3$$

Trọng lượng riêng ướt của đất là :

$$Q: \quad \gamma_{wt}$$

Bài giải

Tỷ trọng của đất được xác định theo công thức :

$$\Delta = \frac{\text{Khối lượng đất khô}}{\text{Khối lượng nước bị đất chiếm chỗ}} = \frac{Q_2}{Q_2 + Q_1 - Q_3}$$
$$= \frac{45,35}{45,35 + 325,50 - 354,05} = 2,699$$

Bài tập I-5. Để xác định trọng lượng riêng của một mẫu đất sét có hình dạng bất kỳ, người ta bọc mẫu đất ấy bằng

25

Bài giải

- Hệ số rỗng e của đất tính theo công thức :

$$e = \frac{\Delta \cdot \gamma_n (1 + 0,01 W)}{\gamma_w} - 1$$
$$= \frac{2,7 \cdot 10 (1 + 0,25)}{20} - 1 = 0,687$$

- Độ rỗng n của đất tính theo công thức :

$$n(\%) = \frac{e}{1 + e} \cdot 100 = \frac{0,687}{1 + 0,687} \cdot 100 = 40,7\%$$

- Độ no nước của mẫu đất tính theo công thức :

$$G = \frac{0,01 W \cdot \Delta}{e} = \frac{0,01 \times 25 \times 2,7}{0,687} = 0,98$$

- Trọng lượng riêng khô của đất tính theo công thức :

$$\gamma_k = \frac{\gamma_w}{1 + 0,01 W} = \frac{20}{1 + 0,01 \times 25} = 16 \text{ kN/m}^3$$

✓ **Bài tập I-7.** Có một mẫu đất khi độ ẩm tự nhiên là $W_1 = 6\%$ thì trọng lượng riêng ướt $\gamma_{w1} = 17 \text{ kN/m}^3$. Hãy xác định trọng lượng riêng ướt γ_{w2} của mẫu đất khi độ ẩm của đất là $W_2 = 25\%$.

$$\gamma_{wt} = \text{const}$$

Bài giải

$$\gamma = \frac{\gamma_1}{V} = \frac{300}{490} = 2,0 \text{ g/cm}^3 = 20 \text{ kN/m}^3$$

✓ **Bài tập I-6.** Thí nghiệm phân tích một mẫu đất được các chỉ tiêu cơ bản như sau :

Trọng lượng riêng tự nhiên : $\gamma_w = 20 \text{ kN/m}^3$

Tỷ trọng hạt : $\Delta = 2,7$

Độ ẩm tự nhiên : $W = 25\%$

Hãy xác định hệ số rỗng e , độ rỗng n , độ no nước G , trọng lượng riêng khô γ_k của mẫu đất đó ?

26

Bài tập I-8. Khi xác định giới hạn sệt của đất sét bằng chùy xuyên Vaxiliev (nặng 76 g, góc ở đỉnh 30°) thả vào bát đất, ta được kết quả sau đây :

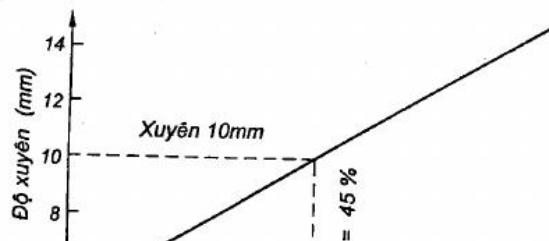
Độ xuyên của chùy (mm)	6,4	7,25	8,82	10,42	11,8
Độ ẩm %	12	20,5	35,5	51	64

Khi thí nghiệm giới hạn dẻo ta được giới hạn dẻo của đất là $W_2 = 27\%$.

Hãy xác định giới hạn sệt W_s , chỉ số dẻo và tên của đất đó ?

Bài giải

Từ kết quả thí nghiệm trên ta được đồ thị quan hệ giữa độ xuyên của chùy (mm) với độ ẩm (%) của mẫu đất (Hình I-3).



Bài giải

Tìm trọng lượng riêng khô γ_k của đất đó theo công thức :

$$\gamma_k = \frac{\gamma_w}{1 + 0,01W_1} = \frac{17}{1 + 0,06} = 16 \text{ kN/m}^3$$

Khi độ ẩm của đất là $W_2 = 25\%$, do trọng lượng riêng khô γ_k của đất không thay đổi nên trọng lượng riêng ướt γ_{w2} được tính như sau :

$$\begin{aligned} \gamma_{w2} &= \gamma_k(1 + 0,01W_2) \\ &= 16.(1 + 0,25) = 20 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

27

- Chỉ số dẻo là :

$$A = W_s - W_d = 45 - 27 = 18$$

- Đây là đất sét vì chỉ số dẻo $A > 17$ (theo phân loại Việt Nam)

✓ **Bài tập I-9.** Xác định trọng lượng riêng ướt của một lớp đất cát nằm dưới mực nước ngầm, biết tỷ trọng hạt của cát là $\Delta = 2,65$; độ rỗng $n = 35\%$.

Bài giải

Hệ số rỗng của cát tính theo công thức :

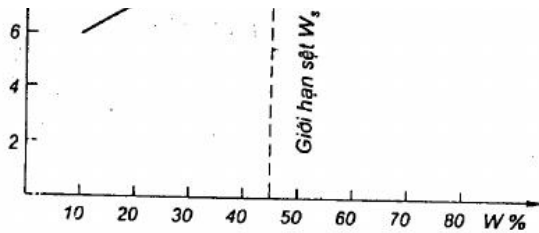
$$e = \frac{n}{100 - n} = \frac{35}{100 - 35} = 0,538$$

Khi cát nằm dưới mực nước ngầm có độ no nước $G = 1$, độ ẩm của cát tính theo công thức :

$$W = \frac{G \cdot e}{\Delta} \cdot 100 = \frac{1 \times 0,538}{2,65} \cdot 100 = 20,3\%$$

Trọng lượng riêng ướt của cát tính theo công thức sau :

$$\gamma_w = \frac{\Delta \cdot \gamma_n \cdot (1 + 0,01W)}{1 + e}$$



Hình 1-3

- Giới hạn sệt là độ ẩm của đất ứng với độ xuyên của chày là 10 mm sau thời gian 5 s.

$$W_s = 45\%$$

28

Bài giải

- Hệ số rỗng của đất được tính theo công thức sau :

$$e = \frac{\Delta \cdot \gamma_n (1 + 0,01W)}{\gamma_w} - 1 = \frac{2,74 \times 10(1 + 0,01 \times 8)}{18,6} - 1 = 0,59$$

- Độ rỗng của đất được tính theo công thức :

$$n = \frac{e}{1 + e} \cdot 100 = \frac{0,59}{1 + 0,59} \cdot 100 = 37,1\%$$

- Chỉ số dẻo của đất là :

$$A = W_s - W_d = 18 - 10 = 8\%$$

Độ sệt của đất là :

$$B = \frac{W - W_d}{A} = \frac{8 - 10}{8} = -0,25$$

Độ no nước của mẫu đất :

$$G = \frac{0,01W \cdot \Delta}{e} = \frac{0,01 \times 8 \times 2,74}{0,59} = 0,37$$

$$= \frac{2,65 \times 10(1 + 0,01 \times 20,3)}{1 + 0,538} = 20,72 \text{ kN/m}^3$$

(Trọng lượng riêng của nước : $\gamma_n = 10 \text{ kN/m}^3$).

✓ **Bài tập I-10.** Một mẫu đất có các chỉ tiêu tính chất vật lý sau : tỷ trọng hạt $\Delta = 2,74$; trọng lượng riêng ướt $\gamma_w = 18,6 \text{ kN/m}^3$; độ ẩm tự nhiên $W = 8\%$; giới hạn dẻo $W_d = 10\%$; giới hạn sệt $W_s = 18\%$.

Hãy xác định hệ số rỗng, độ rỗng, tên và trạng thái của đất đó ?

29

Hệ số rỗng của đất ở trạng thái tự nhiên :

$$e = \frac{\gamma_h}{\gamma_k} - 1 = \frac{\Delta \gamma_n}{\gamma_k} - 1 = \frac{2,64 \cdot 10}{14,5} - 1 = 0,82$$

(Trọng lượng riêng của nước $\gamma_n = 10 \text{ kN/m}^3$)

Trọng lượng riêng khô của đất ở trạng thái xốp nhất :

$$\gamma_k^* = \frac{90}{75} = 1,2 \text{ g/cm}^3 = 12 \text{ kN/m}^3$$

Hệ số rỗng của cát ở trạng thái xốp nhất :

$$e_{\max} = \frac{\Delta \cdot \gamma_n}{\gamma_k^*} - 1 = \frac{2,64 \times 10}{12} - 1 = 1,2$$

Trọng lượng riêng khô của đất ở trạng thái chặt nhất :

$$\gamma_k^{**} = \frac{90}{50} = 1,8 \text{ g/cm}^3 = 18 \text{ kN/m}^3$$

Hệ số rỗng của cát ở trạng thái chặt nhất :

$$e_{\min} = \frac{\Delta \cdot \gamma_n}{\gamma_k^{**}} - 1 = \frac{2,64 \times 10}{18} - 1 = 0,47$$

Đã chất tương đối của cát :

Vậy mẫu đất trên là sét pha vì $7 < A < 17$.

Trạng thái là rắn, vì $B < 0$.

Bài tập I-11. Xác định trạng thái của một mẫu đất cát thông qua độ chặt tương đối D , biết rằng thể tích mẫu cát $V = 62 \text{ cm}^3$. Trọng lượng mẫu sau khi sấy khô $Q_k = 90 \text{ g}$; tỷ trọng hạt của cát $\Delta = 2,64$, thể tích mẫu cát đó ở trạng thái xốp nhất là 75 cm^3 và ở trạng thái chặt nhất là 50 cm^3 .

Bài giải

Trọng lượng riêng khô của đất ở trạng thái tự nhiên được tính bằng công thức sau :

$$\gamma_k = \frac{Q_h}{V} = \frac{90}{62} = 1,45 \text{ g/cm}^3 = 14,5 \text{ kN/m}^3$$

30

Bài giải

- Hệ số rỗng e của đất ở trên mực nước ngầm và dưới mực nước ngầm như nhau và được tính theo công thức sau :

$$e = \frac{\Delta \cdot \gamma_n \cdot (1 + 0,01W)}{\gamma_w} - 1$$
$$= \frac{2,72 \times 10(1 + 0,01 \times 30)}{18} - 1 = 0,96$$

- Đất dưới mực nước ngầm có độ bão hòa $G = 1$. Vì độ ẩm của đất dưới mực nước ngầm được tính theo công thức sau :

$$w = \frac{G \cdot e}{0,01 \cdot \Delta} = \frac{1 \times 0,96}{0,01 \times 2,72} = 35,3\%$$

- Trọng lượng riêng đẩy nổi của đất được tính bằng công thức sau :

$$\gamma_{dn} = \frac{(\Delta - 1) \cdot \gamma_n}{1 + e} = \frac{(2,72 - 1)10}{1 + 0,96} = 8,8 \text{ kN/m}^3$$

- Trọng lượng riêng no nước của đất là :

Độ chặt tương đối

$$D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} = \frac{1,2 - 0,82}{1,2 - 0,47} = 0,52$$

Cát ở trạng thái chặt vừa vì : $0,33 < D = 0,52 < 0,67$.

Bài tập I-12. Một lớp đất sét pha có một nửa ở trên mực nước ngầm và một nửa ở dưới mực nước ngầm.

Các chỉ tiêu tính chất vật lý cơ bản của đất ở trên mực nước ngầm như sau : trọng lượng riêng ướt $\gamma_w = 18 \text{ kN/m}^3$; tỷ trọng hạt $\Delta = 2,72$; độ ẩm tự nhiên $W = 30\%$.

Hãy xác định hệ số rỗng e , độ ẩm W , trọng lượng riêng đẩy nổi, trọng lượng riêng no nước của phần đất dưới mực nước ngầm ?

31

Trọng lượng riêng no nước của cát được tính theo công thức sau :

$$\gamma_{nn} = \gamma_{dn} + \gamma_n = 10,3 + 10 = 20,3 \text{ kN/m}^3$$

Bài tập I-14. Hãy tính lượng nước cần thiết để tưới cho 1 m^2 đất có chiều dày $0,4 \text{ m}$ khi đầm chặt đất đó ở độ ẩm tốt nhất W_{TN} . Biết rằng độ ẩm ban đầu của đất ấy là $W_1 = 15\%$, trọng lượng riêng ban đầu là $\gamma_{w1} = 17,7 \text{ kN/m}^3$, độ ẩm tốt nhất là $W_{TN} = 25\%$.

Bài giải

Trọng lượng riêng khô ban đầu của đất được tính bằng công thức :

$$\gamma_k = \frac{\gamma_{w1}}{1 + 0,01W_1} = \frac{17,7}{1 + 0,01 \times 15}$$
$$= 15,39 \text{ kN/m}^3$$

Trọng lượng riêng ướt của đất với độ ẩm tốt nhất :

$$\gamma_w = \gamma_k(1 + 0,01W_{TN})$$

$$\gamma_{nn} = \gamma_{dn} + \gamma_n = 0,0 + 10 = 10,0 \text{ kN/m}^3$$

✓ **Bài tập I-13.** Một lớp đất cát nằm dưới mực nước ngầm có hệ số rỗng $e = 0,6$; tỷ trọng $\Delta = 2,65$.

Hãy xác định trọng lượng riêng no nước của cát đó ?

Bài giải

Trước tiên tính trọng lượng riêng đẩy nổi của cát :

$$\gamma_{dn} = \frac{(\Delta - 1) \cdot \gamma_n}{1 + e}$$

Với $e = 0,6$; $\Delta = 2,65$; trọng lượng riêng của nước $\gamma_n = 10 \text{ kN/m}^3$ ta được :

$$\gamma_{dn} = \frac{(2,65 - 1) \cdot 10}{1 + 0,6} = 10,3 \text{ kN/m}^3$$

32

$$= 15,39 \cdot (1 + 0,01 \times 25) = 19,23 \text{ kN/m}^3$$

Như vậy để đạt độ ẩm tốt nhất cứ 1 m^3 đất cần thêm vào lượng nước là : $Q_n = 19,23 - 17,7 = 1,53 \text{ kN}$ hay $0,153 \text{ m}^3$

Vậy 1 m^2 đất có chiều dày $0,4 \text{ m}$ sẽ cần lượng nước là :

$$(1 \times 0,4) \times 0,153 \text{ m}^3 = 0,0612 \text{ m}^3.$$

Bài tập I-15. Người ta cho vừa vào một thùng kim loại có thể tích $V = 4 \text{ m}^3$ một lượng cát là $Q_{w1} = 7,56 \text{ tấn}$ có độ ẩm là $W_1 = 10\%$. Khi đặt thùng vào nước, thông qua lỗ đục ở đáy thùng cát trong thùng được bão hòa hoàn toàn ($G = 1$). Để cát được bão hòa hoàn toàn cần 1 lượng nước là $V_2 = 0,68 \text{ m}^3$.

Hãy tính độ rỗng của cát trong thùng ?

33

Bài giải

Trọng lượng của nước thêm vào để cát bão hòa :

$$Q_n = V_2 \cdot \gamma_n = 0,68 \cdot 10 \text{ kN/m}^3 = 6,8 \text{ kN}.$$

Trọng lượng của cát trong thùng khi bão hòa hoàn toàn là :

$$Q_{w0} = Q_{w1} + Q_n = 7,56 + 6,8 = 14,36 \text{ kN}.$$

Trọng lượng cát khô trong thùng được tính bằng công thức sau :

$$Q_k = \frac{Q_{w1}}{1 + 0,01W_1} = \frac{7,56}{1 + 0,01 \times 10} = 6,87 \text{ kN}$$

Độ ẩm của cát trong thùng khi bão hòa nước :

$$W_o = \frac{Q_{w0} - Q_k}{Q_k} \cdot 100 = \frac{14,36 - 6,87}{6,87} \cdot 100 = 108,9\%$$

Trọng lượng riêng khô của cát là :

Độ sệt B của đất đó tính theo công thức sau :

$$B = \frac{W - W_d}{W_s - W_d} = \frac{W - W_d}{A}$$

$$= \frac{35 - 25}{30} = 0,33$$

Theo quy phạm Việt Nam đất đó là đất sét vì :

$$A = 30 > 17.$$

Đất đó ở trạng thái dẻo vì : $0,25 < B < 0,5$

Phân loại theo USCS thì đất đó là sét vô cơ độ dẻo cao CH.

✓ **Bài tập I-17.** Một mẫu đất sét ở dưới mực nước ngầm có tỷ trọng hạt $\Delta = 2,74$, hệ số rỗng $e = 0,8$.

Hãy tính trọng lượng riêng ướt, trọng lượng riêng đẩy nổi của mẫu đất đó ?

Bài giải

Mẫu sét ở dưới mực nước ngầm sẽ ở trạng thái no nước ($G = 1$) và độ ẩm của đất ấy được tính bằng công thức sau :

$$\gamma_k = \frac{Q_k}{V} = \frac{68,7}{4} = 17,2 \text{ kN/m}^3$$

Độ rỗng của cát được tính theo công thức sau :

$$n = \frac{\gamma_k \cdot W_o}{\gamma_n} = \frac{17,2 \times 19,9}{10} = 34\%$$

✓ **Bài tập I-16.** Cho một mẫu đất có độ ẩm tự nhiên $W = 35\%$, giới hạn sệt $W_s = 55\%$, giới hạn dẻo $W_d = 25\%$.

Hãy xác định tên của đất đó theo quy phạm Việt Nam và USCS, và trạng thái đất đó ?

Bài giải

Chỉ số dẻo của đất A (hoặc IP) được tính theo công thức sau :

$$A = W_s - W_d = 55 - 25 = 30$$

34

✓ **Bài tập I-18.** Một mẫu đất có độ rỗng 45% ; tỷ trọng hạt $\Delta = 2,68$; độ bão hòa $G = 0,85$.

Hãy xác định hệ số rỗng e , độ ẩm W , trọng lượng riêng ướt γ_w , trọng lượng riêng khô γ_k , trọng lượng riêng no nước γ_{nn} .

Bài giải

- Xác định hệ số rỗng của đất theo công thức :

$$e = \frac{n}{100 - n} = 0,82$$

- Độ ẩm tự nhiên của đất xác định theo công thức sau :

$$W = \frac{G \cdot e}{0,01 \cdot \Delta} = \frac{0,85 \times 0,82}{0,01 \times 2,68} = 26\%$$

- Trọng lượng riêng ướt :

$$\gamma_w = \frac{\Delta \cdot \gamma_n (1 + 0,01W)}{e + 1}$$

$$2,68 \times 10(1 + 0,01 \times 26)$$

$$W = \frac{G \cdot e}{0,01 \cdot \Delta} = \frac{1 \times 0,8}{0,01 \times 2,74} = 29,2\%$$

Trọng lượng riêng ướt γ_w của đất được tính bằng công thức sau :

$$\gamma_w = \frac{\Delta \cdot \gamma_n \cdot (1 + 0,01W)}{e + 1} = \frac{2,74 \times 10(1 + 0,01 \times 29,2)}{0,8 + 1}$$

$$= 19,66 \text{ kN/m}^3$$

Trọng lượng riêng đẩy nổi γ_{dn} của đất được tính bằng công thức sau :

$$\gamma_{dn} = \frac{(\Delta - 1)\gamma_n}{1 + e}$$

$$= \frac{(2,74 - 1) \times 10}{1 + 0,8} = 9,66 \text{ kN/m}^3$$

35

Bài giải

Trọng lượng riêng ướt γ_{wl} của đất tính theo công thức sau :

$$\gamma_{wl} = \frac{\Delta \cdot \gamma_n \cdot (1 + 0,01W)}{e + 1}$$

$$= \frac{2,7 \times 10(1 + 0,01 \times 25)}{0,87 + 1} = 18 \text{ kN/m}^3$$

Độ bão hòa tính theo công thức sau :

$$G = \frac{0,01 \cdot W \cdot \Delta}{e} = \frac{0,01 \times 25 \times 2,7}{0,87} = 0,77$$

⊗ Khi nén không thoát nước mẫu đất trên cho đến lúc bão hòa có nghĩa là độ ẩm của đất không thay đổi ($\frac{Q_n}{Q_h} = \text{const}$), độ bão hòa $G = 1$.
nén → thể tích hạt đất không đổi
không còn lỗ hổng nước
(nước vẫn ở trong)
 Khi đó hệ số rỗng của đất tính theo công thức sau : r_a

$$= \frac{18,6}{0,82 + 1} = 18,6 \text{ kN/m}^3$$

- Trọng lượng riêng khô :

$$\gamma_k = \frac{\gamma_w}{1 + 0,01W} = \frac{18,6}{1 + 0,01 \times 26} = 14,76 \text{ kN/m}^3$$

- Trọng lượng riêng đầy nổi :

$$\gamma_{dn} = \frac{(\Delta - 1)\gamma_n}{1 + e} = \frac{(2,68 - 1) \times 10}{1 + 0,82} = 9,23 \text{ kN/m}^3$$

- Trọng lượng riêng no nước :

$$\gamma_{nn} = \gamma_{dn} + \gamma_n = 9,23 + 10 = 19,23 \text{ kN/m}^3$$

✓ **Bài tập I-19.** Một mẫu đất có tỷ trọng hạt $\Delta = 2,7$; độ ẩm 25% ; hệ số rỗng 0,87.

Hãy xác định : Trọng lượng riêng ướt và độ bão hòa của đất ? Trọng lượng riêng ướt và hệ số rỗng mới, nếu mẫu đất bị nén không thoát nước cho đến khi nở vừa bão hòa.

36

Vẽ đường cấp phối hạt, xác định tên đất và hệ số không đều của cát ấy.

Bài giải

Tổng trọng lượng của mẫu phân tích :

$$Q = 10 + 15 + 20 + 30 + 50 + 60 + 10 + 5 = 200 \text{ g}$$

Phân lượng của mỗi nhóm hạt :

$$\text{- Nhóm hạt có } d > 10 \text{ mm chiếm } \frac{q}{Q} \cdot 100 = \frac{10}{200} \cdot 100 = 5\%$$

$$\text{- Nhóm hạt có } d = 4 \div 10 \text{ mm chiếm } \frac{15}{200} \cdot 100 = 7,5\%$$

Tiếp tục như vậy xác định được phân lượng của tất cả các nhóm hạt (ghi ở dòng 3 bảng I-12).

Để vẽ đường cong cấp phối hạt phải tính hàm lượng tích lũy.

Các hạt có đường kính $d \leq 10 \text{ mm}$ chiếm $100 - 5 = 95\%$;

$$e = \frac{0,01 \cdot W \cdot \Delta}{G} = \frac{0,01 \times 25 \times 2,7}{1} = 0,675$$

Trọng lượng riêng ướt của đất γ_{w2} được tính theo công thức :

$$\gamma_{w2} = \frac{\Delta \cdot \gamma_n \cdot (1 + 0,01W)}{e + 1} = \frac{2,7 \times 10(1 + 0,01 \times 25)}{0,675 + 1} = 20,15 \text{ kN/m}^3$$

Bài tập I-20. Phân tích hạt một loại cát bằng phương pháp rây cho kết quả ghi trong dòng thứ hai của bảng I-12.

Bảng I-12

Kích thước hạt (mm)	>10	10-4	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
Trọng lượng (g)	10	15	20	30	50	60	10	5
Phân lượng (%)	5	7,5	10	15	25	30	5	2,5

37

So sánh với bảng I-9 ta thấy điều kiện đầu tiên mà cấp phối hạt này đạt được là hạt có đường kính $d > 0,5 \text{ mm}$ chiếm trên 50%, vậy đất này thuộc loại cát thô.

Trên đường cong cấp phối hạt của loại đất này (Hình I-2, đường II) ta xác định được :

Đường kính hạt ứng với hàm lượng tích lũy 60% là $d_{60} = 0,9 \text{ mm}$;

Đường kính hạt ứng với hàm lượng tích lũy 10% là $d_{10} = 0,28 \text{ mm}$;

Vậy hệ số không đều của loại đất này là :

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,9}{0,28} \approx 3$$

Phân loại theo tiêu chuẩn ASTM - 2487 ta làm như sau :

Những hạt có đường kính lớn hơn mắt rây N°4 (xem 4,76

các hạt đường kính $d \leq 4$ mm chiếm $100 - 5 - 7,5 = 87,5\%$; các hạt đường kính $d \leq 2$ mm chiếm $100 - 5 - 7,5 - 10 = 77,5\%$; tiếp tục như vậy xác định được hàm lượng tích lũy của tất cả các nhóm như trong bảng dưới đây :

Hạt có đường kính d (mm)	≤ 10	≤ 4	≤ 2	≤ 1	$\leq 0,5$	$\leq 0,2$	≤ 0
Hàm lượng tích lũy (%)	95	87,5	77,5	62,5	37,5	7,5	2,5

Từ hàm lượng tích lũy các cỡ hạt, ta vẽ đường cong cấp phối hạt của đất (đường II, hình I-2). Nếu tích lũy các hàm lượng hạt đi dần từ trái sang phải ta có :

Các hạt có $d > 10$ mm chiếm 5% ;

Các hạt $d > 4$ mm chiếm 12,5% ;

Các hạt $d > 2$ mm chiếm 22,5% ;

Các hạt $d > 1$ mm chiếm 37,5% ;

Các hạt $d > 0,5$ mm chiếm 62,5 % ;

Cũng theo định nghĩa $\gamma_w = \frac{g}{V}$ mà $Q = Q_h + Q_n$,

Ta viết $\gamma_w = \frac{Q_h + Q_n}{V}$ (b)

Từ đó có $V = \frac{Q_h + Q_n}{\gamma_w}$

Mặt khác, theo định nghĩa $W = \frac{Q_n}{Q_h}$ nên $Q_n = W \cdot Q_h$

nên ta có $V = \frac{Q_h + W \cdot Q_h}{\gamma_w}$ (c)

Thay (c) vào (a) sẽ có :

mm $\approx 4,00$ mm) là : $100 - 87,5 = 12,5\%$, ít hơn một nửa (50%).

Thêm nữa, những hạt nhỏ hơn mắt rây N^o200 (0,074 mm $\approx 0,1$ mm) ít hơn 5%. Vậy đất này là cát, ký hiệu S.

Vì hệ số $C_u = 3 < 4$, nên cát này là cấp phối kém P. Như vậy đất này là SP.

Bài tập I-21. Chứng minh (thiết lập) các công thức (I-15), (I-16), (I-17) để từ các chỉ tiêu γ_w , W , Δ (hoặc γ_h) phải xác định bằng thí nghiệm, tính ra hệ số rỗng e mà không cần phải làm thí nghiệm.

Bài giải

Theo định nghĩa $e = \frac{V_r}{V_h}$ mà $V_r = V - V_h$,

Ta viết được $e = \frac{V - V_h}{V_h} = \frac{V}{V_h} - 1$ (a)

(là biểu thức (I-24) của bảng I-11).

Trở lại biểu thức (I-15), thay $\frac{(1 + 0,01W)}{\gamma_w}$ bằng $\frac{1}{\gamma_k}$, thay $\Delta \gamma_n$ bằng γ_h ta có biểu thức (I-16) :

$$e = \frac{\gamma_h}{\gamma_k} - 1$$

***** Để chứng minh biểu thức (I-17), cũng dựa vào định nghĩa : $n = \frac{V_r}{V}$ và $e = \frac{V_r}{V_h}$ rút ra $V_r = nV = e \cdot V_h$ (g)

Từ (g) suy ra $e = n \frac{V}{V_h}$; chú ý $V = V_r + V_h$ thì có :

$$V + V \quad V \quad V$$

$$e = \frac{1}{\gamma_w} \cdot \frac{Q_h + W \cdot Q_h}{V_h} - 1 \quad (d)$$

Lại dùng định nghĩa $\frac{Q_h}{V_h} = \gamma_h$ và $\Delta = \frac{\gamma_h}{\gamma_n}$ nghĩa là $\gamma_h = \Delta \gamma_n$ thêm hệ số 0,01 để đổi W (thường biểu thị bằng %) sang số thập phân thì từ (d) ta có biểu thức (I-15) :

$$e = \frac{\gamma_h(1+0,01W)}{\gamma_w} - 1 = \frac{\Delta \gamma_n(1+0,01W)}{\gamma_w} - 1$$

Dùng liên hệ (b) trong đó thay $Q_n = W \cdot Q_h$ sẽ có :

$$\gamma_w = \frac{Q_h}{V} + W \cdot \frac{Q_h}{V} \quad (e)$$

Chú ý rằng, theo định nghĩa $\frac{Q_h}{V} = \gamma_k$ biểu thức (e) biến đổi thành $\gamma_w = \gamma_k + W \cdot \gamma_k$; từ đây, thêm hệ số 0,01 cho W ta sẽ có :

$$\gamma_k = \frac{\gamma_w}{1+0,01W}$$

40

$$e = n \frac{V_r + V_h}{V_h} = n \left(\frac{V_r}{V_h} + \frac{V_h}{V_h} \right) = n(e+1) \quad (h)$$

Từ (h) viết lại $e = ne + n$

Cuối cùng có $e = \frac{n}{1-n}$. Ở đây, n biểu thị bằng số thập phân, nếu tính bằng số phần trăm ta có biểu thức (I-17) :

$$e = \frac{n}{100 - n}$$

Bài tập I-22 đến I-26. Có các mẫu đất sét, biết độ ẩm tự nhiên W, độ ẩm giới hạn sét W_s và độ ẩm giới hạn dẻo W_d như trong bảng I-13.

Bảng I-13

Số thứ tự bài tập	Độ ẩm tự nhiên W%	Độ ẩm giới hạn sét W_s %	Độ ẩm giới hạn dẻo W_d %
I-22	24,15	27,78	22,08
I-23	36,33	33,87	24,22
I-24	34,27	45,42	30,62
I-25	40,51	55,26	36,51
I-26	48,72	60,17	35,92

41

Xác định tên và trạng thái của các mẫu đất đó.

Trả lời (Bảng I-14)

Bảng I-14

Số thứ tự bài tập	Chỉ số dẻo A	Độ đặc B	Tên đất và trạng thái theo tiêu chuẩn Việt Nam	Tên đất theo ASTM
I-22	5,70	< 0	Á cát - cứng	MI gần CL
I-23	9,65	1,25	Á sét - chảy nhão	ML
I-24	14,80	0,246	Á sét - nửa cứng	ML
I-25	18,75	0,214	Sét - nửa cứng	MH
I-26	24,25	0,527	Sét - dẻo mềm	CH

Bài tập I-32 đến I-36. Biết trọng lượng 1 m³ cát khô Q_h , tỷ trọng hạt Δ và độ ẩm W của nó như ghi trong bảng I-17.

Bảng I-17

Số thứ tự bài tập	Q_h (kN/m ³)	D	W(%)
I-32	15,00	2,60	28
I-33	14,80	2,64	25
I-34	14,35	2,63	25
I-35	15,2	2,66	20
I-36	16,30	2,68	15

Xác định trọng lượng riêng ướt γ_w và trọng lượng riêng no

Bài tập I-27 đến I-31. Có các mẫu đất, biết hệ số rỗng e , tỷ trọng hạt Δ và độ no nước G như trong bảng I-15.

Bảng I-15

Số thứ tự bài tập	Hệ số rỗng e	Tỷ trọng hạt Δ	Độ no nước G
I-27	0,93	2,65	0,73
I-28	0,82	2,70	0,82
I-29	0,95	2,73	0,88
I-30	1,10	2,75	0,92
I-31	1,16	2,76	0,98

Xác định độ ẩm và trọng lượng riêng của các mẫu đất ấy.

Trả lời (Bảng I-16)

Bảng I-16

Số thứ tự bài tập	I-27	I-28	I-29	I-30	I-31
Độ ẩm W (%)	25,6	24,9	30,6	36,8	41,2
Trọng lượng riêng γ_w (kN/m ³)	17,25	18,6	18,3	18,00	18,05

42

Tính trọng lượng riêng ướt γ_w , trọng lượng riêng khô γ_k , độ rỗng n , hệ số rỗng e và độ no nước G của đất ấy.

Trả lời (Bảng I-20)

Bảng I-20

Số thứ tự bài tập	γ_w (kN/m ³)	γ_k (kN/m ³)	n (%)	e	G
I-37	20,93	17,44	35,30	0,55	1,00
I-38	19,81	15,55	42,5	0,76	0,98
I-39	19,37	15,35	43,70	0,78	0,91
I-40	18,26	16,66	39,40	0,65	0,41
I-41	19,42	15,57	43,50	0,77	0,88

nước γ_{nn} của cát ấy.

Trả lời (Bảng I-18)

Bảng I-18

Số thứ tự bài tập	I-32	I-33	I-34	I-35	I-36
γ_w (kN/m ³)	19,20	18,50	18,00	18,25	18,75
γ_{nn} (kN/m ³)	19,23	19,18	18,90	19,48	20,20

Bài tập I-37 đến I-41. Có một mẫu đất biết thể tích V , trọng lượng đất ẩm Q , trọng lượng đất khô Q_h và tỷ trọng hạt Δ như ghi trong bảng I-19.

Bảng I-19

Số thứ tự bài tập	Thể tích V (cm ³)	Trọng lượng ẩm Q (g)	Trọng lượng khô Q_h (g)	Tỷ trọng hạt Δ
I-37	60	125,58	104,42	2,70
I-38	60	118,85	93,30	2,71
I-39	38	73,56	58,42	2,73
I-40	20	36,52	33,32	2,75
I-41	20	58,84	31,14	2,76

43

Bài tập I-47 đến I-51. Một lớp cát nằm dưới mực nước ngầm có trọng lượng no nước γ_{nn} và tỷ trọng hạt Δ , trong phòng thí nghiệm xác định được hệ số rỗng ở trạng thái xốp nhất và trạng thái chặt nhất của đất ấy là e_{max} và e_{min} (các trị số ghi trong bảng I-23). Xác định độ chặt tương đối D và trạng thái của đất ấy.

Bảng I-23

Số thứ tự bài tập	γ_{nn} (kN/m ³)	Δ	e_{max}	e_{min}
I-47	19,57	2,62	0,75	0,65

Bài tập I-42 đến I-46. Kết quả thí nghiệm phân tích một mẫu đất cho biết trọng lượng riêng tự nhiên γ_w , tỷ trọng hạt Δ , độ ẩm W như ghi trong bảng I-21.

Bảng I-21

Số thứ tự bài tập	γ_w (kN/m ³)	Δ	W(%)
I-42	17,00	2,66	12,00
I-43	20,00	2,67	23,00
I-44	18,00	2,77	42,00
I-45	19,80	2,72	19,00
I-46	18,5	2,71	26,00

Xác định hệ số rỗng e, độ rỗng n, độ no nước G và trọng lượng riêng khô γ_k của đất.

Trả lời (Bảng I-22)

Bảng I-22

Số thứ tự bài tập	e	n(%)	G	γ_k (kN/m ³)
I-42	0,75	42,80	0,42	15,20
I-43	0,64	39,00	0,96	16,25
I-44	1,18	54,20	0,99	12,70
I-45	0,63	38,80	0,82	16,65
I-46	0,85	46,00	0,83	13,70

I-48	19,12	2,65	0,82	0,70
I-49	18,93	2,61	0,84	0,71
I-50	19,73	2,67	0,79	0,64
I-51	20,43	2,69	0,73	0,62

Trả lời (Bảng I-24)

Bảng I-24

Số thứ tự bài tập	I-47	I-48	I-49	I-50	I-51
Độ chặt D	0,85	0,08	0,32	0,47	1,00
Trạng thái	Chặt	Xốp	Xốp	Chặt vừa	Chặt

Chương II

TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA ĐẤT

dưới tác dụng của gradien thủy lực. Dòng chảy đó gọi là dòng thấm và tính chất đó của đất (nước có thể chảy qua lỗ rỗng) gọi là tính thấm của đất.

Thí nghiệm chứng tỏ rằng : dòng thấm là một dòng chảy tầng, nghĩa là nó tuân theo định luật Darcy, cho nên ta có biểu thức :

$$v = k_t \cdot I \quad (II-1)$$

Trong đó :

v - vận tốc thấm ;
I - gradien thủy lực ;

TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Muốn giải quyết những bài toán cơ bản của Cơ học đất như : tính toán biến dạng của nền đất, xác định sức chịu tải của nền đất, xác định áp lực đất tác dụng lên các vật chôn, v.v... thì trước tiên phải hiểu rõ các tính chất của đất dưới tác dụng của các lực ngoài. Nói cách khác là phải hiểu rõ các tính chất cơ học của đất.

Trong cơ học đất, người ta sử dụng rộng rãi những kết quả của các môn cơ học ứng dụng khác (như cơ học lý thuyết, cơ học các vật thể rời, lý thuyết đàn hồi, lý thuyết dẻo v.v...). Nhưng đất là một vật thể rất khác biệt so với các vật thể khác (nó là một vật thể phân tán và có lỗ rỗng) ta không thể lấy kết quả của các môn cơ học khác mà áp dụng trực tiếp, nguyên vẹn cho đất ; cho nên, chỉ có nắm vững các tính chất cơ học rút ra từ bản chất vật lý của đất, mới có thể dùng những kết quả của các môn cơ học khác mà giải quyết đúng đắn các bài toán của cơ học đất. Người ta thường nêu lên mấy tính chất cơ học chính của đất như dưới đây.

II-1. Tính thấm của đất

Ở trong đất nước di chuyển do nhiều nguyên nhân nhưng quan trọng hơn cả là dòng nước chảy trong lỗ rỗng của đất

46

$$H = h_1 + h_2 + \dots + h_n$$

Nếu ta xem các lớp đất có hệ số thấm khác nhau như một lớp đất đồng nhất có hệ số thấm là k_α thì chiều dày tương đương của lớp đất đó tính theo công thức :

$$h_{td} = \frac{1}{k_\alpha} \sum_{i=1}^n k_i \cdot h_i \quad (\text{II-1b})$$

Thí dụ : $k_\alpha = k_1$ thì :

i - gradient thủy lực ;

$$I = \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

với ΔH - độ chênh cột nước áp ; ΔL - chiều dài đường thấm giữa hai điểm ta xét.

k_t - hệ số thấm của đất, xác định bằng thí nghiệm trực tiếp. Hệ số thấm của đất phụ thuộc kích thước, hình dạng hạt, kết cấu và độ chặt của đất. Trị giá hệ số thấm biến đổi trong một phạm vi rất rộng.

Cần chú ý rằng định luật Darcy chỉ đúng trong một khoảng nhất định ; đối với các đất cát, dòng thấm chỉ là dòng chảy tầng khi I nhỏ hơn $I_{giới hạn}$ (ứng với $v_{giới hạn}$ chảy rối). Ở các đất sét, gradient I phải lớn hơn một trị số gọi là gradient ban đầu I_0 thì mới có dòng thấm. Đối với các đất sét người ta viết lại biểu thức (II-1) là :

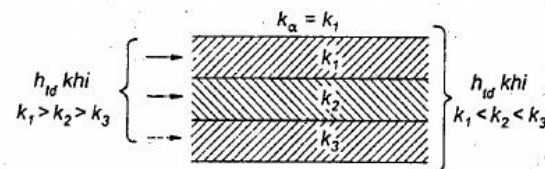
$$v = k_t(I - I_0) \quad (\text{II-1}')$$

Nếu khối đất có nhiều lớp chiều dày $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ với hệ số thấm của từng lớp là $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ thì khi xét dòng thấm qua khối đất có thể dùng hệ số thấm tương đương k_{td} .

Trường hợp dòng thấm song song với mặt phân lớp (thấm ngang, hình II-1) :

$$k_{td} = \frac{1}{H} (k_1 h_1 + k_2 h_2 + \dots + k_n h_n) \quad (\text{II-1a})$$

47



Hình II-1. Trường hợp thấm ngang

$$h_{td} = h_1 + \frac{k_2}{k_1} h_2 + \frac{k_3}{k_1} h_3 + \dots + \frac{k_n}{k_1} h_n \quad (II-1c)$$

k_α lấy giá trị lớn nhất trong các k_i thì $h_{td} < H$

k_α lấy giá trị nhỏ nhất trong các k_i thì $h_{td} > H$

Trường hợp dòng thấm vuông góc với một phân lớp (thấm đứng, hình II-2) :

$$k_{td} = \frac{H}{\frac{h_1}{k_1} + \frac{h_2}{k_2} + \dots + \frac{h_n}{k_n}} \quad (II-1d)$$

$$H = h_1 + h_2 + \dots + h_n$$

Chiều dày tương đương tính đối của các lớp đất khi coi chúng như một lớp đất có hệ số thấm k_β là :

$$h_{td} = k_\beta \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{k_i} \quad (II-1e)$$

$k_\beta = k_1$ thì

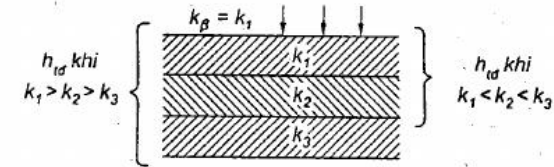
$$h_{td} = h_1 + \frac{k_1}{k_2} h_2 + \frac{k_1}{k_3} h_3 + \dots + \frac{k_1}{k_n} h_n \quad (II-1f)$$

k_β lấy giá trị lớn nhất trong các k_i thì $h_{td} > H$

k_β lấy giá trị nhỏ nhất trong các k_i thì $h_{td} < H$

vật thể biến dạng tuyến tính (nghĩa là đối với đất ứng suất và biến dạng có liên hệ bậc nhất với nhau). Giả thiết này xem như chấp nhận được nếu tải trọng tác dụng lên nền tương đối nhỏ (trong tiêu chuẩn Việt Nam - dựa theo tiêu chuẩn Liên Xô trước đây - có nêu ra giá trị tải trọng giới hạn để áp dụng giả thiết này, mà nhiều người thường gọi không chính xác là cường độ tiêu chuẩn của đất, với ký hiệu $R^{(c)}$).

Trên cơ sở giả thiết này



Hình II-2. Trường hợp thấm đứng

Khi dòng thấm chảy qua khối đất, nó tác dụng lên đất lực thủy động. Trị số của áp lực thủy động là $I \cdot \gamma_n$; trong đó I là gradien thủy lực trong khoảng phân tố đang xét, γ_n là trọng lượng riêng của nước. Lưu ý lực này bản chất là lực thể tích, với phân tố dày đơn vị, lực thủy động $I \cdot \gamma_n \cdot 1$ sẽ là lực bề mặt.

Đường thấm thường gọi là đường dòng, còn đường nối tất cả các điểm có cùng độ chênh cột nước áp gọi là đường thế. Khi nghiên cứu ổn định của khối đất có xét đến tác động của các dòng thấm, người ta phải vẽ ra toàn bộ hệ thống các đường dòng và đường thế.

II-2. Tính biến dạng của đất

1. Giả thiết nền biến dạng tuyến tính. Môđun biến dạng và hệ số nở hông (hệ số Poisson) của đất

Để xác định trạng thái ứng suất - biến dạng của nền đất, hiện nay người ta áp dụng rộng rãi giả thiết xem đất là một

$$E = \frac{(1 - \mu^2) \cdot \omega \cdot d \cdot \Delta p}{\Delta s} \quad (II-2a)$$

Với bản nền vuông :

$$E = \frac{(1 - \mu^2) \cdot \omega \cdot b \cdot \Delta p}{\Delta s} \quad (II-2b)$$

Trong các công thức trên :

Δp là áp suất tác dụng lên đất, Δs là độ biến dạng của đất, ω là trọng lượng riêng của đất.

trên cơ sở giả thiết như vậy, người ta áp dụng những kết quả của lý thuyết đàn hồi (sử dụng lời giải các bài toán về ứng suất - biến dạng của một nửa không gian đàn hồi hoặc một nửa mặt phẳng đàn hồi) cho nền đất.

Đối với đất, hệ số tỷ lệ giữa ứng suất và biến dạng gọi là môđun biến dạng E (mà không gọi là môđun đàn hồi như các vật liệu đàn hồi). Điều này chú ý là không những các loại đất khác nhau có môđun biến dạng E khác nhau, mà ngay cả với một loại đất, môđun biến dạng E cũng biến đổi tùy thuộc nhiều yếu tố như trạng thái của đất, khoảng áp lực nén, lịch sử gia tải v.v...

Môđun biến dạng E của đất thường được xác định bằng thí nghiệm nén đất ở hiện trường. Từ kết quả thí nghiệm trị số E tính theo công thức :

$$E = (1 - \mu^2) \frac{N}{S \cdot d} \quad (II-2)$$

Trong đó :

N - tổng tải trọng tác dụng lên tấm nén ;

S - tổng độ lún của tấm nén, ứng với tải trọng N ;

d - đường kính tấm nén tròn (nếu tấm nén vuông có thể

dùng đường kính tương đương $d_{td} = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}}$;

μ - hệ số nở hông (hệ số Poisson) của đất.

Khi muốn tìm môđun biến dạng E của đất trong khoảng tải trọng Δp , xuất phát từ công thức (II-2), sau một vài biến đổi ta có các công thức sau :

nén (có vách cứng) mẫu đất chỉ biến dạng theo phương thẳng đứng mà thôi ($\lambda_z \neq 0, \lambda_x = \lambda_y = 0$). Mẫu đất chịu ứng suất nén theo cả ba chiều ($\sigma_z = p$ - áp lực nén, $\sigma_x = \sigma_y = \xi \cdot \sigma_z$; ξ - gọi là hệ số áp lực hông của đất).

Vì biến dạng lún của mẫu đất chỉ là do thay đổi thể tích lỗ rỗng (thể tích hạt rắn và nước xem như không thay đổi) cho nên khi đo được độ lún của mẫu đất người ta suy ra độ rỗng

μ - hệ số Poisson của đất ; có thể lấy gần đúng như sau : cát và cát pha $\mu = 0,3$, sét pha và sét $\mu = 0,4$;

ω - hệ số ; với bàn nén tròn $\omega = 0,79$; với bàn nén vuông $\omega = 0,88$;

d - đường kính bàn nén tròn và cạnh bàn nén vuông ;

Δp - khoảng tải trọng cần tìm E (với p là cường độ tải trọng ở đáy bàn nén) ;

Δs - số gia lún ứng với Δp .

Cũng như đối với các vật thể đàn hồi (có môđun và hệ số Poisson của nó), môđun biến dạng E và hệ số Poisson μ là 2 chỉ tiêu đặc trưng cho tính biến dạng của đất .

Hệ số μ của đất cũng là một đặc trưng biến dạng phải xác định bằng thí nghiệm, nhưng thông thường hệ số μ biến đổi trong khoảng khá hẹp, vì vậy có thể chọn ước lượng hệ số μ như bảng II-1.

Bảng II-1

Loại đất	μ	Ghi chú
Cát	0,20 ~ 0,28	Số thứ nhất tương ứng với cát chặt hoặc sét ở trạng thái cứng, số thứ hai là giá trị trung bình.
Cát pha	0,25 ~ 0,31	
Sét pha	0,20 ~ 0,37	
Sét	0,10 ~ 0,41	

2. Thí nghiệm nén đất trên máy nén một trục không nở hông (oedometer) và đường con nén của đất

Để nghiên cứu tính nén lún của đất, trong phòng thí nghiệm người ta thường nén đất bằng máy nén một trục : trong hộp

Lấy $\sigma_1 = 1 \text{ daN/cm}^3$

$\sigma_2 = 2,72 \text{ daN/cm}^3$ ($e = 2,72$)

dễ dàng tính được : $C = e_1 - e_2$

nen khi đó được dự lưn của mẫu đất người ta suy ra dự lưng, hệ số rỗng của nó. Đường biểu diễn quan hệ giữa áp lực nén p và hệ số rỗng e gọi là đường nén của đất.

Có hai cách biểu diễn quan hệ giữa p (áp lực nén) và hệ số rỗng e .

Cách thứ nhất là dùng đồ thị $e = f(\log p)$ hay $e = f(\log \sigma_c)$.

Trên đồ thị này thực nghiệm cho thấy có hai nhánh thẳng : Trong khoảng đầu, khi áp lực nén còn nhỏ hơn một giá trị p_c (hoặc σ_c), nhánh thẳng này có độ dốc nhỏ, độ dốc này gọi là C_r ; trong khoảng áp lực lớn hơn σ_c đường nén có độ dốc lớn hơn nhiều, độ dốc này gọi là chỉ số nén C_c . Công thức chung để tính C_r hoặc C_c như sau :

$$C = \frac{e_1 - e_2}{\log \sigma_1 - \log \sigma_2} \quad (\text{II-2c})$$

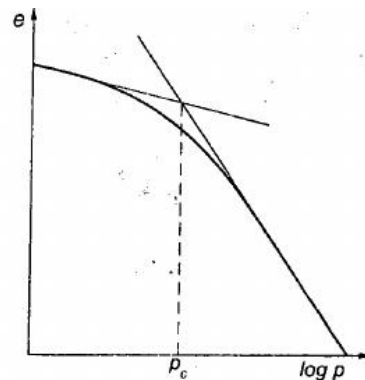
σ_1, σ_2 - khoảng áp lực nén.

e_1, e_2 - hệ số rỗng ứng với σ_1, σ_2 .

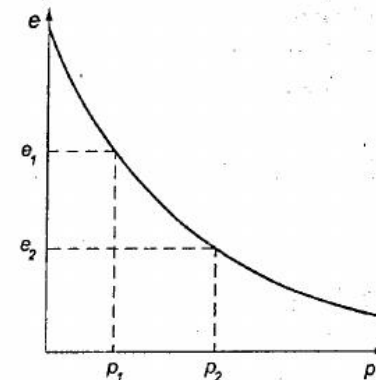
Áp lực ranh giới giữa 2 nhánh thẳng p_c (hoặc σ_c) gọi là áp lực cố kết trước (Hình II-3).

Cần lưu ý là có thể vẽ đường cong nén theo logarit thập phân ($\lg \sigma$) hoặc logarit tự nhiên ($\ln \sigma$). Nếu vẽ đường cong nén theo $\ln \sigma$ thì chỉ số nén tính theo công thức sau :

$$C = \frac{e_1 - e_2}{\ln \sigma_1 - \ln \sigma_2} \quad (\text{II-2d})$$



Hình II-3. Đường nén $e = f(\log p)$



Hình II-4. Đường nén $e = f(p)$

Cách thứ hai là biểu diễn quan hệ $p - e$ bằng đồ thị $e = f(p)$ hay $e = f(\sigma)$. (Hình II-4).

Theo N.N. Ivanov phương trình đơn giản hóa của đường cong nén lúc này có dạng :

$$e = e_1 - \frac{\ln \sigma}{B} \quad (\text{II-2e})$$

Trong đó :

e - hệ số rỗng khi áp lực nén $\sigma > 1 \text{ daN/cm}^2$;

e_1 - hệ số rỗng khi áp lực nén $\sigma = 1 \text{ daN/cm}^2$;

B - hệ số được xác định có kể đến dạng logarit của đường nén.

Khi áp dụng cho những tính toán công trình người ta thường dùng giả thiết sau :

Trong khoảng ứng suất nén biến đổi nhỏ, biến thiên hệ số rỗng tỷ lệ bậc nhất với biến thiên áp lực nén, ta có :

$$\Delta e = - a \Delta p \quad (\text{II-3})$$

hệ số rỗng ta dùng đến đặc trưng hệ số nén a , chỉ số nén C_c (hoặc C_r), hệ số nén thể tích m_v .

E, a, C_c, m_v, μ, ξ là những đặc trưng biến dạng của đất mà ta thường gặp. Những đặc trưng này có vai trò, ý nghĩa khác nhau. Nhưng giữa chúng có những liên hệ định lượng.

Hệ số tỷ lệ a gọi là hệ số nén của đất. Hệ số nén có thứ nguyên ngược với ứng suất, đơn vị thường dùng là cm^2/N . Thay $\Delta e = e_1 - e_2$, $\Delta p = p_2 - p_1$, biểu thức (II - 3) viết lại thành :

$$e_1 - e_2 = a(p_2 - p_1) \quad (\text{II-4})$$

Từ (II - 4) rút ra công thức xác định hệ số nén của đất :

$$a = \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1} \quad (\text{II-5})$$

Trong tính toán người ta cũng hay dùng hệ số nén tính đối a_0 (còn gọi là hệ số nén tương đối, hệ số nén thể tích m_v) :

$$m_v = a_0 = \frac{a}{1 + e_1} \quad (\text{II-6})$$

Trong các công thức (II - 4) + (II-6) ký hiệu :

p_1, p_2 - ứng suất nén lúc đầu (trước khi thêm tải) và lúc cuối (sau khi thêm tải) ;

$\Delta p = p_2 - p_1$ - ứng suất gây lún ;

e_1, e_2 - hệ số rỗng của mẫu đất ứng với các ứng suất p_1, p_2 .

3. Liên hệ giữa các đặc trưng biến dạng của đất

Nén đất khi được xem như một vật thể biến dạng tuyến tính thì có hai hằng số đặc trưng cơ bản là môđun biến dạng E và hệ số nở hông μ ; ngoài ra, có thể kể thêm một chỉ tiêu phụ nữa là hệ số áp lực hông ξ . Đồng thời, riêng đối với đất (là vật thể có lỗ rỗng) khi xét liên hệ giữa ứng suất nén và

Thực tế thì hệ số m (thể hiện sự sai khác giữa hai kiểu thí nghiệm) biến đổi rất phức tạp ; có đề nghị tham khảo là với độ sệt $B = 0 \sim 1,0$, hệ số rỗng $e = 0,4 \sim 1,1$ thì :

khác nhau. Nhưng giữa chúng có những liên hệ định lượng.

Từ μ có thể tính ra trị số ξ (hệ số nén hông) theo hệ thức :

$$\xi = \frac{\mu}{1 - \mu} \quad (\text{II-7})$$

hoặc ngược lại :

$$\mu = \frac{\xi}{1 + \xi} \quad (\text{II-8})$$

Giữa môđun biến dạng E và hệ số nén a có hệ thức :

$$E = \frac{\beta(1 + e_1)}{a} = \frac{\beta}{m_v} \quad (\text{II-9})$$

hoặc ngược lại :

$$m_v = \frac{a}{(1 + e_1)} = a_0 = \frac{\beta}{E} \quad (\text{II-9'})$$

Hệ số β xác định bằng biểu thức :

$$\beta = 1 - 2\mu \cdot \xi = 1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu} = 1 - \frac{2\xi^2}{1 + \xi} \quad (\text{II-10})$$

Cần lưu ý rằng thí nghiệm nén đất trên máy nén một trục không nở hông trong phòng cho ta kết quả môđun biến dạng E nhỏ hơn nhiều so với môđun biến dạng E xác định bằng thí nghiệm nén ngoài hiện trường. Vì vậy, với kết quả thí nghiệm nén trong phòng người ta thường đưa vào hệ số điều chỉnh m :

$$E = m \cdot \frac{1 + e_1}{a} \cdot \beta \quad (\text{II-10a})$$

Kết quả nén có kết được trình bày theo hai dạng

- Trên đồ thị : $\Delta h = f(\log t)$, theo phương pháp Casagrande (Hình II-5) .

$$m = \frac{2,72}{e} \quad (\text{II-10b})$$

4. Cố kết thấm của đất dính no nước

Tính biến dạng của đất có một đặc điểm quan trọng là kéo dài theo thời gian. Sở dĩ như vậy vì hai nguyên nhân : một là, dưới tác dụng của áp lực nén nước trong lỗ rỗng của đất phải dần dần, lâu mới thoát đi được, và hai là, do tính từ biến của cốt liệu đất.

Quá trình độ chặt của đất tăng dần, biến dạng (độ lún) tăng dần, cho tới khi ổn định dưới tác dụng của một áp lực nén không đổi gọi là quá trình cố kết của đất. Cố kết do yếu tố thấm của nước lỗ rỗng quyết định gọi là cố kết thấm, cố kết do từ biến của cốt liệu đất gọi là cố kết thứ cấp.

Mức độ cố kết của đất, và do đó độ lún của đất, ở một thời điểm t sau khi đã gia tải thường được đánh giá bằng độ cố kết U . Trong trường hợp nước chỉ thoát theo một chiều, biểu thức gần đúng để xác định độ cố kết U là :

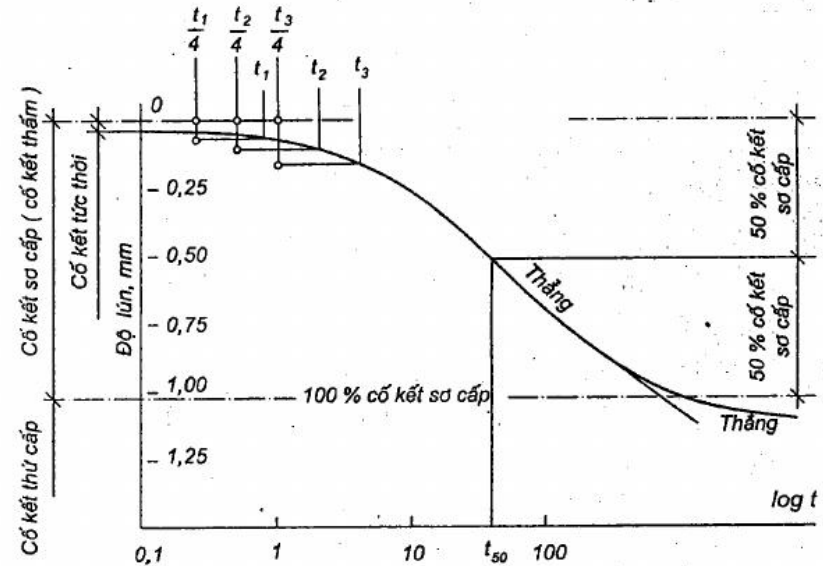
$$U = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-\frac{\pi^2 C_v}{4h^2} t} \quad (\text{II-10c})$$

Trong đó C_v là hằng số cố kết của đất, theo lý thuyết :

$$C_v = \frac{k_1 \cdot (1 + e_m)}{a \cdot \gamma_n} \quad (\text{II-10d})$$

Để dự báo thời gian cố kết được gần đúng với thực tế thì quan trọng nhất là phải xác định đúng được hằng số cố kết thấm C_v của đất. Tốt nhất là phải xác định C_v bằng thí nghiệm nén cố kết : nén rất chậm, mỗi cấp tải trọng nén duy trì cho đến khi sau 24 giờ độ nén nhỏ hơn 0,01mm mới xem là ổn định.

$$C_v = 0,197 \cdot \frac{h^2}{t_{50}} \quad (\text{II-10e})$$

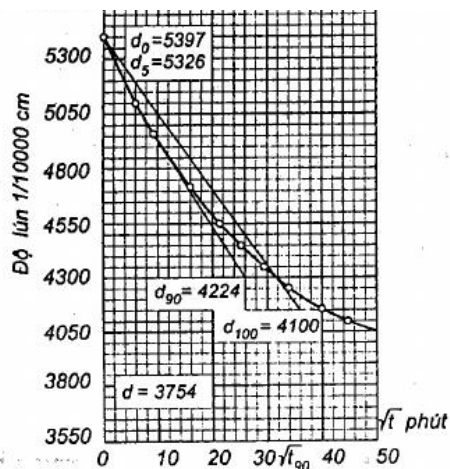


Hình II-5. Đồ thị $\Delta h = f(\log t)$

- Trên đồ thị : $\Delta h = f(\sqrt{t})$, theo phương pháp Taylor (Hình II-6) :

$$C_v = 0,848 \cdot \frac{h^2}{t_{90}} \quad (\text{II-10f})$$

Khi thí nghiệm cố kết, cho nước thấm theo cả hai hướng lên trên và xuống dưới h là 1/2 chiều cao mẫu đất.



Hình II-6. Đồ thị $\Delta h = f(\sqrt{t})$

II-3. Tính chống cắt của đất

1. Biểu thức Coulomb về sức chống cắt của đất

Theo Coulomb, sức chống cắt của đất là một hàm số bậc nhất của lực dính và lực ma sát trong, ta có biểu thức :

$$\tau' = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \quad (\text{II-11})$$

Trong đó :

- τ' - sức chống cắt của đất ;
- σ - thành phần ứng suất pháp ;
- φ - góc ma sát trong của đất ;
- c - lực dính của đất ;
- τ', c, σ đều có thứ nguyên ứng suất.

Cần đặc biệt lưu ý sự phân biệt ứng suất tổng σ , ứng suất hữu hiệu σ' và áp lực nước lỗ rỗng u . Từ đó phân biệt sức chống cắt không cố kết, không thoát nước với các thông số

thoát nước. Đối với đất bão hòa ứng suất tổng σ , ứng suất hữu hiệu σ' và áp lực nước lỗ rỗng u có quan hệ như sau :

$$\sigma = \sigma' + u \quad (\text{II-11}')$$

2. Điều kiện bền và điều kiện cân bằng giới hạn

Xét một phân tố đất, phân tố này bền (ổn định) nếu tại mọi mặt bất kỳ vẫn đảm bảo được điều kiện :

$$\tau < \tau' \quad (\text{II-12})$$

Trong đó :

- τ - ứng suất cắt do tải trọng ngoài gây ra.
- τ' - sức chống cắt của đất (phụ thuộc loại đất và trạng thái của nó).

Một phân tố sẽ bị phá hỏng (mất ổn định), bị trượt (cắt) theo một mặt nào đó nếu trên mặt ấy (mà ta thường gọi là mặt trượt) đạt tới điều kiện :

$$\tau > \tau' \quad (\text{II-12}')$$

Thực ra khi ứng suất cắt τ tăng lên đến mức bằng sức chống cắt của đất rồi thì chỉ cần một số gia rất bé của τ là phân tố ấy bị phá hỏng, trượt theo mặt trượt, mà τ không tăng lên nữa, cho nên điều kiện (II-12') phải viết là :

$$\tau = \tau' \quad (\text{II-13})$$

Điều kiện này cũng gọi là điều kiện cân bằng giới hạn của đất, để tiện dùng ta biến đổi (II-13) thành điều kiện :

$$\theta = \varphi \quad (\text{II-14})$$

Trong đó :

- θ - góc lệch ứng suất tổng và ứng suất pháp tuyến của mặt phẳng đang xét ;
- φ - góc ma sát trong của đất.

(thỏa mãn điều kiện (II-14)) thì các thành phần ứng suất của nó thỏa mãn các biểu thức sau.

Đối với đất rời :

$$\sin\theta = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} = \sin\varphi \quad (\text{II-15})$$

Biểu thức (II-15) viết với các thành phần ứng suất chính σ_1, σ_3 ; nếu ta viết với các thành phần ứng suất σ_z, σ_y và τ_{yz} thì có :

$$\sin^2\theta = \frac{(\sigma_z - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yz}^2}{(\sigma_z + \sigma_y)^2} = \sin^2\varphi \quad (\text{II-15}')$$

Đối với đất dính ta có :

$$\sin\theta = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 + \frac{2c}{\text{tg}\varphi}} = \sin\varphi \quad (\text{II-16})$$

hoặc

$$\frac{(\sigma_z - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yz}^2}{\left(\sigma_z + \sigma_y + \frac{2c}{\text{tg}\varphi}\right)^2} = \sin^2\theta = \sin^2\varphi \quad (\text{II-16}')$$

Trong các công thức (II-15) ÷ (II-16) :

$\sigma_z, \sigma_y, \tau_{yz}$ - thành phần ứng suất của phân tố mà ta xét (hoặc tại điểm ta xét).

σ_1, σ_3 - thành phần ứng suất chính của phân tố ấy. (bài toán phẳng).

φ, c - các tham số sức chống cắt của đất, từng trường hợp là φ_u, c_u (sức kháng cắt không thoát nước) hoặc φ', c' (sức kháng cắt cố kết, thoát nước - ứng với áp lực hữu hiệu σ').

Các biểu thức (II-15) ÷ (II-16') thường được gọi là các điều kiện cân bằng giới hạn của Mohr-Rankine.

Phần này bài tập rất đơn giản (áp dụng chương 1) nếu không tóm tắt ở đây.

CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Phát biểu định luật dòng thấm đất. Giới hạn áp dụng của định luật này ?
2. Định nghĩa hệ số thấm tương đương trường hợp dòng thấm ngang và dòng thấm đứng ?
3. Áp lực thấm là gì ? Giải thích công thức tính áp lực thấm ?
4. Định nghĩa các chỉ tiêu biến dạng E, a, μ, C_v, m_v, ξ của đất. Nêu các phương pháp xác định các chỉ tiêu E, a, C_v, m_v ở trong phòng và ngoài hiện trường ?
5. Nêu các cách thể hiện kết quả thí nghiệm nén đất trên máy nén một trục trong phòng thí nghiệm. Cách xác định áp lực tiên cố kết ?
6. Thí nghiệm nén cố kết ? áp dụng kết quả thí nghiệm nén cố kết để xác định hằng số cố kết C_v và hệ số thấm k ?
7. Phát biểu giả thiết nền biến dạng tuyến tính ? Giả thiết này được áp dụng như thế nào ? Điều kiện để áp dụng giả thiết này cho nền đất ?
8. Phát biểu định luật về tính chống cắt của đất ?
9. Nêu khái niệm về ứng suất tổng, ứng suất hiệu quả, áp lực nước lỗ rỗng ?

BÀI TẬP

Bài tập II-1. Một mẫu đất có tiết diện ngang $F = 25 \text{ cm}^2$ được thí nghiệm xác định hệ số thấm k với cột nước áp không đổi. Khoảng cách giữa các điểm đặt áp kế : $L = 100 \text{ mm}$ (Hình II-7).

Hãy xác định hệ số thấm trung bình của đất đỏ với kết quả thí nghiệm như bảng II-2.

Bảng II-2

Lần thí nghiệm	Độ chênh của cột mức áp h (mm)	Thời gian thấm t(s)	Lượng nước thấm (cm ³)
1	60	82	10
2	80	61	10
3	100	49	10

Bài giải

Theo công thức tính hệ số thấm của đất bằng dụng cụ thí nghiệm với cột nước áp không đổi ta có :

$$k = \frac{Q \cdot L}{h \cdot Ft}$$

Trong đó :

k - là hệ số thấm, cm/s ;

Q - lượng nước thấm, cm³ ;

h - độ chênh cột mức áp ;

L - khoảng cách giữa các điểm đặt áp kế, cm ;

F - diện tích tiết diện ngang mẫu đất, cm² ;

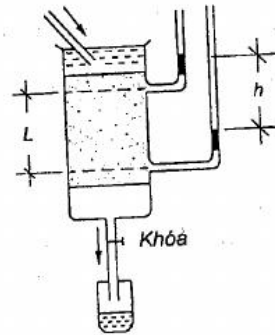
t - thời gian thấm.

Ở lần thí nghiệm thứ nhất ta được :

$$k_1 = \frac{10 \times 10}{6 \times 25 \times 82} = 0,00813 \text{ cm/s}$$

$$= 0,00813 \times 864 = 7,02 \text{ m/ngày.}$$

(864 là hệ số quy đổi đơn vị đo từ cm/s sang m/ngày).



Hình II-7

Tương tự như ...

$$k_2 = 0,00819 \text{ cm/s} = 7,08 \text{ m/ngày.}$$

Ở lần thí nghiệm thứ ba :

$$k_3 = 0,00816 \text{ cm/s} = 7,05 \text{ m/ngày.}$$

(Cũng có thể đổi đơn vị của k một cách gần đúng là $3.10^{-7} \text{ cm/s} = 1 \text{ cm/năm}$)

Hệ số thấm trung bình :

$$k = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} = 0,00816 \text{ cm/s}$$

$$= 7,05 \text{ m/ngày.}$$

Bài tập II-2: Một mẫu đất có tiết diện ngang $A_2 = 75 \text{ cm}^2$ chiều dài $L = 10 \text{ cm}$ được thí nghiệm xác định hệ số thấm k với cột nước áp thay đổi. Diện tích tiết diện ngang ống đo áp là $A_1 = 78,5 \text{ mm}^2$ (Hình II-8). Hãy xác định hệ số thấm trung bình của mẫu đất ấy với số liệu thí nghiệm cho trong bảng II-3.

Bảng II-3

Số TT	Mức nước trong ống đo áp, mm		Khoảng thời gian ($t_2 - t_1$)
	Ban đầu h_1	Cuối cùng h_2	
1	1300	1000	170
2	1000	800	162

Bài giải

Khi thí nghiệm với dụng cụ có cột nước áp thay đổi, hệ số thấm k của đất được tính bằng công thức sau :

$$k = \frac{2,3 \cdot A_1 \cdot L}{A_2(t_2 - t_1)} \lg \frac{h_1}{h_2}$$

Trong đó :

k - hệ số thấm của đất, cm/s ;

A_1 - tiết diện ngang ống đo áp, cm² ;

A_2 - tiết diện ngang của mẫu đất, cm^2 ;

L - chiều dài mẫu đất, cm .

Các số liệu khác cho trong bảng.

Thay vào công thức trên ta được :

Lần đo thứ 1 :

$$k_1 = \frac{2,3 \times 0,785 \times 10}{75 \times 170} \lg \frac{130}{100} =$$

$$= \frac{2,3 \times 0,785 \times 10 \times 0,1139}{75 \times 170}$$

$$= 0,000161 \text{ cm/s}$$

Lần đo thứ 2 :

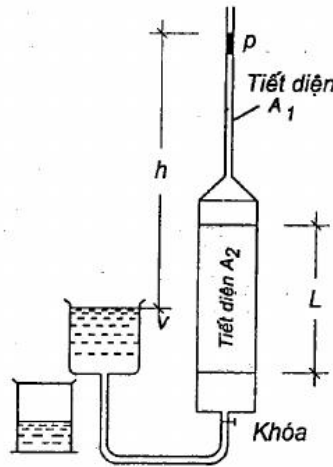
$$k_2 = \frac{2,3 \times 0,785 \times 10}{75 \times 162} \lg \frac{100}{80} =$$

$$= 0,000144 \text{ cm/s}$$

Hệ số thấm trung bình của mẫu đất là :

$$k = \frac{k_1 + k_2}{2} = \frac{0,000161 + 0,000144}{2}$$

$$= 0,000152 \text{ cm/s} = 0,152 \cdot 10^{-3} \text{ cm/s.}$$



Hình II-8

Bài tập II-3. Kết quả thí nghiệm về tính thấm của một loại đất dính ghi trong bảng dưới đây :

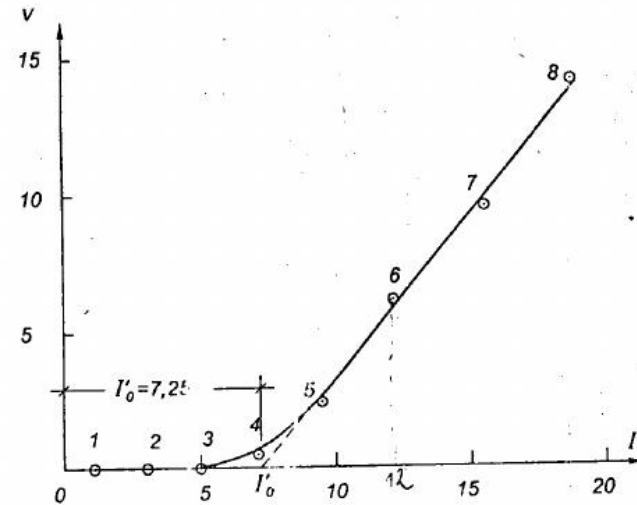
Độ dốc thủy lực I	1	3	5	7	9	12	15	18
Vận tốc thấm v (cm/ngày đêm)	0	0	0	0,5	2	6,5	9,5	14

Xác định hệ số thấm k_1 của đất này. Xác định gradien thủy lực ban đầu I_0 và viết lại biểu thức định luật Darcy cho đất ấy.

Bài giải

Vẽ đồ thị quan hệ $v \sim I$: trục tung biểu diễn trị số v , trục hoành biểu diễn trị số I . Với những kết quả thí nghiệm trên ta xác định được 8 điểm : 1(0 ; 1) ; 2(0 ; 3) ; 3(0 ; 5) ; 4(0,5 ; 7) ; 5(2 ; 9) ; 6(6,5 ; 12) ; 7(9,5 ; 15) ; 8(14 ; 18). Nối các điểm ấy lại với nhau, ta thấy các điểm 5, 6, 7, 8 có thể nối bằng một đoạn thẳng, các điểm 3, 4, 5 phải nối bằng một đoạn cong (Hình II-9). Đoạn thẳng (của đường quan hệ $v \sim I$) có hệ số dốc là 0,77, phương trình của đoạn thẳng đó là :

$$v = 0,77I \quad (a)$$



Hình II-9

Vậy hệ số thấm của đất là $k_1 = 0,77 \text{ cm/ngày đêm}$.

Như ta thấy, chỉ khi $I > 5$ mới bắt đầu có dòng thấm ; vậy gradien thủy lực ban đầu là $I_0 = 5$. Nhưng thông thường để tiện dùng, người ta kéo dài đoạn thẳng của đường quan hệ $v \sim I$ cho tới trục I , quy ước bỏ đoạn cong đi và chỉ dùng đoạn

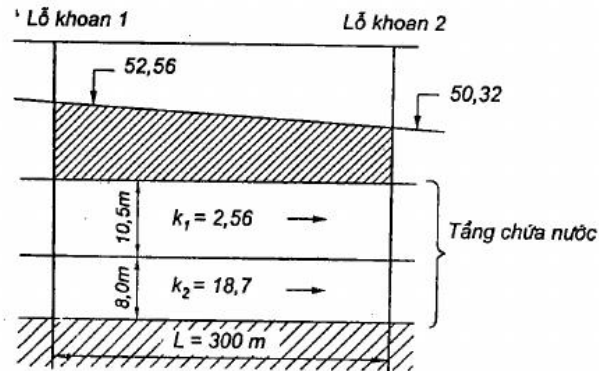
thẳng thời. Trong trường hợp này, nếu kéo dài đoạn thẳng của đường quan hệ $v \sim I$ thì nó sẽ cắt trục I tại điểm $I_0' = 7,25$. Xem như $I_0' = 7,25$ là gradien thủy lực ban đầu, ta có phương trình biểu diễn quy luật thấm trong đất này (thay cho liên hệ (a)) là :

$$v = 0,77(I - 7,25) \quad (b)$$

Bài tập II-4. Cho 2 hố khoan bố trí theo hướng chảy của tầng chứa nước áp lực. Hãy tính lưu lượng đơn vị (lưu lượng chảy qua diện tích $H \times 1$ m vuông góc với dòng chảy trong một đơn vị thời gian) của tầng chứa nước đó với số liệu cho sau đây :

Chiều dày lớp trên của tầng chứa nước $h_1 = 10,5$ m ; hệ số thấm $k_1 = 2,65$ m/ngày.

Chiều dày lớp dưới tầng chứa nước $h_2 = 8,0$ m ; hệ số thấm $k_2 = 18,7$ m/ngày. Cao trình mực nước ngầm và khoảng cách hố khoan như hình II-10.



Hình II-10

Bài giải

Cách 1 : Hệ số thấm tương đương của tầng chứa nước được tính theo công thức :

$$k_{td} = \frac{k_1 h_1 + k_2 h_2}{h_1 + h_2} = \frac{2,65 \times 10,5 + 18,7 \times 8,0}{18,5}$$

$$= 9,59 \text{ m/ngày} = \frac{9,59}{864} = 0,11 \text{ cm/s}$$

Lưu lượng nước đơn vị được tính theo công thức :

$$Q = k_{td} \cdot H \cdot I$$

Trong đó :

- k_{td} - hệ số thấm tương đương của tầng chứa nước ;
- H - chiều dày tổng cộng tầng chứa nước ;
- I - gradien thủy lực của dòng thấm.

Thay số vào công thức ta được :

$$Q = 9,59 \times 18,5 \times \frac{52,65 - 50,32}{300} = 1,37 \text{ m}^3/\text{ngày}$$

Cách 2 : Cũng có thể tích lưu lượng đơn vị Q của tầng chứa nước nếu xem nó là một lớp đất đồng nhất có hệ số thấm là $k_1 = 2,65$ m/ngày và có chiều dày tính đối là h_{td} :

$$h_{td} = h_1 + \frac{k_2}{k_1} h_2 = 10,5 + \frac{18,7}{2,65} \times 8 = 66,95 \text{ m}$$

Lưu lượng đơn vị Q tính theo công thức sau :

$$Q = k_1 \cdot h_{td} \cdot I = 2,65 \times 66,95 \times \frac{52,65 - 50,32}{300}$$

$$= 1,37 \text{ m}^3/\text{ngày}$$

Bài tập II-5. Khi tính độ lún của nền đất theo thời gian có sử dụng kết quả của bài toán cố kết thấm 1 chiều cần phải xác định hệ số thấm tương đương k_{td} của các lớp đất khi dòng thấm vuông góc với các lớp.

Hãy tính hệ số thấm tương đương khi dòng thấm vuông góc với các lớp trong trường hợp sau :

Lớp 1 có hệ số thấm $k_1 = 20,30$ m/ngày, chiều dày $h_1 = 9,25$ m.

Lớp 2 có hệ số thấm $k_2 = 15,50$ m/ngày, chiều dày $h_2 = 10$ m.

Lớp 3 có hệ số thấm $k_3 = 3,25$ m/ngày, chiều dày $h_3 = 8$ m.

Bài giải

Hệ số thấm tương đương của các lớp đất trong trường hợp dòng thấm vuông góc với các lớp được tính theo công thức sau :

$$k_{td} = \frac{H}{\frac{h_1}{k_1} + \frac{h_2}{k_2} + \dots + \frac{h_n}{k_n}}$$

Trong đó, H là tổng chiều dày các lớp đất.

Thay số vào ta được :

$$\begin{aligned} k_{td} &= \frac{9,25 + 10 + 8}{\frac{9,25}{20,3} + \frac{10}{15,5} + \frac{8}{3,25}} = 7,66 \text{ m/ngày} \\ &= \frac{7,66}{864} = 0,0088 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

Bài tập II-6. Một hố móng được đào trong cát hạt trung, chiều sâu đáy hố móng $h = -3,0$ m, cao trình mực nước mặt là $+0,2$ m. Tường quay hố móng là cọc cừ được đóng sâu xuống dưới mặt cát là $7,0$ m (Hình II-11).

Để thi công móng người ta bơm để nước trong hố luôn giữ ở cao độ mặt đáy móng. Hãy kiểm tra độ ổn định (xói ngấm) do thấm ở đáy hố móng, biết rằng tỷ trọng của cát là $\Delta = 2,68$, hệ số rỗng $e = 0,6$. Hệ số an toàn cho phép là $F_s = 2$.

Bài giải

Hệ số an toàn xói ngấm được tính bằng công thức sau :

$$F = \frac{\gamma_{dn}}{U_{th}} = \frac{\gamma_{dn}}{I \gamma_n}$$

Trong đó : γ_{dn} - trọng lượng riêng đẩy nổi của đất tại vị trí B nguy hiểm nhất ;

I - gradient thủy lực của dòng thấm ;

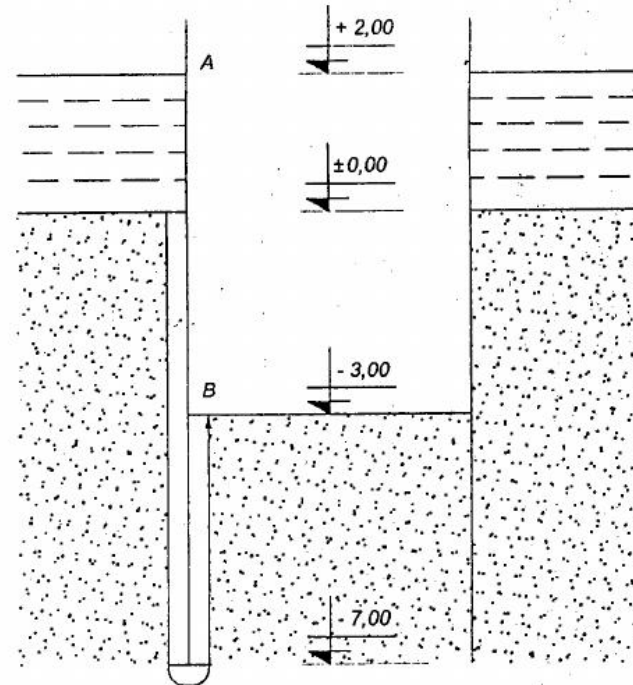
γ_n - trọng lượng riêng của nước

(lấy gần đúng $\gamma_n = 10 \text{ kN/m}^3$) ;

U_{th} - áp lực thấm (áp lực thủy động) với phân bố đất tại B.

Trọng lượng riêng đẩy nổi của đất tính bằng công thức sau :

$$\gamma_{dn} = \frac{(\Delta - 1)\gamma_n}{1 + e} = \frac{(2,68 - 1)10}{1 + 0,6} = 10,5 \text{ kN/m}^3$$



Hình II-11

Gradien thủy lực của dòng thấm được tính với chiều dài đường thấm ngắn nhất (xem hình II-11) :

$$I = \frac{5}{3+4+4} = \frac{5}{11} = 0,45$$

Áp lực thấm ngược lên (áp lực thể tích) với phân tố đất tại B là :

$$U_{th} = I \cdot \gamma_n = 0,45 \times 10 = 4,5 \text{ kN/m}^3$$

Hệ số an toàn xói ngầm là :

$$F = \frac{\gamma_{dn}}{U_{th}} = \frac{\gamma_{dn}}{I \gamma_n} = \frac{10,5}{4,5} = 2,33 > F_s = 2,0$$

Kết luận : Đất ở đáy hố móng không bị xói ngầm nếu lấy hệ số an toàn xói ngầm $F_2 = 2,0$.

Bài tập II-7. Một hố móng được đào trên nền có 2 lớp (Hình II-12). Lớp trên là sét pha chiều dày $h_1 = 3,0$ m, hệ số thấm $k_1 = 4,5 \cdot 10^{-5}$ m/s. Lớp dưới là cát hạt trung có $\Delta = 2,68$, hệ số rỗng $e = 0,6$, hệ số thấm $k_2 = 2,0 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Chiều sâu hố móng $h = 4$ m, mực nước mặt là $+2,0$ m, tường vây hố móng là cọc cừ, đóng sâu dưới mặt đất -8 m.

Để thi công hố móng người ta hút nước sao cho mực nước luôn giữ ở cao trình đáy móng. Hãy kiểm tra ổn định (xói ngầm) do thấm ở đáy hố móng biết rằng hệ số an toàn cho phép $F_s = 2,0$.

Bài giải

Cách 1 : Đường thấm ngắn nhất như hình II-12. Tổng độ chênh cột nước áp là :

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = 6,0 \text{ m} \quad (a)$$

Trong đó :

ΔH_1 - độ chênh cột nước áp từ mặt nước đến đáy lớp 1

ΔH_2 - độ chênh cột nước áp của lớp 2.

Trong khi thấm, lưu tốc thấm của lớp 1 và lớp 2 như nhau, tức là :

$$v_1 = v_2 \quad \text{hay} \\ k_1 I_1 = k_2 I_2 \quad (b)$$

Trong đó,

I_1, I_2 - gradien thủy lực tại lớp 1 và 2.

Biến đổi đẳng thức (b) ta có

$$k_1 \frac{\Delta H_1}{l_1} = k_2 \frac{\Delta H_2}{l_2}$$

Vậy :

$$\Delta H_1 = \frac{k_2 l_1}{k_1 l_2} \Delta H_2 \quad (c)$$

Trong đó :

l_1 - chiều dài đường thấm lớp 1 là $l_1 = 3,0$ m ;

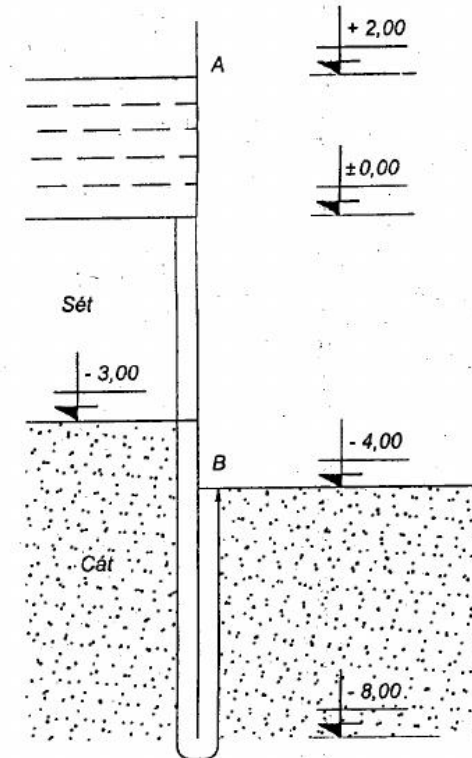
l_2 - chiều dài đường thấm lớp 2 là $l_2 = 9,0$ m.

Thay (c) vào (a) ta được :

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = \frac{k_2 l_1}{k_1 l_2} \Delta H_2 + \Delta H_2$$

Thay số vào ta được :

$$6 = \frac{2,0 \cdot 10^{-3} \times 3,0}{4,5 \cdot 10^{-5} \times 9,0} \cdot \Delta H_2 + \Delta H_2$$



Hình II-12

Suy ra :

$$\Delta H_2 = 0,38 \text{ m}$$

Vậy :

$$I_2 = \frac{\Delta H_2}{l_2} = \frac{0,38}{9,0} = 0,042$$

Áp lực thấm ngược ở phân tố đất tại điểm B là :

$U_{th} = I_2 \cdot \gamma_n = 0,042 \times 10 = 0,42 \text{ kN/m}^3$ (lưu ý đây là áp lực tác dụng vào 1 đơn vị thể tích đất).

Hệ số an toàn xói ngầm là :

$$F = \frac{\gamma_{dn2}}{U_{th}} = \frac{10,5}{0,42} = 25 > F_s = 2,0$$

Kết luận : Đất ở đáy hố móng không bị xói ngầm nếu lấy hệ số an toàn cho phép $F_s = 2,0$.

Cách 2 : Áp dụng công thức tính chiều dày tương đương (chính là chiều dài thấm) của hai lớp đất khi xem chúng như một lớp đất có hệ số thấm $k_B = k_2$ trong trường hợp thấm đứng, bài toán sẽ trở thành giống bài tập II-6 (nên chỉ có một lớp cát hạt trung là lớp 2).

Giải như bài tập II-6 ta được kết quả giống như phần giải ở trên.

✓ **Bài tập II-8.** Một mẫu đất có trọng lượng riêng ướt $\gamma_w = 18 \text{ kN/m}^3$, tỷ trọng hạt $\Delta = 2,7$, độ ẩm tự nhiên $W = 12\%$, hệ số Poisson $\mu = 0,3$. Khi thí nghiệm nén không nở hông trong phòng được kết quả sau :

Áp lực nén p, N/cm ²	10	20	30	40
Hệ số rỗng e	0,650	0,625	0,613	0,608

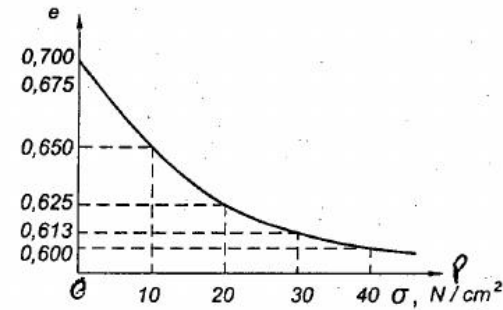
Hãy vẽ đường cong nén $e = f(p)$ và xác định hệ số nén a, hệ số nén thể tích m_v , môđun biến dạng của đất đó.

Bài giải

- Tính hệ số rỗng ban đầu của đất :

$$e_{po} = \frac{\Delta \cdot \gamma_n (1 + 0,01W)}{\gamma_w} - 1 = \frac{2,7 \times 10 (1 + 0,01 \times 12)}{18} - 1 = 0,68$$

Đường cong nén $e = f(p)$ có dạng như hình II-13.



Hình II-13

- Hệ số nén ứng với mỗi cấp tải trọng được tính như sau :

Cấp tải trọng từ 0 đến 10 N/cm² :

$$a_{0-10} = \frac{e_{p_0} - e_{p_1}}{p_1 - p_0} = \frac{0,680 - 0,650}{10 - 0} = 0,0030 \text{ cm}^2/\text{N}$$

Cấp tải trọng từ 10 đến 20 N/cm² :

$$a_{10-20} = \frac{e_{p_1} - e_{p_2}}{p_2 - p_1} = \frac{0,650 - 0,625}{20 - 10} = 0,0025 \text{ cm}^2/\text{N}$$

Cấp tải trọng từ 20 đến 30 N/cm² :

$$a_{20-30} = \frac{e_{p_2} - e_{p_3}}{p_3 - p_2} = \frac{0,625 - 0,613}{30 - 20} = 0,0012 \text{ cm}^2/\text{N}$$

Cấp tải trọng từ 30 đến 40 N/cm² :

$$a_{30-40} = \frac{e_{p_3} - e_{p_4}}{p_4 - p_3} = \frac{0,613 - 0,608}{40 - 30} = 0,0005 \text{ cm}^2/\text{N}$$

- Tính hệ số nén thể tích m_v :

Từ công thức định nghĩa

$$m_v = \frac{a}{1 + e_{bd}}$$

Ở đây : a - hệ số nén trong khoảng tải trọng đang xét ;

e_{bd} - hệ số rỗng của đất ứng với cấp tải trọng bắt đầu của khoảng tải trọng đang xét (ví dụ khoảng tải trọng đang xét là 10 đến 20 N/cm² thì a là a_{10-20} và e_{bd} là hệ số rỗng của đất ứng với tải trọng nén $p = 10 \text{ N/cm}^2$).

Như vậy, với cấp tải trọng từ 0 đến 10 N/cm² ta có :

$$m_{v(0-10)} = \frac{a_{0-10}}{1 + e_{p_0}} = \frac{0,0030}{1 + 0,680} = 0,0018 \text{ cm}^2/\text{N}$$

Tương tự :

$$m_{v(10-20)} = \frac{a_{10-20}}{1 + e_{p_1}} = \frac{0,0025}{1 + 0,650} = 0,0015 \text{ cm}^2/\text{N}$$

$$m_{v(20-30)} = \frac{a_{20-30}}{1 + e_{p_2}} = \frac{0,0012}{1 + 0,625} = 0,00074 \text{ cm}^2/\text{N}$$

$$\frac{m_{v(30-40)}}{1 + e_{p_3}} = \frac{0,0005}{1 + 0,613} = 0,0003 \text{ cm}^2/\text{N}$$

- Tính môđun biến dạng :

$$E = \frac{1}{m_v} \left(1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu} \right)$$

Với cấp tải trọng từ 0 đến 10 N/cm² ta có :

$$E_{0-10} = \frac{1}{m_{v(0-10)}} \left(1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu} \right) = \frac{1}{0,0018} \left(1 - \frac{2 \times 0,3^2}{1 - 0,3} \right) \\ = \frac{1}{0,0018} \times 0,74 = 410 \text{ N/cm}^2$$

Tương tự :

$$E_{10-20} = \frac{1}{m_{v(10-20)}} \left(1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu} \right) = \frac{0,74}{0,0015} = 493 \text{ N/cm}^2$$

$$E_{20-30} = \frac{1}{m_{v(20-30)}} \left(1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu} \right) = \frac{0,74}{0,00074} = 1000 \text{ N/cm}^2$$

$$E_{30-40} = \frac{1}{m_{v(30-40)}} \left(1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu} \right) = \frac{0,74}{0,0003} = 2460 \text{ N/cm}^2$$

Bài tập II-9. Mẫu đất đem thí nghiệm nén bằng máy nén một trục, diện tích của mẫu đất (diện tích của dao vòng hộp nén) bằng 50 cm², chiều cao 2,54 cm.

Số đọc trên đồng hồ đo độ lún của mẫu đất (sau khi đã để cho mẫu đất lúc ổn định theo giới hạn quy ước) là :

Áp lực nén (N/cm ²)	Số đọc trên đồng hồ (0,01mm)
0	0
10	124
20	171
30	210
40	235

Nén xong, đem mẫu đất đi sấy cho đến khi khô hoàn toàn cân lại được 1,855 N và xác định được trọng lượng riêng hạt của đất là $\gamma_h = 26,5 \text{ kN/m}^3$. Vẽ đường cong nén của đất.

Bài giải

Ta phải dựa vào kết quả đo độ lún của mẫu đất mà tính ra hệ số rỗng của nó ứng với từng cấp áp lực nén. Có thể tính toán theo 2 cách :

Cách 1 : Như ta đã biết, theo định nghĩa :

$$e = \frac{V_r}{V_h}$$

Mẫu đất trong thí nghiệm này chỉ lún theo một chiều (không có nở hông) ta có thể viết :

$$e = \frac{h_r}{h_s} \quad (a) \quad \text{và} \quad h_r = h - h_s \quad (b)$$

Trong đó :

h_s - chiều cao hạt ;

h_r - chiều cao rỗng ;

h - chiều cao toàn bộ (Hình II-14).

Khi bị nén, mẫu đất lún xuống, chiều cao mẫu đất thay đổi :

$$h_i = h_o - \Delta_{si} \quad (c)$$

Trong đó :

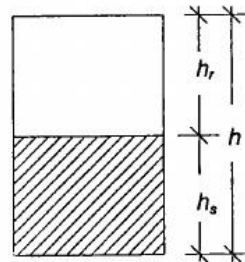
h_o - chiều cao ban đầu của mẫu đất ;

h_i - chiều cao mẫu đất ở cấp áp lực i ;

Δ_{si} - độ lún tổng cộng của mẫu đất ở cấp áp lực i .

Thay (c) vào (b) rồi lại thay vào (a), ta có công thức xác định hệ số rỗng ở mỗi cấp áp lực là :

$$e = \frac{(h_o - \Delta_{si}) - h_s}{h_s}$$



Hình II-14

Biết trọng lượng mẫu đất đã sấy khô (trọng lượng hạt đất), suy ra chiều cao hạt :

$$h_s = \frac{Q_h}{\gamma_h \cdot F} = \frac{0,001855}{26,5 \times 0,005} = 0,014 \text{ m} = 1,4 \text{ cm}$$

Vậy hệ số rỗng của mẫu đất ở mỗi cấp áp lực nén là :

$$e_o = \frac{2,54 - 1,4}{1,4} = 0,814$$

$$e_1 = \frac{(2,54 - 0,124) - 1,4}{1,4} = 0,726$$

$$e_2 = \frac{(2,54 - 0,171) - 1,4}{1,4} = 0,692$$

$$e_3 = \frac{(2,54 - 0,210) - 1,4}{1,4} = 0,664$$

$$e_4 = \frac{(2,54 - 0,235) - 1,4}{1,4} = 0,646$$

Cách 2 : Ta tính được chiều cao hạt là :

$$h_s = \frac{Q_h}{\gamma_h \cdot F} = \frac{0,001855}{26,5 \times 0,005} = 0,014 \text{ m} = 1,4 \text{ cm}$$

Vậy chiều cao rỗng ban đầu là :

$$h_r = h_o - h_s = 2,54 - 1,4 = 1,14 \text{ cm}$$

và hệ số rỗng ban đầu là :

$$e_o = \frac{h_r}{h_s} = \frac{1,14}{1,4} = 0,814$$

Hệ số rỗng ở mỗi áp lực tính theo công thức :

$$e_i = e_o - (1 + e_o) \frac{\Delta_{si}}{h_o}$$

Trong đó, Δ_{si} - độ lún tổng cộng của mẫu đất ở cấp áp

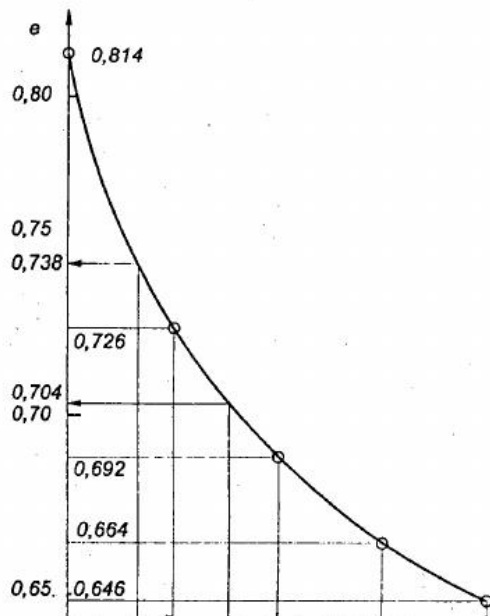
Ta có :

$$e_1 = 0,814 - (1 + 0,814) \cdot \frac{0,124}{2,54} = 0,726$$

$$e_2 = 0,814 - (1 + 0,814) \cdot \frac{0,171}{2,54} = 0,692$$

$$e_3 = 0,814 - (1 + 0,814) \cdot \frac{0,210}{2,54} = 0,664$$

$$e_4 = 0,814 - (1 + 0,814) \cdot \frac{0,235}{2,54} = 0,646$$



Ứng với 5 cấp nén ($p = 0, 10, 20, 30, 40 \text{ N/cm}^2$) ta có 5 trị số e ; căn cứ vào đó vẽ ra đường cong nén của mẫu đất như trình bày trên hình II-15.

Bài tập II-10. Cũng với mẫu đất trong bài II-9, thí nghiệm theo các cấp tải và đo độ lún như bảng II-4.

Bảng II-4

Áp lực nén (daN/cm^2)	Số đọc trên đồng hồ (0,01 mm)
0,25	54
0,5	72
1,0	124
2,0	171
4,0	235

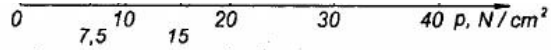
Vẽ đường con nén trên đồ thị $e = \log \sigma$.

Bài giải

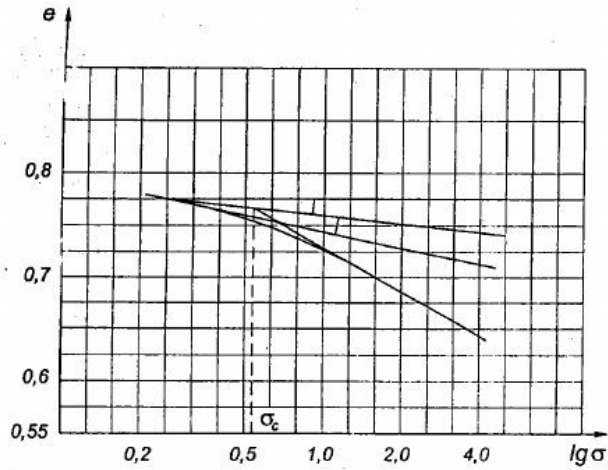
Tính hệ số rỗng e theo cách 1 như lời giải bài II-9 với các trị số đã biết $h_o = 2,54 \text{ cm}$, $h_s = 1,4 \text{ cm}$ ta có bảng II-5.

Bảng II-5

Áp lực nén (daN/cm^2)	Hệ số rỗng e
0,25	0,776
0,5	0,763
1,0	0,726
2,0	0,692
4,0	0,646



Hình II-15



Hình II-16

Ta được kết quả : $\sigma_c = 0,525 \text{ daN/cm}^2$.

Bài tập II-11. Cũng với lớp đất đã lấy mẫu thí nghiệm trong bài tập II-9, bây giờ thí nghiệm nén đất bằng bàn nén ở ngay hiện trường. Diện tích bàn nén $F = 70,7 \times 70,7 = 5000 \text{ cm}^2$. Kết quả theo dõi độ lún của bàn nén như bảng II-6.

Bảng II-6

Lực nén (t)	Độ lún (mm)	Lực nén (t)	Độ lún (mm)
4	6	14	50
8	12	16	80

Với kết quả này trên đồ thị $e = \log \sigma$ (Hình II-16) ta vẽ được 2 đoạn thẳng rồi xác định áp lực cố kết trước (theo phương pháp Casagrande).

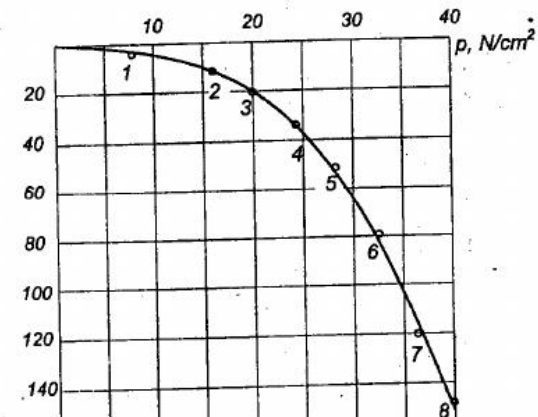
Bài giải

Biết lực nén P, diện tích nén F, tính ngay được ứng suất nén $p = \frac{P}{F}$. Kết quả thí nghiệm nén trình bày lại trong bảng II-7.

Bảng II-7

Ứng suất nén p (N/cm ²)	8	16	20	24	28	32	36	40
Độ lún (mm)	6	12	20	32	50	80	120	150
Điểm	1	2	3	4	5	6	7	8

Lập hệ trục tọa độ. Trục thẳng đứng biểu diễn độ lún S với tỷ lệ : độ dài 0,5 cm biểu diễn độ lún 10 mm ; trục nằm ngang biểu diễn ứng suất nén với tỷ lệ độ dài 2 cm biểu diễn ứng suất 10 N/cm². Ta xác định được các điểm 1, 2, 3, 4, 5,



10	20	18	120
12	32	20	150

Vẽ đường cong nén hiện trường của lớp đất ấy.

80

6, 7, 8. Cuối cùng nối tất cả các điểm ấy lại ta có đường cong nén ở hiện trường của lớp đất như trình bày trên hình II-17.

Bài tập II-12. Xác định hệ số nén a , môđun biến dạng E của lớp đất (trong khoảng áp lực nén $7,5 - 15 \text{ N/cm}^2$) theo kết quả thí nghiệm nén trong phòng (bài tập II-9) và theo kết quả nén hiện trường (Bài tập II-11).

Bài giải

Dựa theo kết quả thí nghiệm nén trong phòng, đường cong nén trên hình II-15, ta có :

- Ứng với áp lực nén $p_1 = 7,5 \text{ N/cm}^2$ hệ số rỗng $e = 0,738$.

- Ứng với áp lực nén $p_2 = 15 \text{ N/cm}^2$ hệ số rỗng $e = 0,704$.

Theo công thức xác định hệ số nén a :

$$a = \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1}$$

ở đây ta có

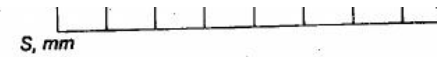
$$a = \frac{0,738 - 0,704}{15 - 7,5} = 4,53 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{N}.$$

Cũng dựa kết quả thí nghiệm nén trong phòng (Bài tập II-9) ta tính môđun biến dạng E :

$$E = \frac{1 + e_1}{a} \cdot \beta$$

$$\text{Trong đó, } \beta = 1 - \frac{2\mu^2}{1 - \mu}$$

Vì hệ số nở hông μ của đất biến đổi trong một phạm vi khá nhỏ nên hệ số β đối với các loại đất khác nhau cũng chỉ



Hình II-17

81

Bây giờ tính môđun biến dạng của đất theo (II-2) :

$$E = (1 - \mu^2) \cdot \frac{N}{S \cdot d}$$

Vì μ của các loại đất thay đổi không nhiều, thông thường người ta lấy gần đúng $\mu = 0,3$ và công thức (II-9) có thể viết là :

$$E = 0,9 \cdot \frac{N}{S \cdot d}$$

Lần lượt xác định các đại lượng trong biểu thức của E :

N - tổng tải trọng tác dụng lên tấm nén

$$N = p \cdot F$$

$$\text{Ở đây } N = (15 - 7,5)5000 = 3,75 \cdot 10^4 \text{ N}$$

S - độ lún ứng với tải trọng N ; trong thí nghiệm nén hiện trường này :

- Ứng với $p_1 = 7,5 \text{ N/cm}^2$ độ lún của tấm nén là $S_1 = 4 \text{ mm}$.

- Ứng với $p_2 = 15 \text{ N/cm}^2$ độ lún của tấm nén là $S_2 = 11 \text{ mm}$.

Vậy trong khoảng tải trọng $(p_2 - p_1)$ độ lún của tấm nén là :

$$S = (1,1 - 0,4) = 0,7 \text{ cm}$$

d - đường kính của tấm nén tròn ; ở đây tấm nén hình vuông, ta sẽ dùng đường kính tương đương :

$$d = 2 \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{5000}{3,14}} = 79,8 \text{ cm}$$

Thay tất cả vào công thức tính E ta có :

thay đổi rất ít ; theo quy phạm (QP 45-72) người ta cho phép trong các tính toán thực hành lấy $\beta = 0,8$ cho mọi loại đất. Như thế ở đây sẽ có :

$$E = \frac{1 + 0,738}{4,53 \times 10^{-3}} \times 0,8 = 3,06 \times 10^2 \text{ N/cm}^2$$

82

- Với bàn nén tròn

$$E_o = \frac{(1 - \mu_o^2) \cdot \omega \cdot d \cdot \Delta p}{\Delta s}$$

- Với bàn nén vuông

$$E_o = \frac{(1 - \mu_o^2) \cdot \omega \cdot b \cdot \Delta p}{\Delta s}$$

Thay số vào ta có :

- Với bàn nén tròn (nên là đất sét lấy $\mu = 0,4$)

$$E = \frac{(1 - 0,4^2) \times 0,79 \times 79,8 \times (15 - 7,5)}{0,7} = 567,4 \text{ N/cm}^2$$

- Với bàn nén vuông

$$E = \frac{(1 - 0,4^2) \times 0,88 \times 70,7 \times (15 - 7,5)}{0,7} = 559,9 \text{ N/cm}^2$$

Thí nghiệm nén tĩnh với bàn nén tròn hoặc vuông phải cho ta giá trị môđun biến dạng E như nhau. Sở dĩ kết quả trên có sai khác chút ít là do khi lấy các giá trị ω , b, d ta đã làm tròn.

Bài tập II-13. Một mẫu đất có tỷ trọng là hạt $\Delta = 2,7$; trọng lượng riêng tự nhiên $\gamma_w = 20 \text{ kN/m}^3$; độ ẩm tự nhiên $W = 25\%$; chiều cao ban đầu của mẫu đất $h_{bd} = 30 \text{ mm}$, thí nghiệm nén cho kết quả như bảng II-8.

Bảng II-8

Tải trọng σ (N/cm ²)	Số đo đóng hồ đo lún (mm)	Độ lún của mẫu đất (mm)
0	8,50	0

$$E = 0,9 \cdot \frac{3,75 \times 10^4}{0,7 \times 79,8} = 5,9 \times 10^2 \text{ N/cm}^2.$$

Cũng có thể tính môđun biến dạng E theo công thức (II-2a) và công thức (II-2b) :

83

Hãy vẽ đường cong nén dạng :

1) $\lambda_z = f(\sigma)$ (Quan hệ giữa biến dạng tương đối λ_z và tải trọng σ).

2) $e_o = f(\sigma)$ (Quan hệ giữa hệ số rỗng e_o và tải trọng σ).

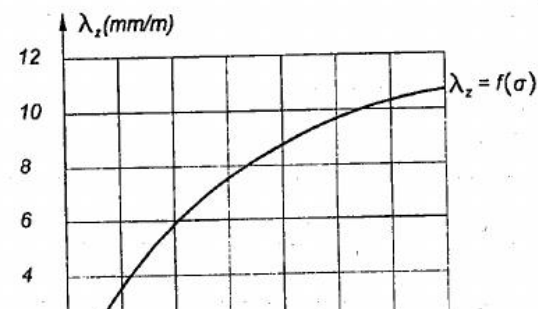
Bài giải

1. Vẽ đường quan hệ $\lambda_z = f(\sigma)$

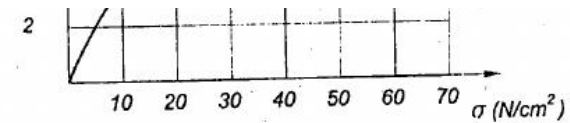
$$\lambda_z = \frac{\Delta h}{h_{bd}} \cdot 1000 \text{ (mm/m)}$$

Thay giá trị thí nghiệm vào công thức trên thì với $\sigma_1 = 10 \text{ N/cm}^2$ ta có :

$$\lambda_z = \frac{0,12}{3} \cdot 1000 = 4 \text{ (mm/m)}$$



10	8,38	0,12
20	8,31	0,19
30	8,27	0,23
40	8,24	0,26
50	8,21	0,29
60	8,19	0,31
70	8,18	0,32



Hình II-18

Với mỗi cấp tải trọng tính tương tự như trên ta được kết quả như sau :

Cấp tải trọng σ (N/cm ²)	10	20	30	40	50	60	70
λ_z (mm/m)	4	6,3	7,7	8,7	9,7	10,3	10,7

Với kết quả trên đường cong nén dạng $\lambda_z = f(\sigma)$ vẽ được như hình II-18.

2. Vẽ đường cong nén dạng $e_\sigma = f(\sigma)$

Từ số liệu tỷ trọng hạt $\Delta = 2,7$; trọng lượng riêng $\gamma = 20,1$ kN/m³ ; độ ẩm tự nhiên $W = 25\%$, tính được hệ số rỗng ban đầu của đất :

$$e_{bd} = \frac{\Delta \gamma_n (1 + 0,01W)}{\gamma} - 1$$

$$= \frac{2,7 \times 10(1 + 0,01 \times 25)}{20,1} - 1 = 0,679$$

Với mỗi cấp tải trọng hệ số rỗng tương ứng của đất được tính theo công thức sau :

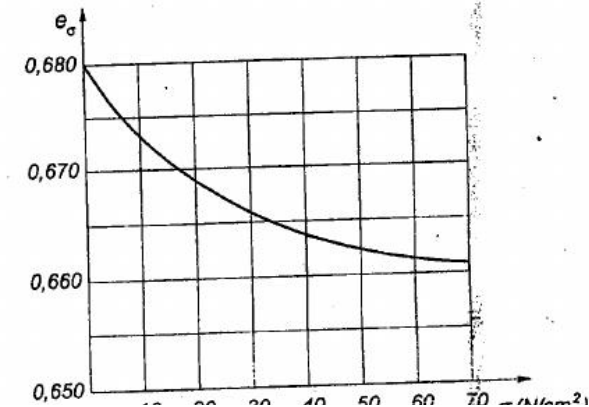
$$e_\sigma = e_{bd} - \lambda_z(1 + e_{bd})$$

Cụ thể là : Khi $\sigma_1 = 10$ N/cm² thì :

Bảng II-9

Cấp tải trọng σ (N/cm ²)	Độ lún của mẫu Δ_h (mm)	Biến dạng tương đối λ_z	Hệ số rỗng e_σ
0	0	0	0,679
10	0,12	0,004	0,672
20	0,19	0,0063	0,668
30	0,23	0,0077	0,666
40	0,26	0,0087	0,664
50	0,29	0,0097	0,663
60	0,31	0,0103	0,662
70	0,32	0,0107	0,661

Từ giá trị của hệ số rỗng e_σ ta vẽ được đường cong nén dạng $e_\sigma = f(\sigma)$ như hình II-19.



$$e_{\sigma_1} = 0,679 - 0,004(1 + 0,679) = 0,672$$

Khi $\sigma_2 = 20 \text{ N/cm}^2$ thì :

$$e_{\sigma_2} = 0,679 - 0,0063(1 + 0,679) = 0,668$$

Tính toán tương tự đối với mỗi cấp tải trọng. Kết quả tính toán được cho ở bảng II-9.

86

biểu thị e); song với đường cong nén dạng $e = f(\sigma)$ ta có thể dễ dàng tính được chỉ số nén logarit C_c của mẫu đất trên.

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\ln \sigma_2 - \ln \sigma_1}$$

Lấy e_1 là hệ số rỗng ứng với $\sigma_1 = 1 \text{ daN/cm}^2$; vậy $\ln \sigma_1 = 0$.
 e_2 là hệ số rỗng ứng với $\sigma_2 = 2,718 \text{ daN/cm}^2$ (trị của cơ số nepe e), vậy $\ln 2,718 = 1$.

$$C_c = e_1 - e_2$$

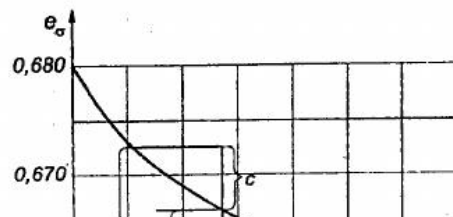
Tìm trên đường cong nén :

$$e_1 = 0,672$$

$$e_2 = 0,6665$$

Vậy : $C_c = 0,672 - 0,6665 = 0,0055$ (xem hình II-20).

Ghi chú : Giả thiết $\sigma_c < 1 \text{ daN/cm}^2$.



10 20 30 40 50 60 σ (N/cm²)

Hình II-19

Bài tập I-14. Với tài liệu đã cho ở thí dụ II-13. Hãy xác định chỉ số nén logarit (\ln) C_c của mẫu đất trên.

Bài giải

Chỉ số nén C_c có thể tính được dựa vào đường cong nén ở hệ trục tọa độ nửa logarit (trục hoành biểu thị $\ln p$, trục tung

87

Bài tập II-15. Thí nghiệm nén với đất sét ta thu được các số liệu sau :

Khi áp lực nén $p_1 = 1 \text{ daN/cm}^2$ thì $e_{p_1} = 0,675$;

Khi áp lực nén $p_2 = 2 \text{ daN/cm}^2$ thì $e_{p_2} = 0,662$.

Hãy vẽ đường cong nén gần đúng trong khoảng tải trọng từ $1,0 \text{ daN/cm}^2$ đến 10 daN/cm^2 .

Bài giải

Có thể dùng phương trình đơn giản của đường cong nén Ivanôv :

$$e = e_{p_1} - \frac{\ln p_2}{B}$$

e - hệ số rỗng khi tải trọng $p > 1 \text{ daN/cm}^2$;

e_{p_1} - hệ số rỗng khi tải trọng $p = 1,0 \text{ daN/cm}^2$.

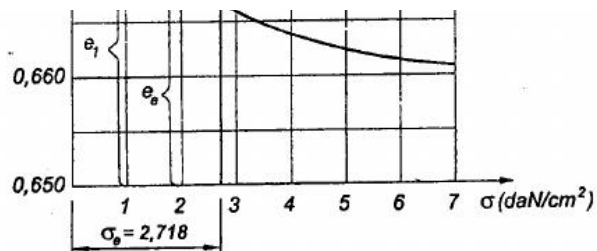
B - hệ số kể đến dạng logarit của đường cong nén. (Về nguyên tắc cần phải làm nhiều thí nghiệm, có nhiều trị số e ứng với những p khác nhau rồi xác định B bằng thống kê theo phương pháp bình phương tối thiểu. Ở đây xác định B gần đúng với một cặp giá trị $e-p$).

Khi $p = 2 \text{ daN/cm}^2$ và $e_{p_1} = 0,675$, theo tài liệu thí nghiệm ta xác định B :

$$0,662 = 0,675 - \frac{\ln 2}{B}$$

Từ đó $B = 53,3$.

Khi $B = 53,3$, với các cấp tải trọng, ví dụ $p_3 = 3 \text{ daN/cm}^2$



Hình II-20

Bài tập II-16. Trong thí nghiệm cố kết cho một mẫu đất sét, mỗi cấp áp lực được duy trì trong 24 giờ, sau cấp áp lực cuối cùng tiến hành dỡ tải cho áp lực về 0. Độ ẩm mẫu đất lúc đó là $W = 28,6\%$, tỷ trọng hạt của đất là $\Delta = 2,7$. Kết quả thí nghiệm ghi trong bảng sau :

Ứng suất σ , kN/m ²	0	50	100	200	400	800	0
Chiều dày sau 24 giờ, mm	19,8	19,39	19,24	18,97	18,68	18,45	19,02

a) Tính hệ số rỗng ở cuối mỗi cấp tải trọng và vẽ đường cong $e = f(\sigma)$.

b) Vẽ đường cong $e = f(\lg \sigma)$ từ đó tính chỉ số nén C_c và xác định áp lực cố kết trước.

c) Tính giá trị m_v với các khoảng tải trọng.

Bài giải

a) Trong quá trình nén mẫu đất luôn luôn bão hòa ($G = 1$), vì vậy hệ số rỗng của đất sau khi dỡ tải là :

$$e_0 = 0,01W \cdot \Delta = 0,01 \times 28,6 \times 2,7$$

$$= 0,772$$

(Xuất phát từ công thức $G = \frac{0,01 \cdot W \cdot \Delta}{e} = 1$)

ta có :

$$e_{p3} = 0,675 - \frac{\ln 3}{53,3} = 0,654$$

Nếu dùng phương trình trên, ta suy ra được e ở các cấp tải trọng khác như trong bảng dưới đây

p , daN/cm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
e_p	0,675	0,662	0,654	0,649	0,645	0,641	0,639	0,636	0,634	0,632

Cũng từ công thức trên, tính hệ số rỗng cuối cấp áp lực $\sigma = 400 \text{ kN/m}^2$ như sau :

$$e_{800} = e_{400} - \frac{\Delta h}{h} (1 + e_{400})$$

Thay số vào ta có :

$$0,719 = e_{400} - \frac{0,23}{18,68} (1 + e_{400})$$

$$e_{400} = 0,74$$

Tương tự như trên ta có thể tính được hệ số rỗng của đất ở các cấp tải trọng khác và hệ số rỗng ban đầu của đất. Kết quả tính toán được thống kê trong bảng II-10.

Bảng II-10

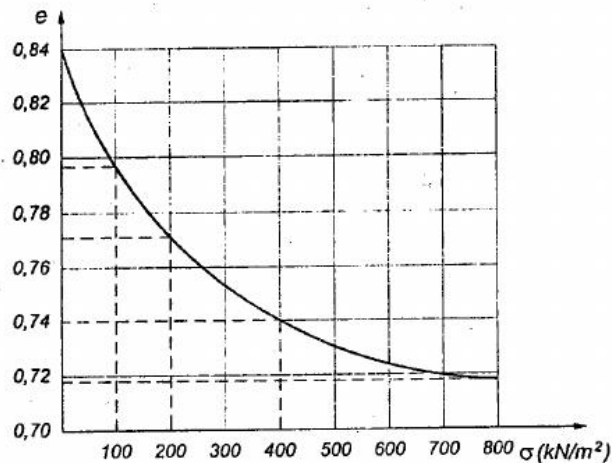
σ , kN/m ²	$\Delta \sigma$, kN/m ²	h , mm	Δh , mm	e	$\lg \sigma$	$m_v(a_0)$, m ² /MN
0		19,8		0,843		
50	50	19,39	0,41	0,805	1,7	0,421
100	50	19,24	0,15	0,792	2	0,144
200	100	18,97	0,27	0,767	2,3	0,139
400	200	18,68	0,29	0,740	2,6	0,0764
800	400	18,45	0,23	0,719	2,9	0,030
		19,02	0,57	0,772		

Hệ số rỗng của đất ứng với cuối cấp áp lực $\sigma = 800 \text{ kN/m}^2$ được tính bằng công thức sau :

(Hai điểm đầu và cuối đường nở trùng với hai điểm đầu và điểm cuối của đường nén lại).

$$\begin{aligned} e_{800} &= e_o - \frac{\Delta h}{h} (1 + e_o) \\ &= 0,772 - \frac{0,57}{19,02} (1 + 0,772) \\ &= 0,719 \end{aligned}$$

90



Hình II-21. Đường cong $e = f(\sigma)$ cho bài tập II-6



Từ kết quả ở bảng trên ta vẽ được đường cong $e = f(\sigma)$ ở hình II-21.

b) Chỉ số nén C_c là độ dốc của phần thẳng và được tính theo công thức sau :

$$C_c = \frac{e_{200} - e_{800}}{lg_{800} - lg_{200}} = \frac{0,767 - 0,719}{2,9 - 2,3} = 0,08$$

91

Từ đường cong $e = f(\lg \sigma)$ xác định được áp lực cố kết trước $\sigma_c = 78 \text{ kN/m}^2$ (Hình II-22).

c) Tính giá trị của hệ số nén thể tích m_v (còn gọi là hệ số nén tương đối a_o) :

$$m_v = \frac{a}{1 + e_1}$$

Trong đó, a là hệ số nén.

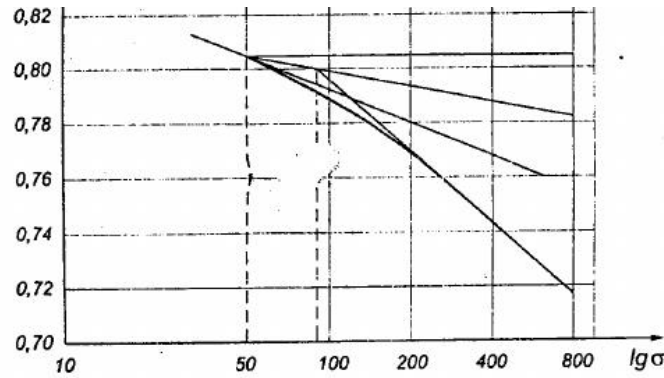
$$a = \frac{e_1 - e_2}{\sigma_2 - \sigma_1}$$

e_1 - hệ số rỗng của đất ứng với cấp áp lực σ_1 .

e_2 - hệ số rỗng của đất ứng với cấp áp lực σ_2 .

Ví dụ trong khoảng áp lực $\sigma_1 = 100 \text{ kN/m}^2$; $\sigma_2 = 200 \text{ kN/m}^2$ thì :

$$m_v = \frac{0,792 - 0,767}{1 + 0,792} = 0,139 \text{ m}^2/\text{MN}$$



Hình II-22. Đường cong $e = f(\lg\sigma)$ cho bài tập II-16

92

Các giá trị khác của m_v được tính tương tự (Bảng II-10).

Bài tập II-17. Cho một mẫu đất sét pha có tỷ trọng hạt $\Delta = 2,7$, độ ẩm tự nhiên $W = 25\%$, dung trọng $\gamma = 2 \text{ T/m}^3$; hệ số rỗng ban đầu $e_0 = 0,69$, độ no nước $G = 0,95$. Giới hạn dẻo $W_d = 20\%$, giới hạn sét $W_s = 34\%$; chiều cao ban đầu của nền đất $h = 20 \text{ mm}$, chiều sâu lấy mẫu $h = 1,5 \text{ m}$.

Thí nghiệm cố kết (sau 24 h độ lún nhỏ hơn 0,01 mm) thoát nước cả phía trên và phía dưới mẫu ta được kết quả bảng II-11.

93

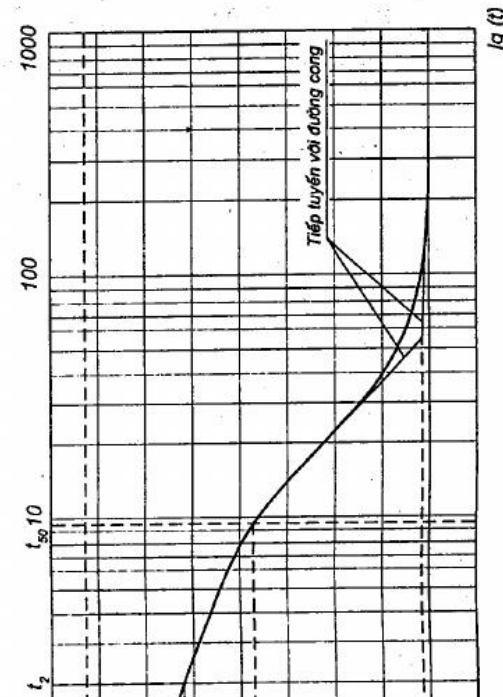
Bảng II-11

Tải trọng P (kG/cm ²)	Thời gian nén	Số đọc đồng hồ đo lún	Tổng độ lún y (mm)	Biến dạng của dụng cụ y_c
0,3	8h00'	2,00	-	0,126
2	8h00'06"	2,405	0,405	0,126
	8h00'15"	2,453	0,453	
	8h00'30"	2,479	0,479	
	8h01'	2,544	0,544	
	8h02'	2,639	0,649	
	8h04'	2,750	0,750	
	8h08'	2,963	0,963	
	8h15'	3,165	1,165	
	8h30'	3,503	1,503	
	9h00'	3,651	1,651	
	10h00'	3,703	1,703	
	11h00'	3,707	1,707	
	14h00'	3,718	1,718	
20h00'	3,733	1,733		

Dùng phương pháp lg thời gian (phương pháp Casagrande) hãy :

- Tính hằng số cố kết C_v của mẫu đất.
- Tính hệ số thấm k của mẫu đất.

Bài giải



1 phút; t_{50} (thời gian cố kết thấm 50%) = 510s.
 y_1, y_2 (điểm bắt đầu cố kết thấm và kết thúc cố kết thấm).
 vẽ được $y_1 = 0,15\text{mm}$; $y_2 = 1,57\text{mm}$.

Hình II-23

Vẽ đường cong cố kết trên hệ trục tọa độ nửa logarit (trục đứng là độ lún của mẫu, trục ngang là logt). Độ lún thực của mẫu đất y_1 bằng độ lún dọc được từ đồng hồ đo lún y trừ độ lún do biến dạng của dụng cụ y_c . Cụ thể tại thời điểm 8h00'06'' :

$$y_t = y - y_c = 0,405 - 0,126 = 0,279 \text{ mm}$$

Tại thời điểm 8h00'15''

$$y_t = y - y_c = 0,453 - 0,126 = 0,327 \text{ mm}$$

Ở các thời điểm khác tính tương tự.

Với hệ trục tọa độ : trục hoành là logarit của thời gian t (phút), trục tung là độ lún của mẫu, đường cong cố kết được vẽ như hình II-23.

Xác định điểm đầu y_1 (điểm 0) và điểm cuối y_2 (điểm kết thúc của quá trình cố kết thấm được tiến hành theo phương pháp vẽ (xem hình II-23).

Độ cố kết U_t của đất được tính theo công thức sau :

$$U_t = \frac{y_t}{y_\infty} \cdot 100\%$$

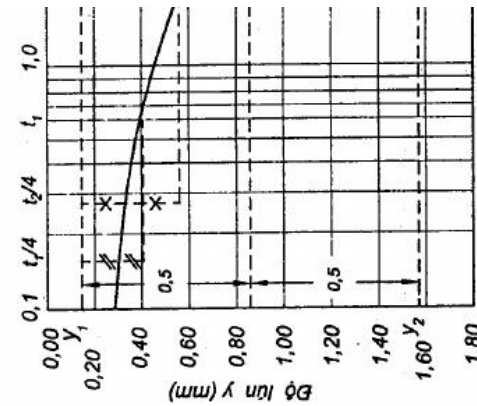
y_t - độ lún của mẫu ở thời điểm t ;

y_∞ - độ lún cuối cùng của mẫu.

Hằng số cố kết C_v được tính theo công thức sau :

$$C_v = T_v \cdot \frac{h^2}{t_{50}} = 0,197 \cdot \frac{(0,5h_{bd})^2}{t_{50}}, \text{ cm}^2/\text{s}$$

h - chiều dày cố kết thấm một chiều, vì nước thấm cả lên trên và xuống dưới nên $h = \frac{h_{bd}}{2} = 0,5h_{bd}$.



Ghi chú : $t_1 = 0,6$ phút; $t_2 = 1$,
Xác định các điểm
Theo phương pháp

Tính hệ số thấm k :

$$k = \frac{C_v \cdot \gamma_n \cdot a}{1 + e_{tb}}$$

Ở đây :

C_v - hằng số cố kết, cm^2/s ;

γ_n - dung trọng của nước $0,001 \text{ kg}/\text{cm}^3$;

a - hệ số nén trong khoảng áp lực thí nghiệm ;

e_{tb} - hệ số rỗng trung bình trong khoảng áp lực đang xét.

Theo đường cong cố kết, độ lún tương ứng với điểm đầu và điểm cuối của quá trình nén thấm là :

$$y_1 = 0,15 \text{ mm}$$

$$y_2 = 1,57 \text{ mm}$$

Với độ lún như vậy, hệ số rỗng tương ứng của mẫu đất là :

$$e_1 = e_0 - \lambda_2(1 + e_0)$$

n_{bd} - chiều cao ban đầu của mẫu đất, cm;

t_{50} - thời gian ứng với độ cố kết $U = 50\%$.

0,197 - giá trị của thừa số thời gian T_v ứng với $U = 50\%$ (tra theo biểu đồ quan hệ giữa U và T_v).

Từ điểm đầu và điểm cuối của quá trình cố kết thấm ta xác định được điểm tương ứng với độ cố kết $U = 50\%$. (đó là giao điểm giữa đường nằm ngang chia đôi khoảng cách theo trục tung giữa điểm đầu và điểm cuối của quá trình cố kết thấm với đường cong cố kết). Tương ứng với U_{50} là thời gian t_{50} . Trên hình vẽ ta tìm được $t_{50} = 510$ s.

Thay số vào công thức trên được :

$$C_v = 0,197 \cdot \frac{(0,5 \times 2)^2}{510} = 0,000368 \text{ cm}^2/\text{s}$$

96

$$= 0,69 - \frac{0,15}{20} (1 + 0,69) = 0,677$$

Tương tự :

$$e_2 = 0,69 - \frac{1,57}{20} (1 + 0,69) = 0,557$$

Hệ số rỗng trung bình là :

$$e_{tb} = \frac{0,677 + 0,557}{2} = 0,617$$

Hệ số nén đất trong khoảng 0,3 ~ 2,0 daN/cm² là :

$$a = \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1} = \frac{0,677 - 0,557}{2,0 - 0,3} = 0,071 \text{ cm}^2/\text{daN}$$

97

Khi đó hệ số thấm sẽ là :

$$k = \frac{0,000368 \times 0,001 \times 0,071}{1 + 0,617} = 1,7 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$$

Hoặc :

$$k = 1,7 \cdot 10^{-8} \times 864 = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/ngày.}$$

Bài tập II-18. Với số liệu cho bài tập II-17. Bằng phương pháp cân bậc hai thời gian (\sqrt{t}) - phương pháp Taylor xác định :

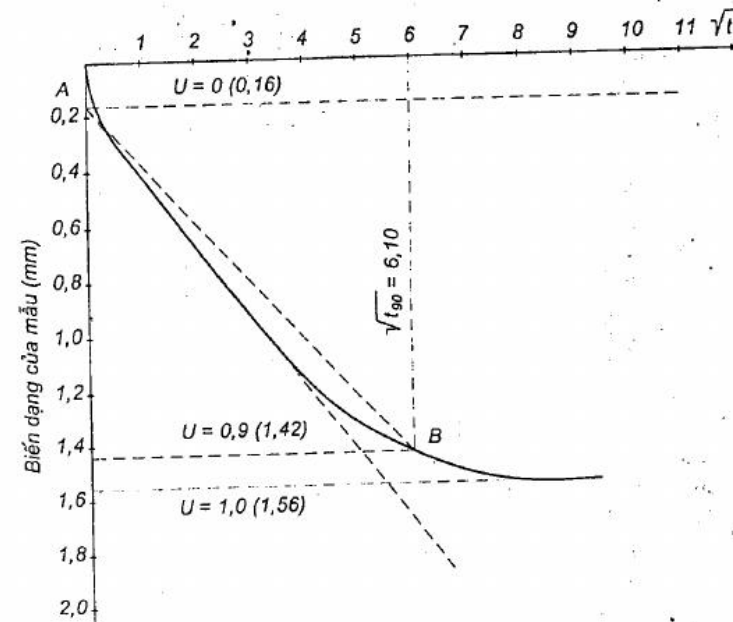
- Hằng số cố kết C_v .
- Hệ số thấm k của mẫu đất trên.

Bài giải

Từ số liệu đầu bài đã cho ta lập được bảng II-12.

Bảng II-12

Thời gian nén t	\sqrt{t}	Độ lún của mẫu Δh
-----------------	------------	---------------------------



6s (0,1')	0,31	0,279
15s (0,25')	0,5	0,327
30s (0,5')	0,7	0,353
1'	1	0,418
2'	1,41	0,513
4'	2	0,624
8'	2,8	0,837
15'	3,87	1,039
30'	5,47	1,377
60'	7,74	1,525
120'	10,95	1,577
180'	13,41	1,581
360'	18,97	1,592
720'	26,83	1,607

Dựa vào bảng trên vẽ đường cong $\Delta h = f(\sqrt{t})$ (Hình II-24).

98

$$C_v = 0,848 \times \frac{\left(\frac{h}{2}\right)^2}{t_{90}} = 0,848 \times \frac{\left(\frac{2}{2}\right)^2}{2232,6} = 0,00038 \text{ cm}^2/\text{s}$$

Sau khi xác định được C_v , hệ số thấm k xác định như bài tập II-17.

Độ lún tổng cộng của mẫu đất sẽ là :

$$\Delta h = \frac{1,42 - 0,16}{0,9} + 0,16 = 1,56 \text{ mm}$$

Bài tập II-19. Cho một nền đất có 2 lớp. Lớp trên là đất cát hạt trung, chiều dày 5,0m. Các chỉ tiêu tính chất như sau :

Trọng lượng riêng ướt trên mực nước ngầm : $\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3$.

Trọng lượng riêng no nước : $\gamma_{nn} = 20 \text{ kN/m}^3$.

Lớp dưới là đất sét cứng không thấm nước. Trọng lượng riêng ướt là : $\gamma_2 = 19 \text{ kN/m}^3$.

Δh

Hình II-24

Vẽ các điểm trong đoạn cố kết thâm (đoạn đầu của đồ thị) nối các điểm đó thành đoạn thẳng cắt trục độ lún của mẫu tại điểm A ($U = 0$), tương ứng với sự thay đổi bề dày mẫu là $\Delta h = 0,16 \text{ mm}$.

Tiếp đó vẽ đường thẳng có hoành độ bằng 1,15 lần hoành độ đường thẳng thứ nhất, cắt đường cong tại điểm B tương ứng với độ cố kết $U = 0,9$.

Từ đồ thị, $\sqrt{t_{90}} = 6,1$. Vậy $t = 37,21' = 2232,6 \text{ s}$.

Vì nước thấm cả lên trên và xuống dưới mẫu thí nghiệm, vậy ta có chiều dài đường thâm là $\frac{h}{2}$. Từ đó :

99

Bảng II-13

Độ sâu (m)	Ứng suất (kN/m ²)			
	Ứng suất tổng		Áp lực nước lỗ rỗng u_z	Ứng suất hiệu quả $\sigma'_z = \sigma_z - u_z$
	$\Delta\sigma_z$	σ_z		
0	0	0	0	
2	$10 \times 2 = 20$	20	$10 \times 2 = 20$	0
7	$20 \times 5 = 100$	120	$10 \times 7 = 70$	50
7	Dưới mặt lớp sét	120	0	120
10	$19 \times 3 = 57$	177	0	177

Biết ứng suất do trọng lượng ban đầu gây ra tại điểm có độ sâu z là $\sigma_z = \gamma \cdot z$

Hãy tính và vẽ biểu đồ ứng suất tổng (σ_z) và ứng suất hiệu quả (σ_z') đến chiều sâu 8,0 m trong các trường hợp sau đây :

- Nước ngập trên mặt lớp cát chiều cao 2,0 m.
- Mặt nước ngầm bằng mặt lớp cát.
- Mặt nước ngầm ở độ sâu - 2,0 m so với mặt lớp cát.

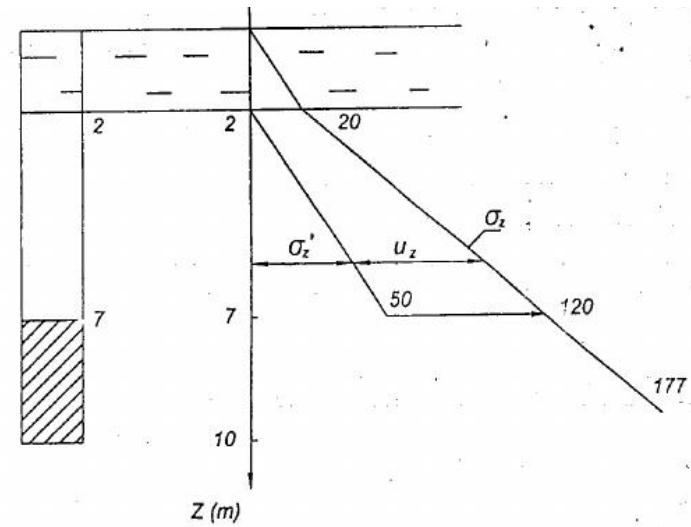
Bài giải

Gọi áp lực nước lỗ rỗng là u_z , ta có công thức chung là :

$$\sigma_z = \sigma_z' + u_z$$

1) Trường hợp a : Lấy $z = 0$ tại mặt nước, trục z hướng xuống dưới, $\gamma_n \approx 10 \text{ kN/m}^3$. Ta tính được σ_z và σ_z' như bảng II-13 và lập được biểu đồ của chúng như hình II-25.

100



Hình II-25

101

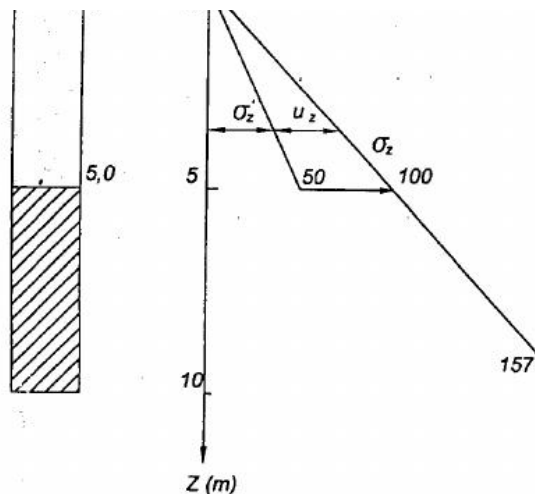
2) Trường hợp b : Lấy $z = 0$ tại mặt lớp cát. Ta có kết quả ở bảng II-14 và hình II-26.

Bảng II-14

Độ sâu (m)	Ứng suất (kN/m ²)			
	Ứng suất tổng		Áp lực nước lỗ rỗng u_z	Ứng suất hiệu quả $\sigma_z = \sigma_z - u_z$
	$\Delta \sigma_z$	σ_z		
0	0	0	0	0
5	$20 \times 5 = 100$	100	50	50
5	Ngay dưới mặt lớp sét	100	0	100
8	$19 \times 3 = 57$	157	0	157

Bảng II-15

Độ sâu (m)	Ứng suất (kN/m ²)			
	Ứng suất tổng		Áp lực nước lỗ rỗng u_z	Ứng suất hiệu quả $\sigma_z = \sigma_z - u_z$
	$\Delta \sigma_z$	σ_z		
0	0	0	0	0
2	$18 \times 2 = 36$	36	0	36
5	$20 \times 3 = 60$	96	30	66
5	Ngay dưới mặt lớp sét	96	0	96
8	$19 \times 3 = 57$	153	0	153



Hình II-26

3) Trường hợp c : Lấy $z = 0$ tại mặt lớp cát. Ta có bảng kết quả II-15 và hình II-27.

102

Khi áp lực thẳng đứng $\sigma_1 = 1 \text{ kG/cm}^2$, sức chống cắt $\tau_1 = 0,81 \text{ kG/cm}^2$. Khi áp lực thẳng đứng $\sigma_2 = 2 \text{ kG/cm}^2$, sức chống cắt $\tau_2 = 1,17 \text{ kG/cm}^2$. Khi áp lực thẳng đứng $\sigma_3 = 3 \text{ kG/cm}^2$, sức chống cắt $\tau_3 = 1,48 \text{ kG/cm}^2$. Độ ẩm tự nhiên $W = 21\%$. Hãy xác định góc ma sát trong φ và lực dính c ứng với độ ẩm trên của đất sét.

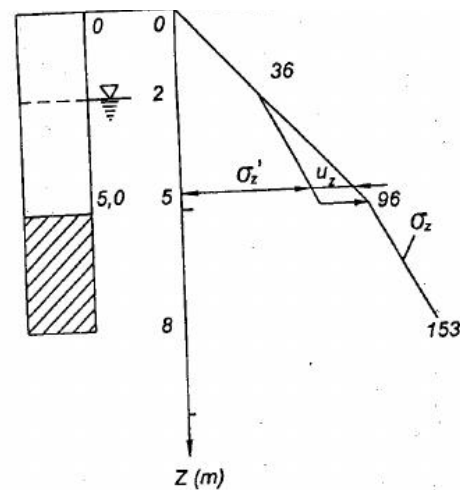
Bài giải

Sức chống cắt của đất sét được tính theo công thức sau :

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c \quad (\text{a})$$

Vẽ đường biểu thị sức chống cắt của đất theo số liệu trên (Hình II-28).

$\tau, \text{ kG/cm}^2$



Hình II-27

Bài tập II-20. Thí nghiệm cát trực tiếp một mẫu đất sét được kết quả sau đây.

103

Từ công thức $\tau = \operatorname{tg} \varphi + c$, thay $\operatorname{tg} \varphi = 0,335$, áp lực thẳng đứng $\sigma_1 = 1 \text{ kG/cm}^2$ và sức chống cắt tương ứng $\tau_1 = 0,81 \text{ kG/cm}^2$ ta tính được c :

$$c = 0,81 - 0,335 \times 1 = 0,475 \text{ kG/cm}^2$$

Vậy khi độ ẩm tự nhiên $W = 21\%$, góc ma sát trong và lực dính c của đất sét trên là :

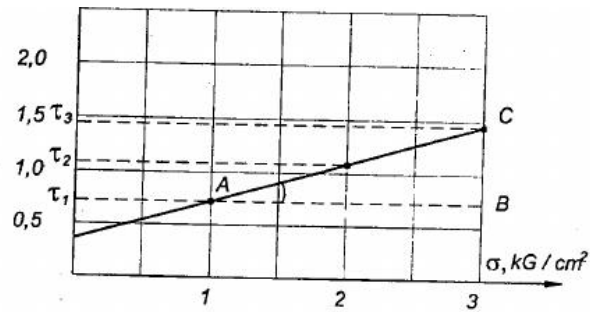
$$\varphi = 18^\circ ; c = 0,475 \text{ kG/cm}^2$$

Bài tập II-21. Kết quả thí nghiệm cát đất trực tiếp trên máy cát ứng biến (cát không thoát nước) như bảng II-16.

Bảng II-16

Áp lực thẳng đứng $p(\text{N/cm}^2)$

Số đọc trên đồng hồ đo biến dạng của vòng ứng biến (0,01 mm)



Hình II-28

Tính góc ma sát trong φ và lực dính c :

Đường biểu thị chống cắt của đất là đường thẳng, nghiêng góc φ so với trục hoành và cắt trục tung tại điểm có giá trị bằng c (phương trình bậc nhất). Xét ΔABC ta có :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\tau_3 - \tau_1}{\sigma_3 - \sigma_1} = \frac{14,8 - 0,81}{3 - 1} = 0,335$$

Từ đó tính được $\varphi = 18^\circ$.

104

Bài giải

Từ kết quả thí nghiệm ta tính ra các trị số ở bảng II-17.

Bảng II-17

Mẫu đất (điểm)	Áp lực thẳng đứng $p(\text{N/cm}^2)$	Biến dạng của vòng ứng biến (cm)	Hệ số cứng của vòng ứng biến $C (\text{N/cm})$	Lực cắt tác dụng lên mẫu $P = C.R$	Ứng suất cắt $\tau = \frac{P}{F} (\text{N/cm}^2)$
1	10	5.10^{-3}	$50,54.10^3$	50,54.5	7,9
2	20	8.10^{-3}	-	50,54.8	12,6
3	30	11.10^{-3}	-	50,54.11	17,3

10	5
20	8
30	11

Biết diện tích mẫu đất là $F = 32 \text{ cm}^2$, hệ số cứng của vòng ứng biến là $C = 50,54.10^3 \text{ N/cm}^{(1)}$. Vẽ đường biểu diễn sức chống cắt của đất (đường Coulomb) và xác định các tham số sức chống cắt của đất ấy.

(1) Hệ số cứng của vòng ứng biến C là hệ số tỷ lệ giữa lực tác dụng P và biến dạng R của vòng : $P = C.R$ (về trị số, C bằng lực làm cho vòng có biến dạng đơn vị). Ta tính được ứng suất cắt theo công thức :

$$\tau = \frac{P}{F} = \frac{C}{F} R$$

Thông thường với mỗi thiết bị (dễ thí nghiệm cắt) hệ số C của vòng ứng biến không đổi, mà diện tích mẫu đất thí nghiệm F cũng không đổi. Vì vậy trong phòng thí nghiệm, để tiện tính toán, thay cho hệ số C người ta hay dùng hệ số $C' = \frac{C}{F}$. Như vậy ta có ngay $\tau = C'.R$ (R - chính là số đọc trên đồng hồ đo biến dạng của vòng ứng biến). Hệ số cho ở đây chính là C' .

105

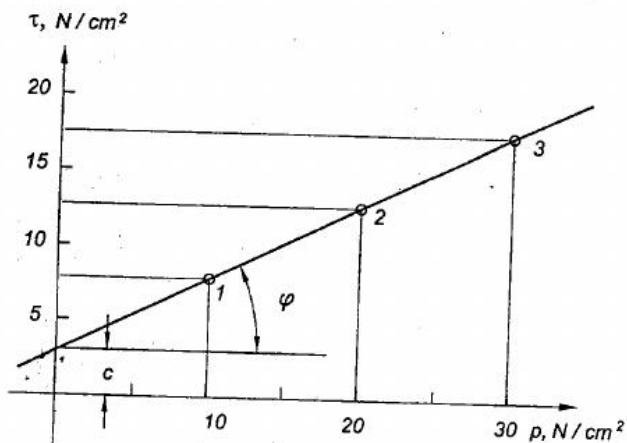
trên. Nối các điểm 1, 2, 3 ta có đường biểu diễn sức chống cắt của đất (Hình II-29).

Các tham số sức chống cắt của đất xác định bằng cách đo ngay trên đồ thị $\tau \sim p$:

- Tung độ của điểm mà đường biểu diễn sức chống cắt của đất gặp trục τ cho ta lực dính c , ở đây $c = 3,5 \text{ N/cm}^2$.
- Góc nghiêng của đường biểu diễn sức chống cắt của đất cho ta góc ma sát trong φ , ở đây $\varphi = 25^\circ 10'$.

Bài tập II-22. Thí nghiệm (cắt đất gián tiếp) trên máy nén 3 trục với 3 mẫu đất cùng loại. Kết quả có các thành phần ứng suất chính khi mẫu phá hoại như bảng II-18.

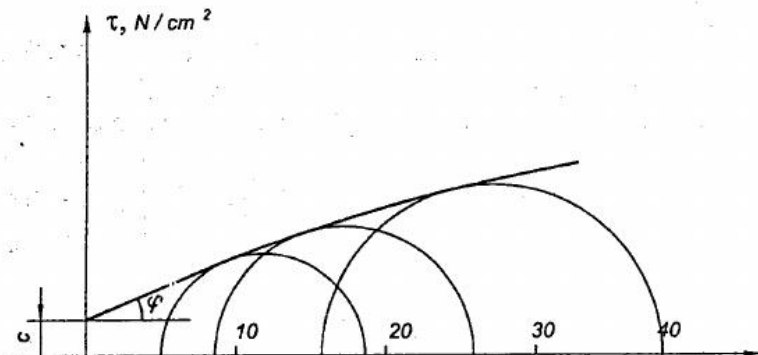
Bảng II-18



Hình II-29

Lập hệ trục tọa độ : trục hoành biểu diễn áp lực (nén) thẳng đứng p , trục tung biểu diễn ứng suất cắt τ , xác định các điểm 1, 2, 3 với những tọa độ ứng với p và τ đã tính được ở

106



Mẫu đất	P_{max} (N/cm ²)	P_{min} (N/cm ²)
1	20,0	5,0
2	26,0	8,0
3	40,4	15,6

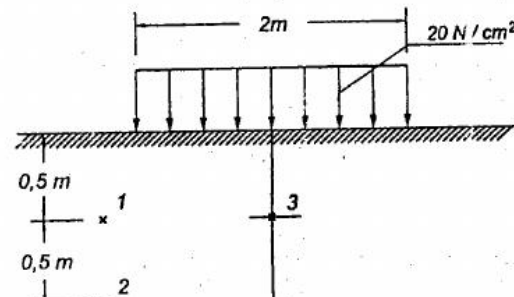
Xác định góc ma sát trong và lực dính của đất ấy. Xác định góc nghiêng của mặt trượt (cát) khi mẫu bị phá hoại.

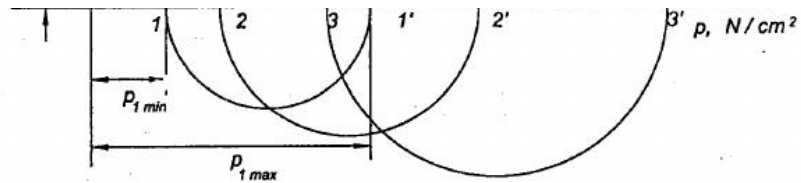
Bài giải

Lập hệ trục tọa độ $\tau \sim p$. Trên trục p (trục nằm ngang) lấy các điểm 1 và 1' ứng với các ứng suất phá hỏng của mẫu 1. Lấy 1-1' làm đường kính ta vẽ được vòng Mohr ứng suất giới hạn của mẫu 1 (Hình II-30). Cũng làm như thế ta vẽ được các vòng Mohr ứng suất giới hạn của mẫu 2, mẫu 3. Sau đó ta vẽ tiếp tuyến chung (đường bao) của các vòng Mohr ứng suất giới hạn. Đó chính là đường biểu diễn sức chống cắt của đất. Theo thực nghiệm thì đoạn đầu của đường bao này (ở khoảng p bé) hơi cong, nhưng nói chung ta xem là thẳng.

107

2(-1 ; 1), 3(0 ; 0,5) trong nền đất có bị biến dạng dẻo không (bỏ qua trọng lượng bản thân của đất).





Hình II-30

Các thông số của đường thẳng này là các thông số sức chống cát của đất : góc nghiêng của nó là góc φ , ở đây $\varphi = 21^{\circ}45'$; tung độ góc của nó là lực dính c , ở đây $c = 3,2 \text{ N/cm}^2$.

Mặt trượt (mặt phá hỏng) nghiêng một góc α so với phương của ứng suất chính lớn nhất. Ở đây, nếu phương p_{\max} là phương thẳng đứng thì mặt cắt sẽ nghiêng so với phương thẳng đứng góc

$$\alpha = 45^{\circ} - \frac{\varphi}{2} = 45^{\circ} - \frac{21^{\circ}45'}{2} = 34^{\circ}8'$$

Bài tập II-23. Trên nền đất á sét, với các tham số sức chống cát là $\varphi = 20^{\circ}$, $c = 2,0 \text{ N/cm}^2$, có tác dụng tải trọng hình băng phân bố đều bề rộng $b = 2 \text{ m}$, cường độ $p = 20 \text{ N/cm}^2$ (Hình II-31). Kiểm tra xem những điểm 1(-1 ; 0,5),

108



Hình II-31

Bài giải

Trước hết tính các ứng suất chính tại điểm 1, 2, 3 do tải trọng ngoài gây ra, dùng công thức (III-17) (xem chương III).

Các điểm ta xét góc nhìn 2β là :

- Điểm 1, $\text{tg}2\beta = \frac{2}{0,4} = 4$, do đó $2\beta = 1,33 \text{ radian}$

$$\sin 2\beta = 0,97.$$

- Điểm 2, $\text{tg}2\beta = \frac{2}{1} = 2$, do đó $2\beta = 1,11 \text{ radian}$

$$\sin 2\beta = 0,89.$$

- Điểm 3, $\text{tg}\beta = \frac{1}{0,5} = 2$, do đó $2\beta = 2,22 \text{ radian}$.

$$\sin 2\beta = 0,80.$$

Vậy ta có

Ở điểm 1 :

$$\sigma_{1,3} = \frac{20}{3,14} (1,33 \pm 0,97) ;$$

109

$$\sigma_1 = 14,65 \text{ N/cm}^2 ; \sigma_3 = 2,29 \text{ N/cm}^2.$$

Ở điểm 2 :

$$\sigma_{1,3} = \frac{20}{3,14} (1,11 \pm 0,89) ;$$

$$\sigma_1 = 12,73 \text{ N/cm}^2 ; \sigma_3 = 1,40 \text{ N/cm}^2.$$

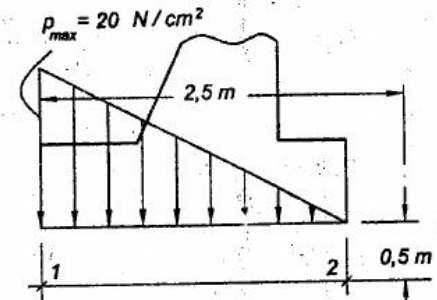
Ở điểm 3 :

$$\sigma_{1,3} = \frac{20}{3,14} (2,22 \pm 0,8) ;$$

độ lớn nhất $p_{\max} = 20 \text{ N/cm}^2$ (Hình II-32). Kiểm tra xem các điểm 1, 2 nằm trên trục qua mép móng ở độ sâu $z = 0,5 \text{ m}$ có bị biến dạng dẻo (mất ổn định) không ?

Bài giải

Tính các thành phần ứng suất ở mỗi điểm. Theo bảng III-11a (trục z đặt tại



Hình II-32

$$\sigma_1 = 19,23 \text{ N/cm}^2 ; \sigma_3 = 9,04 \text{ N/cm}^2.$$

Bây giờ, dựa vào điều kiện (II-16) ta xác định góc lệch của trạng thái ứng suất ở mỗi điểm :

$$\sin\theta_1 = \frac{14,65 - 2,29}{14,65 + 2,29 + \frac{2 \times 20}{\text{tg}20^\circ}} = 0,4358 ; \theta_1 = 25^\circ 50'$$

$$\sin\theta_2 = \frac{12,73 - 1,40}{12,73 + 1,40 + 11,42} = 0,4434 ; \theta_2 = 26^\circ 20'$$

$$\sin\theta_3 = \frac{19,23 - 9,04}{19,23 + 9,04 + 11,42} = 0,2567 ; \theta_3 = 14^\circ 55'$$

Cuối cùng so sánh theo điều kiện (II-14) ta thấy ngay rằng $\theta_1 > \varphi$ ($25^\circ 15' > 20^\circ$), $\theta_2 > \varphi$ ($26^\circ 20' > 20^\circ$) nên các điểm 1, 2 đã rơi vào trạng thái cân bằng cực hạn, bị biến dạng dẻo. Điểm 3, ngược lại, $\theta_3 = 14^\circ 55' < \varphi = 20^\circ$, nên vẫn ở trạng thái bền vững ổn định.

Bài tập II-24. Một tường chắn đất có bề rộng đáy $b = 2,5$ m đặt trên nền đất mềm có các tham số sức chống cắt là $\varphi = 14^\circ$, $c = 1,5 \text{ N/cm}^2$. Ứng suất dưới đáy tường có dạng tam giác, cường

110

$$\text{- Điểm 2 : } \sin^2\theta_2 = \frac{(1,2 - 2,92)^2 + 4 \times 1,5^2}{(1,2 + 2,92 + 1,2)^2} = 0,046$$

$$\text{suy ra } \sin\theta_2 = 0,214 ; \theta_2 = 12^\circ 6'$$

Cuối cùng so sánh θ với φ , ta thấy $\theta_1 = \varphi$ vậy điểm 1 bị biến dạng dẻo, còn $\theta_2 < \varphi$ nên điểm 2 không bị biến dạng dẻo.

Bài tập II-25. Một loại đất sét pha được đắp làm nền có độ ẩm tự nhiên $W_1 = 30\%$. Sau khi dùng các biện pháp làm

điểm $p = 0$) thì ta có :

$$\text{- Điểm 1 : } \frac{x}{b} = 1 ; \frac{z}{b} = 0,2 ; k_z = 0,439 ; \sigma_z = 8,78 \text{ N/cm}^2 ;$$

$$\text{- Điểm 2 : } \frac{x}{b} = 0 ; \frac{z}{b} = 0,2 ; k_z = 0,06 ; \sigma_z = 1,20 \text{ N/cm}^2.$$

Theo bảng III-11b (trục z đặt tại điểm giữa) thì ta có :

$$\text{- Điểm 1 : } \frac{x}{b} = -0,5 ; \frac{z}{b} = 0,2 ; k_x = 0,230 ;$$

$$\sigma_x = 4,60 \text{ N/cm}^2$$

$$k_\tau = -0,231 ; \tau_{xz} = -4,60 \text{ N/cm}^2$$

$$\text{- Điểm 2 : } \frac{x}{b} = +0,5 ; \frac{z}{b} = 0,2 ; k_x = 0,146 ;$$

$$\sigma_x = 2,92 \text{ N/cm}^2$$

$$k_\tau = 0,075 ; \tau_{xz} = 1,5 \text{ N/cm}^2$$

Theo công thức (II-16') xác định góc lệch của trạng thái ứng suất ở mỗi điểm :

$$\text{- Điểm 1 : } \sin^2\theta_1 = \frac{(8,78 - 4,6)^2 + 4 \times 4,6^2}{(8,78 + 4,6 + 2 \times 1,5 \cotg 14^\circ)^2} = 0,06$$

$$\text{suy ra } \sin\theta_1 = 0,245 ; \theta_1 = 14^\circ.$$

Theo biểu đồ đã cho :

- Khi $W_1 = 30\%$ tra trên biểu đồ ta có :

$$\varphi_1 = 10^\circ ; c_1 = 0,28 \text{ daN/cm}^2$$

- Khi $W_2 = 20\%$: $\varphi_2 = 14^\circ ; c_2 = 0,46 \text{ daN/cm}^2$

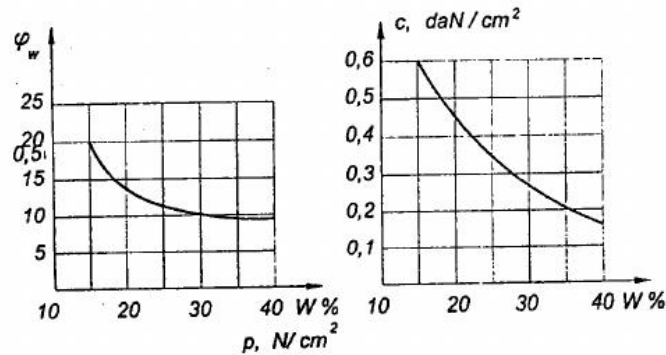
Thay các số liệu trên vào công thức tính τ ta được :

- Khi độ ẩm $W_1 = 30\%$, sức chống cắt của đất là :

giảm độ ẩm của đất, độ ẩm của đất chỉ còn $w_2 = 20\%$.

Hãy tính sức chống cắt của đất tăng lên bao nhiêu khi độ ẩm của đất từ $W_1 = 30\%$ giảm xuống còn $W_2 = 20\%$; cho biết áp lực nén tại trung tâm phần đất đắp $\sigma = 2,1 \text{ daN/cm}^2$.

Dựa vào kết quả thí nghiệm ta đã có biểu đồ quan hệ giữa góc ma sát trong φ và độ ẩm W của đất ($\varphi_w = f_1(W)$) và biểu đồ quan hệ giữa lực dính c và độ ẩm W của đất $c_w = f_2(W)$ như hình II-33.

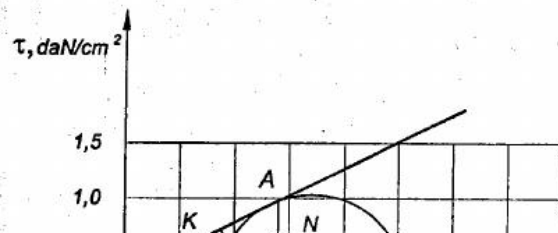


Hình II-33

Bài giải

Công thức tính sức chống cắt của đất như sau :

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c$$



$$\tau = 2,1 \times \operatorname{tg} 10^\circ + 0,28 = 0,66 \text{ daN/cm}^2$$

- Khi độ ẩm $W_2 = 20\%$; sức chống cắt của đất là :

$$\tau = 2,1 \times \operatorname{tg} 14^\circ + 0,46 = 0,98 \text{ daN/cm}^2.$$

Như vậy, nếu giảm độ ẩm của đất từ 30% xuống còn 20% với tác dụng của lực nén $\sigma = 2,1 \text{ daN/cm}^2$ thì sức chống cắt của đất sẽ tăng thêm là :

$$\tau_2 - \tau_1 = 0,98 \text{ daN/cm}^2 - 0,66 \text{ daN/cm}^2 = 0,32 \text{ daN/cm}^2.$$

Bài tập II-26. Để xác định sức chịu tải của đất sét dưới nền công trình yêu cầu phải xác định góc ma sát trong φ và lực dính c của đất đó. Được biết độ ẩm tự nhiên của đất là $W = 19\%$. Muốn thí nghiệm xác định φ và c của đất mà vẫn đảm bảo độ ẩm tự nhiên của đất ta dùng thí nghiệm nén 3 trục.

Kết quả thí nghiệm như sau :

Tương ứng với các lực ngang $\sigma_3' = 0,22 \text{ daN/cm}^2$ và $\sigma_3'' = 0,80 \text{ daN/cm}^2$ đất bắt đầu bị phá hủy với các áp lực thẳng đứng $\sigma_1' = 1,47 \text{ daN/cm}^2$ và $\sigma_1'' = 2,58 \text{ daN/cm}^2$.

Bài giải

Dựa vào tài liệu thí nghiệm ta vẽ được 2 vòng tròn Mohr (Hình II-34).

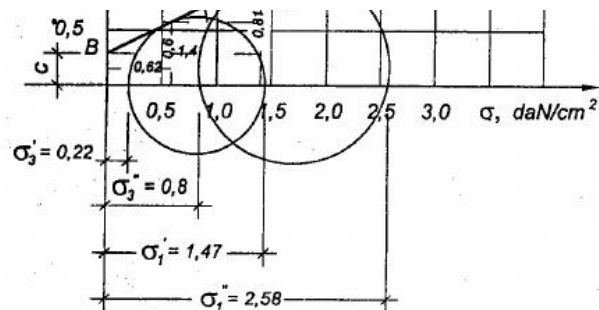
Từ công thức (a) với $\operatorname{tg} \varphi = 0,25$; $-\sigma_1' = 0,62 \text{ daN/cm}^2$; $\tau = 0,6 \text{ daN/cm}^2$ ta tính được lực dính c :

$$c = 0,6 - 0,62 \times 0,25 = 0,44 \text{ daN/cm}^2$$

Vậy với thí nghiệm nén 3 trục, độ ẩm tự nhiên của đất $W = 19\%$, ta có kết quả :

Góc ma sát trong của đất : $\varphi = 14^\circ$.

Lực dính của đất : $c = 0,44 \text{ daN/cm}^2$.



Hình II-34

Kẻ tiếp tuyến với 2 vòng tròn trên cắt trục tung tại điểm B. Góc nghiêng của đường tiếp tuyến trên (đường AB - đường sức chống cắt giới hạn của đất) với trục hoành chính là góc ma sát trong φ , và tung độ của B chính là lực dính c của đất.

Để xác định φ và c ta áp dụng công thức sau :

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c \quad (a)$$

Từ hình II-34 ta thấy : Với áp lực thẳng đứng $\sigma_1' = 0,62 \text{ daN/cm}^2$ (ứng với K) và $\sigma_1'' = 1,4 \text{ daN/cm}^2$ (ứng với A) ta có sức chống cắt τ tương ứng là $\tau' = 0,6 \text{ kG/cm}^2$ và $\tau'' = 0,81 \text{ kG/cm}^2$.

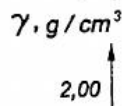
Xét tam giác AKN :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\tau'' - \tau'}{\sigma_1'' - \sigma_1'} = \frac{0,81 - 0,60}{1,4 - 0,62} = 0,25$$

Vậy $\varphi = 14^\circ$.

114

Dựa vào kết quả trên, ta vẽ được đường cong quan hệ giữa dung trọng khô γ_k của đất và độ ẩm W% của đất như hình II-35.



Bài tập II-27. Khi thí nghiệm đầm chặt đất bằng cối đầm chặt theo tiêu chuẩn Anh ta thu được kết quả sau :

Độ ẩm W (%)	4	6	8	10	12	14	16
Dung trọng γ (g/cm^3)	1,79	1,89	2,01	2,12	2,06	2,00	1,96

Tỷ trọng hạt của đất : $\Delta = 2,69$.

Hãy vẽ đường cong quan hệ giữa trọng lượng riêng khô (γ_k) và độ ẩm W% của đất. Xác định dung trọng khô lớn nhất và độ ẩm tốt nhất.

Bài giải

Dung trọng khô của đất được tính theo công thức sau :

$$\gamma_k = \frac{\gamma}{1 + 0,01W}$$

γ_k - dung trọng khô của đất (g/cm^3) ;

γ - dung trọng của đất (g/cm^3) ;

W - độ ẩm của đất (%).

Thay kết quả thí nghiệm với từng trường hợp tương ứng ta được kết quả sau :

Độ ẩm W (%)	4	6	8	10	12	14	16
Dung trọng khô, γ_k (g/cm^3)	1,72	1,78	1,86	1,93	1,83	1,75	1,68

115

Bảng II-19

Số thứ tự bài tập	Tiết diện mẫu, F (cm^2)	Chiều cao mẫu, h (cm)	Chiều cao cột nước, ΔH (cm)	Thời gian thấm, t (phút)	Lượng nước thấm, Q (cm^3)
II-28	103	15	60	6	37,0

Số bài tập	Áp lực p (N/cm ²)						mẫu, h (mm)	Hệ số hạt, Δ	đất khô, Q (N)
	0	5	10	20	30	40			
II-33	0	17	31	53	70	83	20,5	2,70	1550
II-34	0	34	62	106	138	160	21,5	2,69	1520
II-35	0	39	72	120	154,5	182	20,0	2,75	1415
II-36	0	110	148	194	228	255	21,0	2,76	1380
II-37	0	160	230	274	312	342	22,0	2,71	1355

Trả lời (Bảng II-22)

Bảng II-22

Số thứ tự bài tập	Hệ số rỗng e ứng với áp lực nén p (N/cm ²)						Hệ số nén a (cm ² /N)	Môđun biến dạng E (N/cm ²)
II-33	0,783	0,768	0,756	0,737	0,722	0,711	1,5.10 ⁻³	92,6
II-34	0,903	0,873	0,848	0,809	0,781	0,762	2,8.10 ⁻³	51,6
II-35	0,942	0,904	0,872	0,826	0,792	0,765	3,4.10 ⁻³	43,0
II-36	1,10	0,990	0,952	0,906	0,872	0,845	3,4.10 ⁻³	44,8
II-37	1,20	1,040	0,970	0,926	0,888	0,858	3,8.10 ⁻³	40,5

Bài tập II-38 đến II-42. Thí nghiệm nén đất bằng tấm nén ở trạng thái trường (tấm nén vuông $F = 70,7 \times 70,7 = 5000 \text{ cm}^2$). Theo kết quả đo lún ghi trong bảng II-23 hãy vẽ đường cong nén và xác định môđun biến dạng E của lớp đất.

Bảng II-25

Ứng suất chính
(giới hạn) lớn nhất và nhỏ nhất (N/cm²)

Số bài tập	Áp lực p (N/cm ²)						đất khô, Q (N)
	0	11	23	39	64	110	
II-38	0	11	23	39	64	110	358
II-39	0	13	27	45	80	132	310
II-40	0	10	26	49	80	127	242
II-41	0	14	34	64	104	159	185
II-42	0	19	45	79	132	220	163

Bài tập II-43 đến II-47. Kết quả thí nghiệm cát đất trực tiếp bằng máy cát ứng biến ghi trong bảng II-24. Vẽ đường biểu diễn sức chống cắt của đất (đường Coulomb) và xác định các tham số sức chống cắt φ và c của đất.

Bảng II-24

Số thứ tự bài tập	Tiết diện mẫu (cm ²)	Hệ số cứng của vòng ứng biến (N/cm)	Biến dạng của vòng ứng biến (0,01 mm) ứng với áp lực nén, p (N/cm ²)		
			10	20	30
II-43	32	37,6.10 ³	13	18	20
II-44	-	35,8.10 ³	14	17	18
II-45	-	42,7.10 ³	10	18	23
II-46	-	56,9.10 ³	7	9	12
II-47	-	51,4.10 ³	9	13	19

Bài tập II-48 đến II-52. Thí nghiệm cát đất bằng máy nén 3 trục với 3 mẫu đất. Khi mẫu đất bị phá hỏng, đo được các ứng suất giới hạn của nó (ghi trong bảng II-25). Xác định các thông số sức chống cắt của φ và c; tìm góc nghiêng α của mặt trượt so với phương ứng suất chính lớn nhất.

Bảng II-27

Số thứ tự bài tập	II-53	II-54	II-55	II-56	II-57
-------------------	-------	-------	-------	-------	-------

Số thứ tự bài tập	Mẫu số 1		Mẫu số 2		Mẫu số 3	
	P_{max}	P_{min}	P_{max}	P_{min}	P_{max}	P_{min}
	II-48	30	10	55	20	80
II-49	28	10	50	20	72	30
II-50	29	10	49	20	69	30
II-51	29	10	47	20	65	30
II-52	30	10	46	20	62	30

Trả lời (Bảng II-26)

Bảng II-26

Số thứ tự bài tập	II-48	II-49	II-50	II-51	II-52
Trị số φ°	25°45'	21°45'	20°45'	16°45'	15°45'
Trị số c (N/cm ²)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Trị số α°	32°08'	34°	34°38'	16°38'	37°

Bài tập II-53 đến II-57. Nền đất có các tham số sức chống cắt φ và c . Trên mặt nền tác dụng tải trọng hình băng phân số đều, bề rộng tải trọng b , cường độ p (các số liệu ghi trong bảng II-27). Kiểm tra các điểm có tọa độ (x, z) sau :

A $(0, \frac{b}{8})$; B $(0, \frac{b}{4})$; C $(\frac{b}{2}, \frac{b}{8})$; D $(\frac{b}{2}, \frac{b}{4})$ xem các điểm đó ở trạng thái ổn định (cân bằng bên) hay cân bằng giới hạn.

Bảng II-29

φ°	14	18	22	26	30
c (N/cm ²)	4,0	3,0	2,0	10	0,0
b (m)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
p (N/cm ²)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0

Trả lời (Bảng II-28)

Bảng II-28

Số thứ tự bài tập	II-53	II-54	II-55	II-56	II-57
Điểm A	Ổn định	Ổn định	Ổn định	Ổn định	Ổn định
Điểm B	Ổn định	Ổn định	Ổn định	Ổn định	Ổn định
Điểm C	Ổn định	Ổn định	Cân bằng giới hạn	Cân bằng giới hạn	Cân bằng giới hạn
Điểm D	Ổn định	Ổn định	Cân bằng giới hạn	Cân bằng giới hạn	Cân bằng giới hạn

Bài tập II-58 đến II-62. Tường chắn đất có đáy rộng b , đặt trên nền đất có các tham số sức chống cắt là φ và c . Ứng suất p dưới đáy tường phân bố không đều, có p_{max} và p_{min} (Bảng II-29). Kiểm tra xem các điểm A và B có tọa độ x, z (trục z đặt tại điểm giữa b) như sau : A $(\frac{b}{2}, \frac{b}{4})$;

B $(-\frac{b}{2}, \frac{b}{4})$ là ổn định hay cân bằng giới hạn.

Số thứ tự bài tập	II-58	II-59	II-60	II-61	II-62	
φ°	14	14	18	18	22	
c (N/cm ²)	3.5	3.5	3.0	3.0	2.0	
b (m)	4	4	4	4	4	
Ứng suất (N/cm ²)	P_{\max} (A)	20	20	20	20	20
	P_{\min} (B)	0	10	0	10	0

Trả lời (Bảng II-30)

Bảng II-30

Số thứ tự bài tập	II-58	II-59	II-60	II-61	II-62
Điểm A	Ổn định	Cân bằng giới hạn	Cân bằng giới hạn	Cân bằng giới hạn	Cân bằng giới hạn
Điểm B	Ổn định	Ổn định	Ổn định	Ổn định	Ổn định

Trong mỗi trường hợp riêng, theo lời giải của lý thuyết đàn hồi ta có biểu thức của mọi thành phần ứng suất - biến dạng tại một điểm bất kỳ. Nhưng thông thường trong những bài toán

Chương III

PHÂN BỐ ỨNG SUẤT TRONG ĐẤT

TÓM TẮT LÝ THUYẾT

Muốn tính toán nền các công trình xây dựng, ta phải biết trạng thái ứng suất của nền đất.

Tại một điểm bất kỳ của nền thường có 2 loại ứng suất : ứng suất do trọng lượng bản thân của đất gây ra và ứng suất do tải trọng ngoài gây ra.

Tính toán ứng suất trong nền đất do tải trọng ngoài gây ra, ta xác định trị số ứng suất cuối cùng khi nền đất đã biến dạng xong dưới tác dụng của tải trọng đó. Giả thiết đất là một vật thể biến dạng tuyến tính, người ta áp dụng những kết quả của lý thuyết đàn hồi để tính ứng suất trong nền đất. Khi tính toán, phân biệt 2 trường hợp cơ bản : bài toán không gian và bài toán phẳng. Nếu tải trọng là một số hữu hạn các lực tập trung hoặc là lực phân bố trên một diện hữu hạn thì các thành phần ứng suất của một điểm bất kỳ trong nền phụ thuộc cả 3 tọa độ (x, y, z) , đây là trường hợp bài toán không gian. Nếu tải trọng phân bố vô hạn theo một phương (và theo phương đó quy luật phân bố của tải trọng là không đổi) thì các thành phần ứng suất tại một điểm bất kỳ trong nền sẽ không phụ thuộc tọa độ phương có tải trọng phân bố vô hạn, ứng suất chỉ phụ thuộc 2 tọa độ $(x, z$ hoặc $y, z)$, đó là trường hợp bài toán phẳng.

Đối với các lớp đất thấm nước nằm dưới mực nước ngầm thì phải tính toán với trọng lượng riêng đầy nổi.

công trình thực tế, ta chỉ chú ý đến một hoặc một số các thành phần ứng suất - biến dạng hay dùng mà thôi. Mặt khác, biểu thức ứng suất - biến dạng thường rất dài, khó áp dụng trong các tính toán thực hành. Vì vậy trong mọi trường hợp người ta lập sẵn thành bảng các hệ số tính toán ứng suất để tiện sử dụng.

III-1. Ứng suất do trọng lượng bản thân của đất gây ra

Đối với nền đất đồng nhất, ứng suất thẳng đứng do trọng lượng bản thân của đất gây ra, ký hiệu σ_{bt} (còn hay gọi là ứng suất thường xuyên σ_{tx}), tại một điểm bất kỳ có độ sâu z kể từ mặt đất, tính theo công thức

$$\sigma_{bt} = \gamma \cdot z \quad (III-1)$$

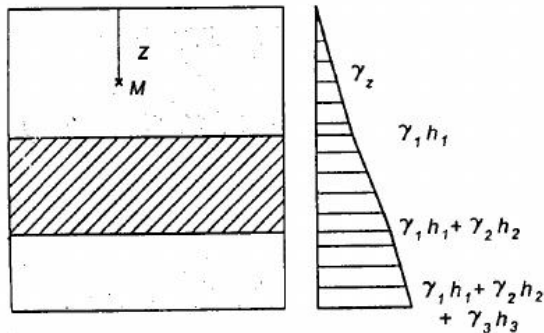
γ - trọng lượng riêng tự nhiên của đất.

Trường hợp tổng quát, nền đất gồm nhiều lớp đất khác nhau, thì ta có :

$$\sigma_{bt} = \sum \gamma_i \cdot h_i \quad (III-2)$$

Trong đó :

γ_i , h_i - trọng lượng riêng và chiều dày lớp đất thứ i .



Hình III-1

$$R^2 = (x^2 + y^2 + z^2) ;$$

Biểu đồ phân bố σ_{bt} trên trục thẳng đứng trong nền đất có dạng một đường gãy như trình bày trên hình III-1.

III-2. Ứng suất do tải trọng ngoài gây ra. Trường hợp bài toán không gian

1. Tải trọng là lực tập trung thẳng đứng trên bề mặt

Sơ đồ bài toán trình bày trên hình III-2. Bài toán này đã được Bussinesq giải từ năm 1885, rút ra biểu thức của tất cả các thành phần ứng suất - biến dạng của một điểm bất kỳ. Trong thực tế tính toán, thường hay dùng thành phần ứng suất thẳng đứng :

$$\sigma_z = \frac{3}{2} \cdot \frac{P}{\pi} \frac{z^3}{R^5} \quad (III-3)$$

và chuyển vị thẳng đứng :

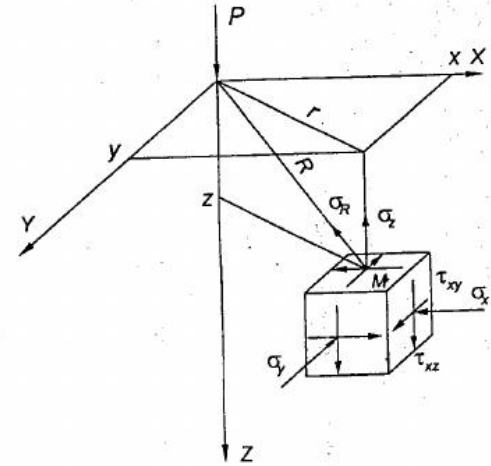
$$W = \frac{P(1+\mu)}{2\pi E} \cdot \left[\frac{z^2}{R^3} + 2(1-\mu) \frac{1}{R} \right] \quad (III-4)$$

Trong đó :

P - tải trọng thẳng đứng tác dụng trên bề mặt nền đất ;

E , μ - môđun biến dạng và hệ số nở hông của nền đất ;

R - khoảng cách từ điểm ta xét tới điểm đặt của lực (chọn làm gốc),



Hình III-2

x, y, z - tọa độ của điểm M mà ta xét.

Để tiện tính toán, viết lại biểu thức (III-3) dưới dạng :

$$\sigma_z = k \cdot \frac{P}{z^2} \quad (\text{III-5})$$

Trong đó :

$$k = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2\right]^{5/2}}$$

là một hệ số đã được lập thành

bảng sẵn (Bảng III-1).

r - khoảng cách từ điểm ta xét tới trục z

$$r^2 = (x^2 + y^2)$$

Khi trên mặt đất có n lực tác dụng, trị số σ_z xác định bằng cách cộng tác dụng :

$$\sigma_z = \frac{1}{z^2} \cdot \sum_1^n k_i \cdot P_i \quad (\text{III-6})$$

Ở đây, k_i - hệ số ứng suất, phụ thuộc $\frac{r_i}{z}$ (tra bảng III-1) ứng với lực P_i .

Áp dụng kết quả của bài toán Bussinesq, ta đi đến lời giải bài toán xác định ứng suất khi tải trọng là lực phân bố.

2. Tải trọng là lực phân bố đều trên diện chữ nhật

Người ta đã lập bảng các hệ số để tính ứng suất σ_z của những điểm nằm trên trục qua tâm và những điểm nằm trên trục qua góc diện chịu tải (Hình III-3).

Công thức tính toán là :

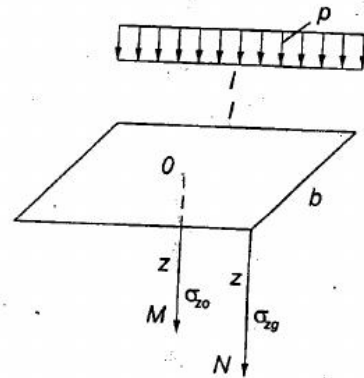
$$\sigma_{z0} = k_o \cdot p \quad (\text{III-7})$$

$$\sigma_{zg} = k_g \cdot p \quad (\text{III-8})$$

Trong đó :

- p cường độ tải trọng phân bố đều ;

k_o, k_g - hệ số phụ thuộc tỷ số $\frac{l}{b}$ (l - bề dài ; b - bề rộng diện đặt tải) và tỷ số $\frac{z}{b}$ (z - độ sâu điểm tính ứng suất, kể từ mặt đặt tải).



Hình III-3

Các hệ số k_o và k_g cho trong các bảng III-2, III-3. Muốn tính ứng suất của những điểm bất kỳ, không nằm trên trục qua tâm, không nằm trên trục qua góc, ta dùng phương pháp điểm - góc. Nội dung của phương pháp này là : phân tích (hoặc kéo dài) diện đặt tải, sao cho điểm ta xét trở thành điểm nằm dưới góc những diện đã phân ra (hoặc kéo dài ra), dùng hệ số k_i để tính ứng suất ở điểm ta xét do tải trọng trên các diện giả định gây ra và cuối cùng cộng đại số các kết quả lại. Ví dụ, công thức tính ứng suất của điểm A trên hình III-4a là :

$$\sigma_z = [k_{g(ohae)} + k_{g(ocbf)} + k_{g(ofcg)} + k_{g(ogdh)}]p \quad (\text{III-9})$$

Công thức tính ứng suất của điểm B trên hình III-4b là :

$$\sigma_z = [k_{g(ohae)} - k_{g(oghe)} - k_{g(ohdf)} + k_{g(ogcf)}]p \quad (\text{III-10})$$

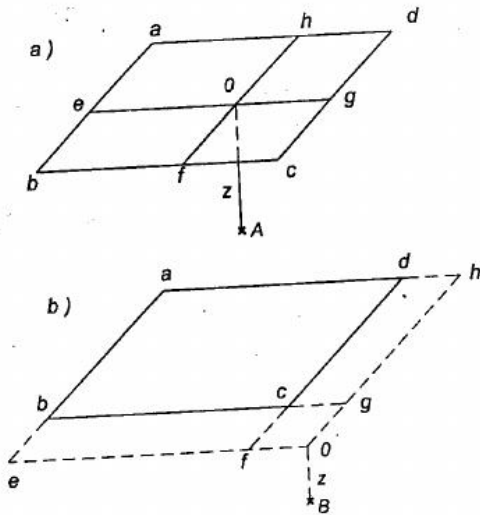
⊗ Khi tính toán độ lún của nền đất có xét đến ảnh hưởng biến dạng hông, ta phải dùng đến tổng ứng suất θ . Người ta cũng lập bảng hệ số tính tổng ứng suất. Công thức tính toán là :

$$\theta = \lambda \cdot p(1 + \mu) \quad (\text{III-11})$$

Trong đó :

μ - hệ số nở hông của đất ;

λ - hệ số để tính tổng ứng suất cho trong bảng III-4.



Hình III-4

3. Tải trọng phân bố tam giác trên diện chữ nhật

Sơ đồ tải trọng trình bày trên hình III-5. Khi tính σ_z của những điểm nằm trên trục qua góc có tải trọng lớn nhất bằng P, ta dùng hệ số k_T :

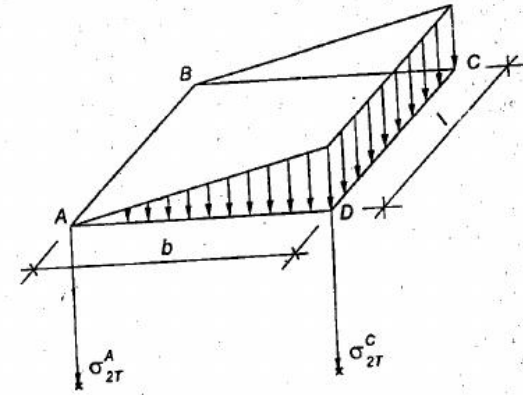
$$\sigma_z = k_T \cdot P \quad (\text{III-12})$$

Khi tính ứng suất σ_z của những điểm nằm trên trục qua góc có tải trọng bằng 0, ta dùng hệ số k_T' :

$$\sigma_z = k_T' \cdot P \quad (\text{III-13})$$

Các hệ số k_T, k_T' phụ thuộc các tỷ số $\frac{l}{b}, \frac{z}{b}$ đã được lập thành bảng sẵn (Bảng III-5, Bảng III-6).

Cần chú ý là khi tải trọng phân bố đều người ta thường quy ước l là cạnh dài, b là cạnh ngắn của diện đặt tải; còn như khi tải trọng phân bố tam giác (không đều) thì phải



Hình III-5

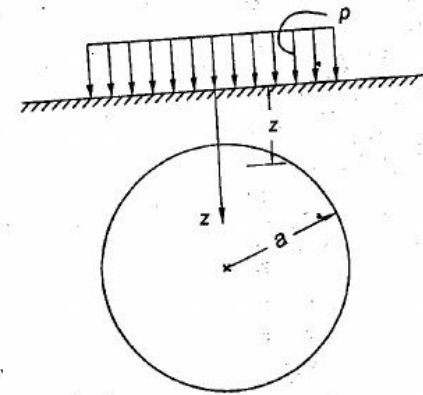
xem kỹ trên sơ đồ của bảng hệ số xem cạnh theo phương mà tải trọng biến đổi được ký hiệu là gì. Sơ đồ tính toán ứng với bảng III-5, III-6 quy ước b là cạnh theo phương tải trọng thay đổi.

Muốn tính ứng suất của một điểm bất kỳ người ta cũng dùng phương pháp điểm góc với những hệ số k_T, k_T' và k_g .

4. Tải trọng phân bố đều trên diện tròn

Ứng suất σ_z của những điểm nằm trên trục qua tâm diện tròn chịu tải trọng phân bố đều (Hình III-6), xác định theo công thức:

$$\sigma_z = k_{tr} \cdot P \quad (\text{III-14})$$

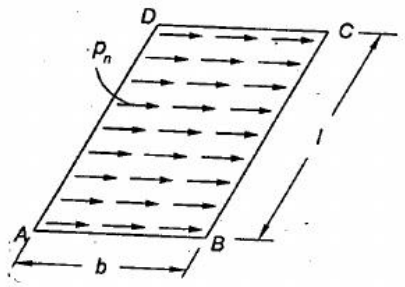


Hình III-6

Hệ số k_{tr} cho trong bảng III-7.

5. Tải trọng ngang phân bố đều trên diện chữ nhật

Ứng suất σ_z của các điểm nằm trên trục A, D ngược dấu với ứng suất σ_z ở các điểm nằm trên trục B, C (Hình III-7). Trị số ứng suất σ_z của các điểm nằm trên trục qua góc tính theo công thức



Hình III-7

$$\sigma_z = -+ k_n \cdot P_n \quad (III-15)$$

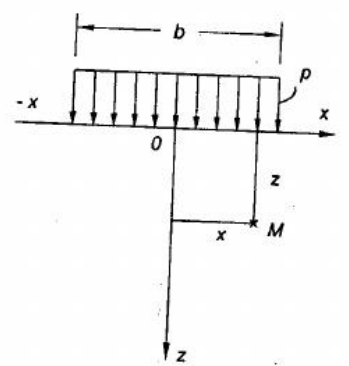
Trong đó :

P_n - cường độ tải trọng ngang phân bố đều ;

k_n - hệ số tính ứng suất, cũng phụ thuộc các tỷ số $\frac{l}{b}, \frac{z}{b}$, cho trong bảng III-8.

III-3. Ứng suất do tải trọng ngoài gây ra. Trường hợp bài toán phẳng

Nếu tải trọng là một băng dài vô hạn (ví dụ theo phương y) thì ta có bài toán phẳng (trạng thái ứng suất - biến dạng của nền chỉ phụ thuộc 2 tọa độ x, z). Nhưng thực tế, chỉ cần diện đặt tải có chiều dài lớn hơn nhiều so với bề rộng ($l \geq (3 + 4)b$ đối với các công trình thủy lợi ; $l \geq (7 + 10)b$ đối với các công trình khác)



Hình III-8

là người ta xem như bài toán phẳng mà tính toán cho đơn giản và thiên về an toàn.

1. Tải trọng băng phân bố đều (Hình III-8)

Trong trường hợp này, công thức để tính ứng suất tại một điểm bất kỳ của nền là :

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= k_z \cdot p \\ \sigma_x &= k_x \cdot p \\ \tau_{xz} &= k_r \cdot p \end{aligned} \right\} \quad (III-16)$$

Trong đó :

p - cường độ tải trọng phân bố đều ;

k_z, k_x, k_r - các hệ số để tính ứng suất, phụ thuộc các tỷ số $\frac{x}{b}, \frac{z}{b}$;

x, z - tọa độ của điểm đang xét ;

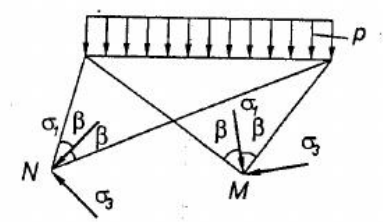
b - bề rộng tải trọng.

Các hệ số k_z, k_x, k_r đã được lập thành bảng sẵn (Bảng III-9).

Trong bảng III-10 cho hệ số $\frac{\Theta}{p}$ để tính tổng ứng suất $\Theta = \sigma_z + \sigma_x$. Người ta còn rút ra một kết quả nữa là : tại mỗi điểm, phương của ứng suất chính trùng với phương phân giác góc nhìn của điểm đó, trị số các ứng suất chính xác định theo công thức :

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{p}{\pi} (2\beta + \sin 2\beta) \\ \sigma_3 &= \frac{p}{\pi} (2\beta - \sin 2\beta) \end{aligned} \right\} \quad (III-17)$$

Góc nhìn 2β là góc tạo nên bằng cách nối điểm ta xét với 2 mép tải trọng (Hình III-9).

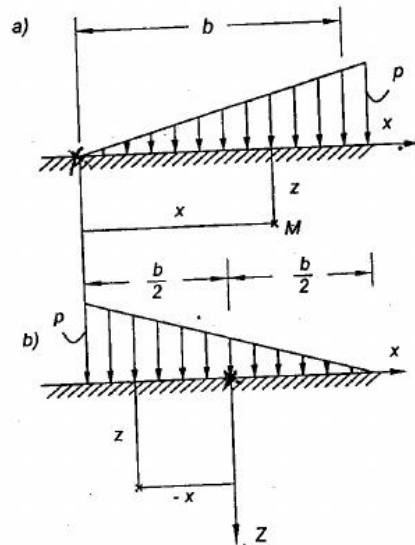


Hình III-9

2. Tải trọng hình băng phân bố theo luật tam giác

Trong các bảng III-11a và III-11b đã cho sẵn các trị số $\frac{\sigma_z}{p}$, $\frac{\sigma_x}{p}$ và $\frac{\tau_{xz}}{p}$ để tính các thành phần ứng suất tại một điểm M bất kỳ có tọa độ là (x, z).

Cần chú ý là khi tải trọng phân bố đều (phân bố chữ nhật), bài toán đối xứng, gốc tọa độ thường được đặt ở giữa và khi tính toán không cần phân biệt dấu của tọa độ x. Nhưng khi tải trọng phân bố không đều (phân bố tam giác) thì cần chú ý đến dấu của x vì bài toán không đối xứng. Hơn nữa, khi tính toán lập bảng người ta có thể đặt trục z ở dấu mức p = 0, cũng có thể đặt trục z ở giữa. Bảng III-11a ứng với sơ đồ tính toán đặt trục z ở dấu mức p = 0 (Hình III-10a), còn bảng III-11b ứng với sơ đồ tính toán đặt trục z ở giữa (Hình III-10b).



Hình III-10

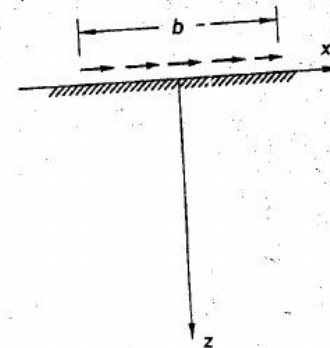
2. Tải trọng ngang hình băng phân bố đều

Dưới tác dụng của tải trọng nằm ngang hình băng phân bố đều (Hình III-11) các thành phần ứng suất của một điểm bất kỳ trong nền đất tính theo công thức

$$\left. \begin{aligned} \sigma_z &= k_n' \cdot p_n \\ \sigma_x &= k_n'' \cdot p_n \\ \tau_{xz} &= k_n''' \cdot p_n \end{aligned} \right\} \quad \text{(III-18)}$$

Các hệ số k_n' , k_n'' , k_n''' đã được lập thành bảng sẵn (Bảng III-12) để tiện tính toán.

⊛ Khi tính lún của nền đất có xét đến nở hông cần phải biết trị số tổng ứng suất $\Theta = \sigma_z + \sigma_x$. Trong bảng III-10 cho trị số $\frac{\Theta}{p}$ đối với cả 3 loại tải trọng: tải trọng đứng hình băng phân bố đều, tải trọng ngang hình băng phân bố đều và tải trọng đứng hình băng phân bố tam giác.



Hình III-11

CÂU HỎI KIỂM TRA

1. Khi tính toán ứng suất trong nền đất ta chấp nhận những giả thiết cơ bản gì?
2. Phân tích sự khác nhau của quy luật phân bố ứng suất bản thân và ứng suất do tải trọng ngoài gây ra trong nền đất (trên trục thẳng đứng và trên trục nằm ngang).
3. Thế nào là trường hợp bài toán không gian? Thế nào là trường hợp bài toán phẳng? Nêu mấy ví dụ thực tế áp dụng 2 sơ đồ tính toán khác nhau.
4. Trình bày cách thức dùng phương pháp điểm góc để xác định ứng suất tại một điểm bất kỳ trong nền đất dưới tác dụng của tải trọng phân bố hình thang trên diện chữ nhật.

Bảng III-1
Bảng trị giá hệ số k (để tính ứng suất do lực tập trung)

$\frac{r}{z}$	k	$\frac{r}{z}$	k	$\frac{r}{z}$	k	$\frac{r}{z}$	k
1	2	3	4	5	6	7	8
0,00	0,4775	0,58	0,2313	1,16	0,0567	1,74	0,0147
0,02	0,4770	0,60	0,2214	1,18	0,0539	1,76	0,0141
0,04	0,4756	0,62	0,2117	1,20	0,0513	1,78	0,0135
0,06	0,4732	0,64	0,2024	1,22	0,0489	1,80	0,0129
0,08	0,4699	0,66	0,1934	1,24	0,0466	1,82	0,0124
0,10	0,4657	0,68	0,1846	1,26	0,0443	1,84	0,0119
0,12	0,4607	0,70	0,1762	1,28	0,0422	1,86	0,011
0,14	0,4548	0,72	0,1681	1,30	0,0402	1,88	0,0100
0,16	0,4482	0,74	0,1603	1,32	0,0384	1,90	0,0105
0,18	0,4409	0,76	0,1527	1,34	0,0365	1,92	0,0101
0,20	0,4329	0,78	0,1455	1,36	0,0348	1,94	0,0097
0,22	0,4242	0,80	0,1386	1,38	0,0332	1,96	0,0093
0,24	0,4151	0,82	0,1320	1,40	0,0317	1,98	0,0089
0,26	0,4054	0,84	0,1257	1,42	0,0302	2,00	0,0085
0,28	0,3954	0,86	0,1196	1,44	0,0283	2,10	0,0076
0,30	0,3849	0,88	0,1138	1,46	0,0275	2,20	0,0058
0,32	0,3742	0,90	0,1083	1,48	0,0263	2,30	0,0048
0,34	0,3632	0,92	0,1031	1,50	0,0251	2,40	0,0040
0,36	0,3621	0,94	0,0981	1,52	0,0240	2,50	0,0034
0,38	0,3408	0,96	0,0933	1,54	0,0229	2,60	0,0029

(Tiếp bảng III-1)

1	2	3	4	5	6	7	8
0,40	0,3294	0,98	0,0887	1,56	0,0219	2,70	0,0024
0,42	0,3181	1,00	0,0844	1,58	0,0209	2,80	0,0021
0,44	0,3068	1,02	0,0803	1,60	0,0200	2,90	0,0017
0,46	0,2955	1,04	0,0764	1,62	0,0191	3,00	0,0015
0,48	0,2843	1,06	0,0727	1,64	0,0183	3,50	0,0007
0,50	0,2733	1,08	0,0691	1,66	0,0175	4,00	0,0004
0,52	0,2625	1,10	0,0658	1,68	0,0167	4,50	0,0002
0,54	0,2518	1,12	0,0626	1,70	0,0160	5,00	0,0001
0,56	0,2414	1,14	0,0595	1,72	0,0153	>5,00	0,0000

Bảng giá trị hệ số k_0

Bảng III-2

$\frac{z}{b}$	$\frac{l}{b}$							Bài toán phẳng
	1	1,5	2	3	6	10	20	
0,25	0,898	0,904	0,908	0,912	0,934	0,940	0,960	0,96
0,5	0,696	0,716	0,734	0,762	0,789	0,792	0,820	0,82
1	0,386	0,428	0,470	0,500	0,518	0,522	0,549	0,55
1,5	0,194	0,257	0,288	0,348	0,360	0,373	0,397	0,40
2	0,114	0,157	0,118	0,240	0,268	0,279	0,308	0,31
3	0,058	0,076	0,108	0,147	0,180	0,188	0,209	0,21
5	0,008	0,025	0,040	0,076	0,096	0,106	0,129	0,13

Bảng III-3

Bảng giá trị hệ số k_g

l/b z/b	2,0										4,0				
	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	5	6	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	
0,2	0,2486	0,2489	0,2190	0,2194	0,21**	0,2491	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	0,2492	
0,4	0,2401	0,2420	0,2429	0,2434	0,2437	0,2139	0,2441	0,2442	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	0,2443	
0,6	0,2229	0,2275	0,2300	0,2315	0,2324	0,2329	0,2335	0,2338	0,2340	0,2341	0,2341	0,2342	0,2342	0,2342	
0,8	0,1999	0,2075	0,2120	0,2147	0,2165	0,2176	0,2188	0,2194	0,2198	0,2199	0,2200	0,2202	0,2202	0,2202	
1,0	0,1752	0,1851	0,1911	0,1955	0,1981	0,1999	0,2020	0,2031	0,2037	0,2040	0,2042	0,2044	0,2045	0,2046	
1,2	0,1516	0,1626	0,1705	0,1758	0,1793	0,1818	0,1849	0,1865	0,1873	0,1878	0,1882	0,1885	0,1887	0,1888	
1,4	0,1308	0,1423	0,1508	0,1569	0,1613	0,1614	0,1685	0,1705	0,1718	0,1725	0,1730	0,1735	0,1738	0,1740	
1,6	0,1123	0,1241	0,1329	0,1396	0,1445	0,1482	0,1530	0,1557	0,1574	0,1584	0,1590	0,1598	0,1601	0,1604	
1,8	0,0969	0,1083	0,1172	0,1241	0,1294	0,1334	0,1389	0,1423	0,1443	0,1455	0,1463	0,1474	0,1478	0,1482	
2,0	0,0840	0,0947	0,1034	0,1103	0,1158	0,1202	0,1263	0,1300	0,1324	0,1339	0,1350	0,1363	0,1368	0,1374	
2,2	0,0732	0,0832	0,0917	0,0984	0,1039	0,1084	0,1149	0,1191	0,1218	0,1235	0,1248	0,1264	0,1271	0,1277	
2,4	0,0642	0,0734	0,0813	0,0879	0,0934	0,0979	0,1047	0,1092	0,1122	0,1142	0,1156	0,1175	0,1184	0,1192	
2,6	0,0566	0,0651	0,0725	0,0788	0,0842	0,0887	0,0955	0,1003	0,1035	0,1058	0,1073	0,1095	0,1106	0,1116	
2,8	0,0502	0,0580	0,0649	0,0709	0,0761	0,0805	0,0875	0,0923	0,0957	0,0982	0,0999	0,1024	0,1036	0,1048	

(Tiếp bảng III-3)

l/b z/b	2,0										4,0				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3,0	0,0447	0,0519	0,0583	0,0640	0,0690	0,0732	0,0801	0,0851	0,0887	0,0913	0,0931	0,0959	0,0973	0,0987	
3,2	0,0101	0,0467	0,0526	0,0580	0,0627	0,0668	0,0735	0,0786	0,0723	0,0850	0,0870	0,0900	0,0916	0,0933	
3,4	0,0361	0,0421	0,0477	0,0527	0,0571	0,0611	0,0677	0,0727	0,0765	0,0793	0,0814	0,0847	0,0864	0,0882	
3,6	0,0326	0,0382	0,0433	0,0480	0,0523	0,0561	0,0424	0,0674	0,0712	0,0741	0,0763	0,0799	0,0816	0,0837	
3,8	0,0296	0,0348	0,0395	0,0439	0,0479	0,0516	0,0577	0,0626	0,0664	0,0694	0,0717	0,0753	0,0773	0,0796	
4,0	0,0270	0,0318	0,0362	0,0403	0,0441	0,0474	0,0535	0,0588	0,0620	0,0650	0,0674	0,0712	0,0733	0,0758	
4,2	0,0247	0,0291	0,0333	0,0371	0,0407	0,0439	0,0496	0,0543	0,0581	0,0610	0,0634	0,0674	0,0696	0,0724	
4,4	0,0227	0,0268	0,0306	0,0343	0,0376	0,0407	0,0462	0,0507	0,0544	0,0574	0,0597	0,0649	0,0662	0,0692	
4,6	0,0209	0,0247	0,0283	0,0317	0,0348	0,0378	0,0430	0,0474	0,0510	0,0540	0,0564	0,0606	0,0630	0,0663	
4,8	0,0193	0,0229	0,0262	0,0294	0,0324	0,0352	0,0402	0,0444	0,0480	0,0509	0,0533	0,0576	0,0601	0,0635	
5,0	0,0179	0,0212	0,0248	0,0274	0,0302	0,0328	0,0376	0,0477	0,0451	0,0480	0,0504	0,0547	0,0573	0,0610	
6,0	0,0127	0,0151	0,0174	0,0196	0,0218	0,0238	0,0276	0,0310	0,0340	0,0366	0,0388	0,0431	0,0460	0,0506	
7,0	0,0094	0,0112	0,0136	0,0157	0,0177	0,0198	0,0210	0,0238	0,0263	0,0286	0,0306	0,0346	0,0376	0,0428	
8,0	0,0073	0,0087	0,0101	0,0114	0,0127	0,0140	0,0165	0,0187	0,0209	0,0228	0,0246	0,0283	0,0311	0,0367	
9,0	0,0058	0,0069	0,0080	0,0091	0,0102	0,0112	0,0132	0,0152	0,0161	0,0186	0,0202	0,0235	0,0262	0,0319	
10,0	0,0047	0,0056	0,0065	0,0074	0,0083	0,0092	0,0109	0,0125	0,0140	0,0154	0,0167	0,0198	0,0222	0,0280	

Bảng III-4

Bảng giá trị hệ số λ

z/b	l/b														
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	4,0	6,0	8,0	10,0
0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,2	0,2439	0,3405	0,3084	0,4003	0,4114	0,4183	0,4230	0,4259	0,4281	0,4297	0,4337	0,4352	0,4363	0,4367	0,4369
0,4	0,1363	0,2280	0,2810	0,3119	0,3308	0,3430	0,3515	0,2570	0,3612	0,3643	0,3721	0,3750	0,3779	0,3779	0,3782
0,6	0,0874	0,1578	0,2074	0,2406	0,2630	0,2782	0,2890	0,2967	0,3024	0,3068	0,3179	0,3222	0,3254	0,3265	0,3270
0,8	0,0607	0,1136	0,1552	0,1812	0,2087	0,2251	0,2371	0,2458	0,2529	0,2582	0,2721	0,2776	0,2818	0,2823	0,2840
1,0	0,0443	0,0846	0,1185	0,1456	0,1667	0,1828	0,1952	0,2047	0,2121	0,2180	0,2341	0,2406	0,2457	0,2476	0,2486
1,2	0,0336	0,0649	0,0924	0,1156	0,1344	0,1495	0,1616	0,1711	0,1788	0,1850	0,2026	0,2101	0,2162	0,2182	0,2193
1,4	0,0262	0,0510	0,0735	0,0931	0,1097	0,1235	0,1348	0,1441	0,1518	0,1580	0,1766	0,1848	0,1915	0,1940	0,1952
1,6	0,0209	0,0410	0,0596	0,0762	0,0906	0,1030	0,1135	0,1223	0,1296	0,1358	0,1549	0,1638	0,1711	0,1739	0,1753
1,8	0,0171	0,0336	0,0491	0,0632	0,0758	0,0868	0,0964	0,1046	0,1116	0,1177	0,1368	0,1460	0,1540	0,1571	0,1588
2,0	0,0142	0,0280	0,0410	0,0531	0,0641	0,0739	0,0826	0,0900	0,0967	0,1024	0,1214	0,1310	0,1395	0,1428	0,1445
2,5	0,0094	0,0187	0,0276	0,0361	0,0440	0,0514	0,0581	0,0642	0,0696	0,0745	0,0921	0,1020	0,1104	0,1153	0,1175
3,0	0,0067	0,0133	0,0198	0,0260	0,0319	0,0375	0,0427	0,0475	0,0520	0,0561	0,0718	0,0814	0,0913	0,0957	0,0980
5,0	0,0025	0,0050	0,0077	0,0099	0,0122	0,0146	0,0168	0,0190	0,0212	0,0232	0,0322	0,0391	0,0481	0,0532	0,0561
7,0	0,0013	0,0026	0,0038	0,0051	0,0064	0,0076	0,0088	0,0100	0,0111	0,0124	0,0177	0,0224	0,0293	0,0339	0,0370
10,0	0,0006	0,0013	0,0019	0,0025	0,0032	0,0038	0,0044	0,0047	0,0056	0,0067	0,0091	0,0118	0,0163	0,0198	0,0224

Bảng III-5

Bảng giá trị hệ số κ_T

z/b \ l/b	0,00	0,25	0,50	1,0	1,50	2,0	3,0	5,0
0,15	0,250	0,136	0,101	0,025	0,012	0,008	0,005	0,001
0,30	0,250	0,186	0,116	0,051	0,0266	0,017	0,010	0,004
0,60	0,250	0,206	0,160	0,085	0,050	0,031	0,010	0,007
1,00	0,250	0,209	0,170	0,108	0,069	0,045	0,024	0,009
1,50	0,250	0,210	0,173	0,113	0,080	0,056	0,033	0,014
2,00	0,250	0,211	0,175	0,117	0,087	0,064	0,041	0,019
3,00	0,250	0,211	0,175	0,119	0,090	0,071	0,047	0,025
6,00	0,250	0,211	0,175	0,120	0,092	0,075	0,051	0,029
10,00	0,250	0,212	0,176	0,121	0,093	0,076	0,052	0,032
20,00	0,250	0,212	0,177	0,121	0,093	0,076	0,052	0,033

Bảng III-6

Bảng giá trị hệ số κ_T'

z/b \ l/b	0,00	0,25	0,5	1,00	1,50	2,00	3,00	5,00
0,15	0,000	0,020	0,021	0,015	0,010	0,007	0,004	0,001
0,30	0,000	0,031	0,037	0,028	0,020	0,013	0,007	0,003
0,60	0,000	0,035	0,053	0,051	0,039	0,029	0,015	0,006
1,00	0,000	0,036	0,060	0,068	0,064	0,039	0,022	0,009
1,50	0,000	0,037	0,061	0,075	0,063	0,049	0,029	0,012
2,00	0,000	0,037	0,062	0,078	0,068	0,055	0,035	0,017
3,00	0,000	0,037	0,063	0,078	0,071	0,059	0,041	0,022
6,00	0,000	0,037	0,063	0,079	0,071	0,062	0,046	0,026
10,00	0,000	0,038	0,064	0,080	0,072	0,063	0,047	0,028
20,00	0,000	0,038	0,064	0,080	0,072	0,063	0,048	0,030

Ghi chú : Trong bảng III-5 và bảng III-6, b là cạnh dọc theo phương tải trọng thay đổi.

$\left\{ \begin{array}{l} a: \text{khung điện trở} \\ z: \text{độ sâu} \end{array} \right.$

Bảng giá trị hệ số k_{tr}
Điện Chạy Tải Hình Tròn

Bảng III-7

$\frac{a}{z}$	k_{tr}	$\frac{a}{z}$	k_{tr}	$\frac{a}{z}$	k_{tr}
0,2	0,0571	2,8	0,9620	5,4	0,9940
0,4	0,1996	3,0	0,9684	5,6	0,9946
0,6	0,3695	3,2	0,9735	5,8	0,9951
0,8	0,5239	3,4	0,9775	6,0	0,9956
1,0	0,6465	3,6	0,0808	6,5	0,9965
1,2	0,7376	3,8	0,9835	7,0	0,9972
1,4	0,8036	4,0	0,9857	7,5	0,9977
1,6	0,8511	4,2	0,9876	8,0	0,9981
1,8	0,8855	4,4	0,9891	9,0	0,9987
2,0	0,9106	4,6	0,9904	10,0	0,9990
2,2	0,9291	4,8	0,9915	15,0	0,9997
2,4	0,9431	5,0	0,9925	20,	0,9999
2,6	0,9537	5,2	0,9933	30,0	1,000

Bảng III-8

Bảng giá trị hệ số k_n

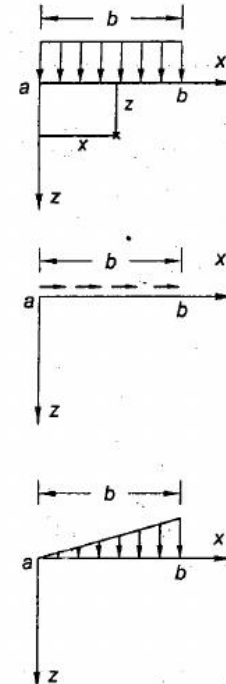
l/b	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	4,0	1,0
0,0	0,1592	0,1592	0,1592	0,1592	0,1592	0,1592	0,1592	0,1592	0,1592	0,1592	0,1592	0,1592	0,1592
0,2	0,1114	0,1401	0,1479	0,1506	0,1518	0,1523	0,1526	0,1528	0,1529	0,1530	0,1530	0,1530	0,1530
0,4	0,0672	0,1049	0,1217	0,1293	0,1328	0,1347	0,1356	0,1362	0,1365	0,1367	0,1371	0,1372	0,1372
0,6	0,0432	0,0746	0,0933	0,1035	0,1091	0,1121	0,1139	0,1150	0,1156	0,1160	0,1168	0,1169	0,1170
0,8	0,0290	0,0527	0,0691	0,0796	0,0861	0,0900	0,0924	0,0939	0,0948	0,0955	0,0967	0,0969	0,0970
1,0	0,0201	0,0375	0,0508	0,0602	0,0666	0,0708	0,0735	0,0753	0,0766	0,0774	0,0790	0,0794	0,0796
1,2	0,0142	0,0270	0,0375	0,0455	0,0512	0,0553	0,0582	0,0601	0,0615	0,0624	0,0645	0,0650	0,0652
1,4	0,0103	0,0199	0,0280	0,0345	0,0395	0,0433	0,0460	0,0480	0,0494	0,0505	0,0528	0,0534	0,0538
1,6	0,0077	0,0149	0,0212	0,0265	0,0308	0,0341	0,0366	0,0385	0,0400	0,0410	0,0436	0,0443	0,0447
1,8	0,0058	0,0113	0,0168	0,0206	0,0242	0,0270	0,0293	0,0311	0,0325	0,0336	0,0362	0,0370	0,0375
2,0	0,0045	0,0088	0,0127	0,0162	0,0192	0,0217	0,0237	0,0253	0,0266	0,0277	0,0303	0,0312	0,0318
2,5	0,0025	0,0050	0,0073	0,0094	0,0113	0,0130	0,0145	0,0157	0,0167	0,0176	0,0202	0,0211	0,0219
3,0	0,0015	0,0031	0,0045	0,0059	0,0071	0,0083	0,0093	0,0102	0,0110	0,0117	0,0140	0,0150	0,0159
5,0	0,0004	0,0007	0,0011	0,0014	0,0018	0,0021	0,0024	0,0027	0,0030	0,0032	0,0043	0,0050	0,0069
7,0	0,0001	0,0003	0,0004	0,0005	0,0007	0,0008	0,0009	0,0010	0,0012	0,0013	0,0018	0,0022	0,0030
10,0	0,00005	0,0001	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0004	0,0004	0,0004	0,0007	0,0008	0,0014

Bảng III-9
 Các trị số $\frac{\sigma_z}{p}$, $\frac{\sigma_x}{p}$ và $\frac{\tau_{xz}}{p}$ ($\equiv k_z, k_x, k_\tau$)
 dùng cho trường hợp tải trọng hình băng phân bố đều

$\frac{z}{b}$	$\frac{x}{b}$								
	0			0,25			0,5		
	$\frac{\sigma_z}{p}$	$\frac{\sigma_x}{p}$	$\frac{\tau}{p}$	$\frac{\sigma_z}{p}$	$\frac{\sigma_x}{p}$	$\frac{\tau}{p}$	$\frac{\sigma_z}{p}$	$\frac{\sigma_x}{p}$	$\frac{\tau}{p}$
0,00	1,00	1,00	0	1,00	1,00	0,00	0,50	0,50	0,32
0,10	1,00	0,75	0	0,99	0,69	0,04	0,50	0,44	0,31
0,25	0,96	0,45	0	0,90	0,39	0,13	0,50	0,35	0,30
0,35	0,91	0,31	0	0,83	0,29	0,15	0,49	0,29	0,28
0,50	0,82	0,18	0	0,74	0,19	0,16	0,48	0,23	0,26
0,75	0,67	0,08	0	0,61	0,10	0,13	0,45	0,14	0,20
1,00	0,55	0,04	0	0,51	0,05	0,10	0,41	0,09	0,16
1,25	0,46	0,02	0	0,44	0,03	0,07	0,37	0,06	0,12
1,50	0,40	0,01	0	0,38	0,02	0,06	0,33	0,04	0,10
1,75	0,35	-	0	0,34	0,01	0,04	0,30	0,03	0,08
2,00	0,31	-	0	0,31	-	0,03	0,28	0,02	0,06
3,00	0,21	-	0	0,21	-	0,02	0,20	0,01	0,03
4,00	0,16	-	0	0,16	-	0,01	0,15	-	0,02
5,00	0,13	-	0	0,13	-	-	0,12	-	-
6,00	0,11	-	0	0,10	-	-	0,10	-	-
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10	0,01	0,08	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00
0,25	0,02	0,17	0,05	0,00	0,07	0,01	0,00	0,04	0,00
0,35	0,04	0,20	0,08	0,01	0,10	0,02	0,00	0,05	0,01
0,50	0,08	0,21	0,13	0,02	0,12	0,04	0,00	0,07	0,02
0,75	0,15	0,22	0,16	0,04	0,14	0,07	0,02	0,10	0,04
1,00	0,19	0,15	0,16	0,07	0,14	0,10	0,03	0,13	0,05
1,25	0,20	0,11	0,14	0,10	0,12	0,10	0,04	0,11	0,07
1,50	0,21	0,08	0,13	0,11	0,10	0,10	0,06	0,10	0,07
1,75	0,21	0,06	0,11	0,13	0,09	0,10	0,07	0,09	0,08
2,00	0,20	0,05	0,10	0,14	0,07	0,10	0,08	0,08	0,08
3,00	0,17	0,02	0,06	0,13	0,03	0,07	0,10	0,04	0,07
4,00	0,14	0,01	0,03	0,12	0,02	0,05	0,10	0,03	0,05

Bảng III-10
 Bảng trị số $\frac{\theta}{p}$ dùng cho trường hợp tải trọng hình thường hình băng

$\frac{z}{b}$	$\frac{\theta}{p}$	$\frac{\theta}{p}$	$\frac{\theta}{p}$	Số đó tải trọng
	Tải trọng phân bố đều hình băng (xét các điểm nằm dưới a, b)	Tải trọng nằm ngang phân bố đều hình băng (xét các điểm nằm dưới a)	Tải trọng hình băng phân bố theo hình tam giác (xét các điểm nằm dưới a)	
0,0	0,000	0,000	0,000	
0,1	0,9365	1,4690	0,1469	
0,2	0,8743	1,0371	0,2074	
0,3	0,8145	0,0939	0,2382	
0,4	0,7578	0,6306	0,2522	
0,5	0,7048	0,5123	0,2561	
0,6	0,6560	0,4231	0,2538	
0,7	0,6110	0,3540	0,2478	
0,8	0,5704	0,2995	0,2396	
0,9	0,5335	0,2559	0,2303	
1,0	0,5000	0,2206	0,2206	
1,2	0,4423	0,1679	0,2014	
1,4	0,3949	0,1312	0,1837	
1,6	0,3556	0,1050	0,1679	
1,8	0,3228	0,0856	0,1541	
2,0	0,2952	0,0710	0,1421	
2,2	0,2716	0,0598	0,1315	
2,4	0,2513	0,0510	0,1223	
2,6	0,2338	0,0439	0,1142	
2,8	0,2184	0,0382	0,1070	
3,0	0,2048	0,0335	0,1006	
3,2	0,1928	0,0297	0,0949	
3,4	0,1821	0,0264	0,0898	
3,6	0,1725	0,0239	0,0852	
3,8	0,1638	0,0213	0,0810	
4,0	0,1560	0,0193	0,0772	
4,2	0,1488	0,0176	0,0737	
4,4	0,1423	0,0160	0,0705	
4,6	0,1363	0,0147	0,0676	
4,8	0,1308	0,0135	0,0649	
5,0	0,1257	0,0125	0,0624	
6,0	0,1051	0,0087	0,0523	



5,00	0,12	-	-	0,11	-	-	0,09	-	-
6,00	0,10	-	-	0,10	-	-	-	-	-

Bảng III-11a

Bảng giá trị $\frac{\sigma_z}{p}$ dùng cho trường hợp tải trọng hình băng phân bố theo hình tam giác

z/b	x/b										
	-1,5	-1,0	-0,5	0	0,25	0,50	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5
0	0	0	0	0	0,250	0,500	0,750	0,500	0	0	0
0,25	-	-	0,001	0,075	0,256	0,480	0,643	0,424	0,015	0,003	-
0,50	0,002	0,003	0,023	0,127	0,263	0,410	0,477	0,353	0,056	0,017	0,003
0,75	0,006	0,016	0,042	0,153	0,248	0,335	0,361	0,293	0,108	0,024	0,009
1,00	0,014	0,025	0,061	0,159	0,224	0,275	0,279	0,241	0,129	0,045	0,013
1,50	0,020	0,048	0,096	0,145	0,178	0,200	0,202	0,185	0,124	0,062	0,041
2,00	0,033	0,061	0,092	0,127	0,146	0,155	0,163	0,153	0,108	0,069	0,050
3,00	0,050	0,064	0,080	0,096	0,103	0,104	0,106	0,104	0,090	0,071	0,050
4,00	0,051	0,060	0,067	0,075	0,078	0,085	0,082	0,075	0,073	0,060	0,049
					0,062	0,063	0,068	0,065	0,061	0,051	0,047

7,0	0,0905	0,0064	0,0450
8,0	0,0792	0,0049	0,0395
9,0	0,0704	0,0039	0,0351
10,0	0,0635	0,0032	0,0317

Bảng III-11b

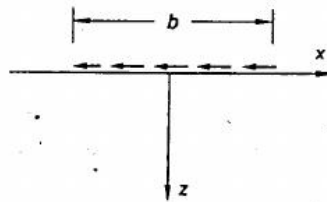
Bảng giá trị $\frac{\sigma_x}{p}$ và $\frac{\tau_{xz}}{p}$ dùng cho trường hợp tải trọng hình băng phân bố theo hình tam giác

z/b	x/b	-1,00	-0,75	-0,50	-0,25	+0,00	+0,25	+0,50	+0,75
		0,01	$\frac{\sigma_x}{p}$ $\frac{\tau_{xz}}{p}$	0,006 0,000	0,015 -0,001	0,467 -0,313	0,718 0,009	0,487 0,010	0,249 0,010
0,1	$\frac{\sigma_x}{p}$ $\frac{\tau_{xz}}{p}$	0,054 -0,008	0,132 -0,034	0,321 -0,272	0,452 0,040	0,376 0,075	0,233 0,078	0,116 0,044	0,049 0,008
0,2	$\frac{\sigma_x}{p}$ $\frac{\tau_{xz}}{p}$	0,097 -0,028	0,186 -0,091	0,230 -0,231	0,259 0,016	0,0269 0,0108	0,219 0,129	0,146 0,075	0,084 0,025
0,4	$\frac{\sigma_x}{p}$ $\frac{\tau_{xz}}{p}$	0,128 -0,071	0,160 -0,139	0,127 -0,167	0,099 -0,020	0,130 0,104	0,148 0,138	0,142 0,108	0,114 0,060
0,6	$\frac{\sigma_x}{p}$ $\frac{\tau_{xz}}{p}$	0,116 -0,093	0,112 -0,132	0,074 -0,122	0,046 -0,025	0,065 0,077	0,095 0,123	0,114 0,112	0,108 0,080
0,8	$\frac{\sigma_x}{p}$ $\frac{\tau_{xz}}{p}$	0,093 -0,096	0,077 -0,112	0,046 -0,090	0,025 -0,021	0,035 0,056	0,062 0,100	0,085 0,104	0,091 0,085
1,0	$\frac{\sigma_x}{p}$ $\frac{\tau_{xz}}{p}$	0,072 -0,089	0,053 -0,092	0,029 -0,068	0,013 -0,017	0,020 0,040	0,041 0,079	0,061 0,091	0,074 0,083
1,2	$\frac{\sigma_x}{p}$ $\frac{\tau_{xz}}{p}$	0,048 -0,080	0,038 -0,076	0,020 -0,053	0,009 -0,014	0,013 0,030	0,028 0,065	0,047 0,081	0,058 0,077
1,4	$\frac{\sigma_x}{p}$ $\frac{\tau_{xz}}{p}$	0,042 -0,070	0,027 -0,062	0,014 -0,042	0,007 -0,010	0,008 0,023	0,019 0,051	0,033 0,066	0,045 0,069

5,00	0,047	0,052	0,057	0,059	0,062	0,065	0,067	0,069	0,071	0,073	0,075
6,00	0,041	0,041	0,050	0,051	0,052	0,053	0,053	0,053	0,050	0,050	0,045

2.0	σ_x/p	0.019	0.012	0.005	0.002	0.003	0.008	0.015	0.022
	τ_{xz}/p	-0.046	-0.037	-0.023	-0.006	0.012	0.028	0.041	0.048

144



Bảng III-12

Trị số các hệ số k_n^* , k_n^{**} , k_n^{***} dùng cho trường hợp tải trọng băng nằm ngang, phân bố đều

z/b \ x/b		-1,00	-0,75	-0,50	-0,25	0,00
		1	2	3	4	5
0,01	k_n^*	0,001	0,001	0,001	-0,001	0,000
	k_n^{**}	0,699	1,024	1,024	0,697	0,000
	k_n^{***}	-0,008	-0,021	-0,494	-0,935	-0,848
0,1	k_n^*	0,011	0,042	0,315	0,039	0,000
	k_n^{**}	0,677	0,917	1,154	0,618	0,000
	k_n^{***}	-0,082	-0,180	-0,437	-0,685	-0,752
0,2	k_n^*	0,038	0,116	0,306	0,103	0,000
	k_n^{**}	0,619	0,759	0,731	0,459	0,000
	k_n^{***}	-0,147	-0,270	-0,376	-0,169	-0,538

(Tiếp bảng III-12)

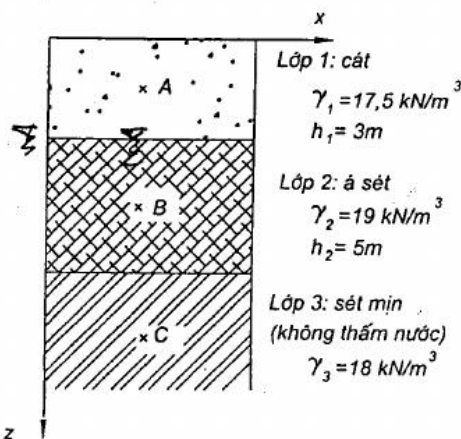
1	2	3	4	5	6	7
0,6	k_n^*	0,144	0,212	0,234	0,147	0,000
	k_n^{**}	0,319	0,272	0,189	0,101	0,000
	k_n^{***}	-0,201	-0,221	-0,188	-0,143	-0,129
0,8	k_n^*	0,158	0,197	0,191	0,121	0,000
	k_n^{**}	0,217	0,167	0,105	0,050	0,000
	k_n^{***}	-0,177	-0,169	-0,130	-0,087	-0,070
1,00	k_n^*	0,157	0,175	0,159	0,096	0,000
	k_n^{**}	0,117	0,105	0,061	0,027	0,000
	k_n^{***}	-0,116	-0,127	-0,091	-0,055	-0,040
1,2	k_n^*	0,147	0,153	0,131	0,078	0,000
	k_n^{**}	0,102	0,068	0,037	0,013	0,000
	k_n^{***}	-0,117	-0,096	-0,067	-0,037	-0,026
1,4	k_n^*	0,133	0,132	0,108	0,061	0,000
	k_n^{**}	0,072	0,045	0,021	0,009	0,000
	k_n^{***}	-0,094	-0,073	-0,047	-0,026	-0,017

0.4	k_n'	0.103	0.199	0.274	0.159	0.000
	k_n''	0.461	0.456	0.356	0.216	0.000
	k_n'''	-0.208	-0.274	-0.269	-0.215	-0.260

146

BÀI TẬP

Bài tập III-1. Tính ứng suất do trọng lượng bản thân của đất gây ra ở các điểm A (độ sâu $z_A = 2$ m), B ($z_B = 6$ m) và C ($z_C = 11$ m) trên mặt cát địa chất hình III-12. Mực nước ngầm ở độ sâu 3 m.



Hình III-12

Bài giải

Ứng suất bản thân tại điểm A là :

$$\sigma_{bt}^A = \gamma_1 \cdot z_A = 17,5 \cdot 2 = 35 \text{ kN/m}^2$$

Điểm B nằm trong lớp đất thứ hai và dưới mực nước ngầm,

2.0	k_n'	0.096	0.085	0.064	0.034	0.000
	k_n''	0.027	0.015	0.007	0.003	0.000
	k_n'''	-0.049	-0.035	-0.020	-0.010	-0.006

147

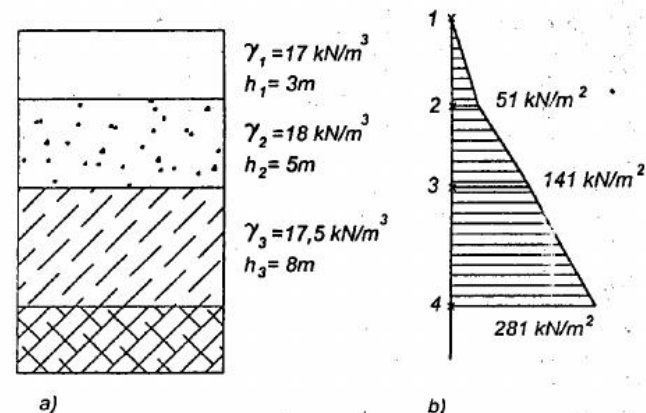
(h_2' - khoảng cách từ mặt lớp thứ hai, ứng với mực nước ngầm, tới điểm B ; $h_2' = z_B - h_1 = 6 - 3 = 3$). Điểm C nằm trong lớp sét không thấm nước (các hạt đất ở đây không chịu lực đẩy nổi Acsimét), nên khi tính toán với lớp này ta không dùng γ_{dn} ; mặt khác, vì lớp đất thứ ba không thấm nước nên ứng suất do lớp thứ hai truyền xuống phải tính với γ no nước. Ứng suất bản thân tại C :

$$\sigma_{bt}^C = \gamma_1 h_1 + \gamma_{2nn} h_2' + \gamma_3 h_3'$$

$$= 17,5 \cdot 3 + 19,5 \cdot 3 + 18 \cdot 5 = 201,50 \text{ kN/m}^2$$

(h_3' - độ sâu điểm C kể từ mặt lớp thứ ba).

Bài tập III-2. Vẽ biểu đồ phân bố ứng suất do trọng lượng bản thân của đất gây ra trên trục thẳng đứng trong nền đất có mặt cắt địa chất trình bày trên hình III-13.



khí tính ứng suất do trọng lượng bản thân tại điểm B phải dùng trọng lượng riêng đầy nổi của lớp 2.

$$\gamma_{2dn} = \gamma_{2nn} - \gamma_n = 19,00 - 10,00 = 9,00 \text{ kN/m}^3.$$

(γ_n - trọng lượng riêng của nước lấy bằng 10 kN/m^3). Ứng suất bản thân tại B :

$$\sigma_{bt}^B = \gamma_1 h_1 + \gamma_{2dn} \cdot h_2' = 17,50 \cdot 3 + 9,00 \cdot 3 = 79,5 \text{ kN/m}^2.$$

148

Tại mặt lớp thứ nhất : $\sigma_{bt}^1 = 0$ (vì $z = 0$). Ở đáy lớp thứ nhất : $\sigma_{bt}^2 = \gamma_1 h_1 = 17,3 = 51 \text{ kN/m}^2$.

Tại đáy lớp thứ hai :

$$\sigma_{bt}^3 = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 = 17,3 + 18,5 = 141 \text{ kN/m}^2.$$

Tại đáy lớp thứ ba :

$$\sigma_{bt}^4 = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3 = 17,3 + 18,5 + 17,5 \cdot 8 = 281 \text{ kN/m}^2.$$

Trên trục thẳng đứng, tại những điểm 1, 2, 3, 4 lấy những đoạn (theo phương ngang) biểu thị các trị số ứng suất bản thân tại đó (theo một tỷ lệ nhất định). Nối đầu mút của các đoạn ấy lại với nhau ta có biểu đồ phân bố ứng suất bản thân trong nền đất (Hình III-13).

Bài tập III-3. Trên mặt đất có lực tập trung $P = 800 \text{ kN}$ tác dụng thẳng góc với mặt đất. Tính ứng suất σ_z do P gây ra tại các điểm A, B, C, D trên đường tác dụng của lực ở độ sâu $z_A = 2 \text{ m}$, $z_B = 4 \text{ m}$, $z_C = 6 \text{ m}$, $z_D = 8 \text{ m}$ và tại các điểm E, G, H, I trên đường nằm ngang vuông góc với đường tác dụng của lực tại B và có các tọa độ $x_E = -4 \text{ m}$, $x_G = -2 \text{ m}$, $x_H = 2 \text{ m}$, $x_I = 4 \text{ m}$. Vẽ biểu đồ phân bố ứng suất σ_z (do P gây ra) trên trục z và trên trục x' (Hình III-14a).

Bài giải

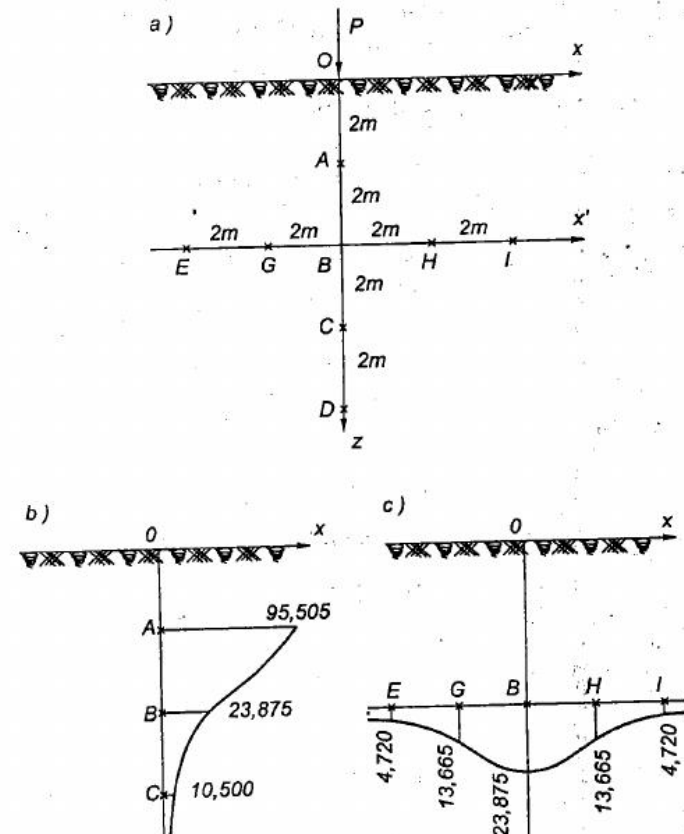
Ứng suất do lực tập trung gây ra trong nền đất - trường hợp bài toán không gian tính theo công thức (III-5).

Hình III-13

Bài giải

Để vẽ biểu đồ phân bố ứng suất do trọng lượng bản thân, ta tính ứng suất bản thân tại những điểm ở trên mặt và ở đáy mỗi lớp đất.

149



Điểm A nằm trên đường tác dụng của lực nên $r = 0$. Theo bảng III-1, với $\frac{r}{z} = 0$ ta có $k_A = 0,4775$. Vậy ứng suất σ_z tại điểm A là :

$$\sigma_{zA} = k_A \cdot \frac{P}{z_A^2} = 0,4775 \cdot \frac{800}{2^2} = 95,505 \text{ kN/m}^2.$$

150

$$\sigma_{zB} = 0,4775 \cdot \frac{800}{4^2} = 23,875 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\sigma_{zC} = 0,4775 \cdot \frac{800}{6^2} = 10,500 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\sigma_{zD} = 0,4775 \cdot \frac{800}{8^2} = 5,968 \text{ kN/m}^2.$$

Trên hình III-14b ta thấy biểu đồ phân bố ứng suất σ_z tắt nhanh theo chiều sâu.

Điểm E và điểm I có trị số σ_z bằng nhau, $r_E = r_I = 4 \text{ m}$, $z_E = z_I = 4 \text{ m}$. Với $\frac{r}{z} = 1$, theo bảng III-1 ta có $k = 0,0944$. Vậy :

$$\sigma_{zE} = \sigma_{zI} = 0,0944 \cdot \frac{800}{4^2} = 4,720 \text{ kN/m}^2.$$

Điểm G, H có cùng trị số $r_G = 2 \text{ m}$, $z_G = 4 \text{ m}$; theo bảng III-1 với $\frac{r}{z} = 0,5$; $k = 0,2733$, ta có :

$$\sigma_{zG} = \sigma_{zH} = 0,2733 \cdot \frac{800}{4^2} = 13,665 \text{ kN/m}^2.$$

Trên hình III-14c là biểu đồ phân bố ứng suất σ_z trên trục x nằm ngang.

Bài tập III-4 Nền đất có cấu tạo bao gồm một lớp cát



Hình III-14

Tương tự như vậy, các điểm B, C, D đều có $r = 0$ và $k = 0,4775$, chỉ có độ sâu z của chúng khác nhau :

151

Xác định ứng suất hữu hiệu tại A (độ sâu 8 m) và B (độ sâu 12 m) trước và sau khi hạ mực nước ngầm.

Bài giải

a) Trước khi thay đổi mực nước ngầm.

Tại điểm A :

$$\text{ứng suất tổng là } \sigma = 3 \times 16 + 5 \times 19 = 143 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{áp lực nước lỗ rỗng } u = 5 \times 10 = 50 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\text{ứng suất hữu hiệu là } \sigma' = 143 - 50 = 93 \text{ kN/m}^2.$$

Tại điểm B :

$$\text{ứng suất tổng là } \sigma = 3 \times 16 + 6 \times 19 + 3,20 = 222 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\text{áp lực nước lỗ rỗng là } u = 9 \times 10 = 90 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\text{ứng suất hữu hiệu là } \sigma' = 222 - 90 = 132 \text{ kN/m}^2.$$

b) Sau khi thay đổi hạ thấp mực nước ngầm. Cần phân biệt hai thời điểm :

- Ngay sau khi mực nước hạ thấp

Tại điểm A, vì cát thoát nước rất nhanh

$$\text{ứng suất tổng là } \sigma = 6 \times 16 + 2 \times 19 = 134 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\text{áp lực nước lỗ rỗng là } u = 2 \times 10 = 20 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\text{ứng suất hữu hiệu là } \sigma' = 134 - 20 = 114 \text{ kN/m}^2.$$

Tại điểm B, vì sét thoát nước rất chậm nên nước chưa kịp thoát và ứng suất hữu hiệu tại B vẫn là $\sigma' = 132 \text{ kN/m}^2$.

đầy 9 m nằm trên 1 lớp sét dày 6 m (Hình III-15). Mực nước ngầm sâu 3 m kể từ mặt đất. Trọng lượng đơn vị thể tích đất :

cát trên mực nước ngầm là 16 kN/m^3 ;

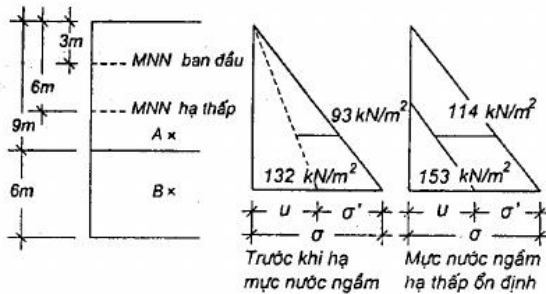
cát dưới mực nước ngầm là 19 kN/m^3 ;

sét bão hòa là 20 kN/m^3 .

Do khai thác nước ngầm mực nước hạ xuống mức 6 m kể từ mặt đất và ổn định ở đó.

152

Nhận xét là : ứng suất hữu hiệu đã tăng lên khi hạ mực nước ngầm. Vì vậy khi mực nước ngầm hạ thấp nền đất sẽ bị lún (dù không có tải trọng công trình).



Hình III-15

✓ **Bài tập III-5.** Cho 3 lực tập trung $P_1 = 500 \text{ kN}$, $P_2 = 600 \text{ kN}$, $P_3 = 800 \text{ kN}$ tác dụng thẳng góc với mặt đất tại 3 điểm A, B, C tạo thành 1 tam giác đều có cạnh bằng 4 m. Tính ứng suất σ_z do các lực trên gây ra tại điểm nằm trên trục A và điểm nằm trên trục O (trọng tâm tam giác) ở độ sâu $z = 2 \text{ m}$ (Hình III-16).



- Sau thời gian đủ ổn định

Tại điểm A :

ứng suất hữu hiệu vẫn là $\sigma' = 114 \text{ kN/m}^2$.

Tại điểm B :

ứng suất tổng $\sigma = 6 \times 16 + 3 \times 19 + 3 \times 20 = 213 \text{ kN/m}^2$;

áp lực nước lỗ rỗng $u = 6 \times 10 = 60 \text{ kN/m}^2$;

ứng suất hữu hiệu $\sigma' = 213 - 60 = 153 \text{ kN/m}^2$.

153

Với P_2 , $r = 4 \text{ m}$, $\frac{r}{z} = 2$, $k = 0,0085$;

Với P_3 tương tự như với P_2 , $k = 0,0085$.

Ta có ứng suất σ_z ở điểm A là :

$$\sigma_{zA} = \frac{1}{2^2} (0,4775 \cdot 500 + 0,0085 \cdot 600 + 0,0085 \cdot 800) = 62,662 \text{ kN/m}^2.$$

Xét điểm O, đối với cả 3 lực nó đều có tọa độ $r = 2,3 \text{ m}$, $z = 2 \text{ m}$. Theo bảng III-1, với $\frac{r}{z} = \frac{2,3}{2} = 1,15$ ta có $k = 0,0581$.

Vậy ứng suất σ_z tại O là :

$$\sigma_z = \frac{0,0581}{2^2} (500 + 600 + 800) = 27,597 \text{ kN/m}^2.$$

✓ **Bài tập III-6.** Một móng hình chữ nhật kích thước $l \times b = 10 \times 5 \text{ m}$. Ứng suất ở đáy móng phân bố đều cường độ $p = 200 \text{ kN/m}^2$. Tính ứng suất σ_z do tải trọng đế móng gây ra ở các điểm A, B, C trên trục qua tâm móng, ở các điểm D, E, G trên trục qua góc móng và có độ sâu $z_{A,D} = 2,5 \text{ m}$;

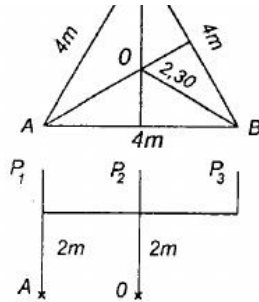
Bài giải

Ứng suất σ_z do 3 lực gây ra tính bằng cách cộng tác dụng theo công thức (III-6) :

$$\sigma_z = \sum_1^3 k_i \frac{P_i}{z^2}$$

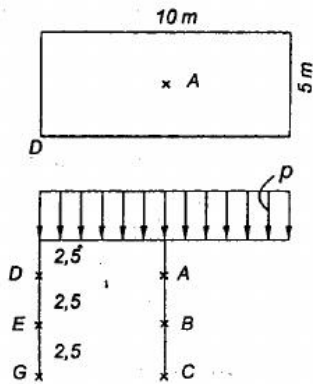
Xét điểm A ở độ sâu $z = 2 \text{ m}$:

Với $P_1, r = 0, \frac{r}{z} = 0, k = 0,4775$;



Hình III-16

154

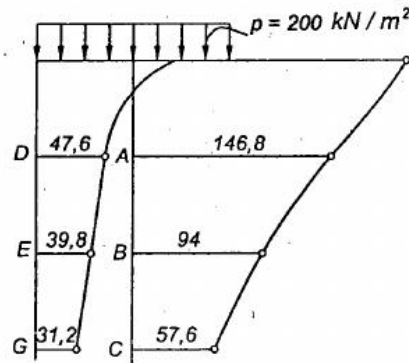


Hình III-17

Ở điểm B, với $\frac{1}{b} = 2, \frac{z_B}{b} = \frac{5}{5} = 1$, theo bảng III-2 ta có $k_o = 0,470$, vậy : $\sigma_{zB} = 0,470 \cdot 200 = 94 \text{ kN/m}^2$. Cũng theo bảng III-2, điểm C có $k = 0,288$ nên :

$$\sigma_{zC} = 0,288 \cdot 200 = 57,6 \text{ kN/m}^2$$

Trên trục qua tâm, tại những điểm A, B, C, lấy những đoạn thẳng biểu thị ứng suất σ_z tại mỗi điểm (theo một tỷ lệ đã chọn) nối đầu mút của các đoạn ấy lại ta có biểu đồ phân



Hình III-18

$$z_{B,E} = 5 \text{ m} ; z_{C,G} = 1,5 \text{ m (Hình III-17)}$$

Bài giải

Các điểm A, B, C nằm trên trục qua tâm diện chịu tải hình chữ nhật, ta tính ứng suất σ_z theo công thức (III-7). Ở

điểm A với $\frac{1}{b} = \frac{10}{5} = 2, \frac{z_A}{b} = \frac{2,5}{5} = 0,5$, theo bảng III-2 ta có $k_o = 0,734$, vậy :

$$\sigma_{zA} = k_o \cdot p = 0,734 \cdot 200 = 146,8 \text{ kN/m}^2$$

155

$$\sigma_{zE} = 0,1999 \cdot 200 = 39,98 \text{ kN/m}^2$$

Ở điểm G : $\frac{1}{b} = 2, \frac{z_G}{b} = \frac{7,5}{5} = 1,5$, theo bảng III-3 $k_g = 0,1563$, do đó :

$$\sigma_{zG} = 0,1563 \cdot 200 = 31,26 \text{ kN/m}^2$$

Cũng trên hình III-18 có trình bày đường cong phân bố ứng suất σ_z trên trục thẳng đứng qua góc diện chịu tải.

✓ **Bài tập III-7.** Cũng với tải trọng đã cho ở bài tập III-6 (Hình III-17). Tính tổng ứng suất Θ tại các điểm D, E, G ; biết hệ số nở hông của nền đất $\mu = 0,30$.

Bài giải

Tính tổng ứng suất theo công thức III-11 :

$$\Theta = \lambda p(1 + \mu)$$

Ở điểm D : $\frac{1}{b} = 2, \frac{z_D}{b} = 0,5$; theo bảng III-4 có (sau khi nội suy) $\lambda = 0,3355$. Vậy tổng ứng suất :

$$\Theta_D = 0,3355 \cdot 200(1 + 0,3) = 87,23 \text{ kN/m}^2$$

(khi tính tổng ứng suất của nền đất có xét đến ảnh hưởng của biến dạng)

bố ứng suất σ_z trên trục qua tâm móng.

⊗ Các điểm D, E, G nằm trên trục qua góc diện chịu tải hình chữ nhật, ta tính ứng suất σ_z theo công thức (III-8).

Với điểm D : $\frac{l}{b} = \frac{10}{5} = 2, \frac{z_D}{b} = \frac{2,5}{5} = 0,5$, theo bảng III-3 ta có $k_g = 0,2384$; vậy ứng suất ở D là :

$$\sigma_{zD} = k_g \cdot p = 0,2384 \cdot 200 = 47,6 \text{ kN/m}^2$$

Ở điểm E : $\frac{l}{b} = 2, \frac{z_E}{b} = \frac{5}{5} = 1$, theo bảng III-3 $k_g = 0,1999$, và ứng suất tại điểm E là :

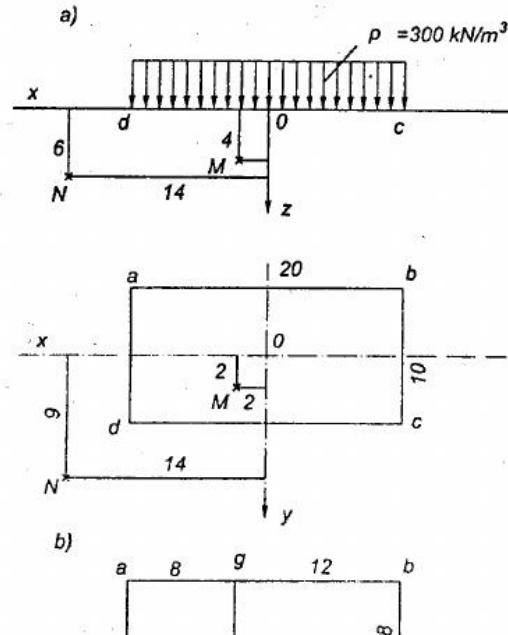
156

Ở điểm E : $\frac{l}{b} = 2, \frac{z_E}{b} = \frac{5}{5} = 1$; theo bảng III-4 $\lambda = 0,2180$; $\Theta_E = 0,2180 \cdot 200(1 + 0,3) = 56,68 \text{ kN/m}^2$;

Ở điểm G : $\frac{l}{b} = 2, \frac{z_G}{b} = \frac{7,5}{5} = 1,5$; theo bảng III-4 $\lambda = 0,1419$; $\Theta_G = 0,1419 \cdot 200(1 + 0,3) = 36,89 \text{ kN/m}^2$.

⊗ **Bài tập III-8.** Tính ứng suất σ_z ở các điểm M(2, 3, 4 m) N(14, 9, 6 m) trong nền đất dưới tác dụng của tải trọng phân bố đều cường độ $p = 300 \text{ kN/m}^2$ trên diện tích hình chữ nhật kích thước $l \times b = 20 \times 10 \text{ m}$ (Hình III-19a).

157



Bài giải

Vì các điểm M, N không nằm trên trục qua tâm, cũng không nằm trên trục qua góc diện chịu tải nên ta sẽ dựa vào hệ số k_g (Bảng III-3) với phương pháp điểm góc để tính ứng suất.

• Tính toán cho điểm M. Chia diện tích abcd ra thành 4 diện nhỏ có góc tại M (Hình III-19b).

Với diện eagM :

$$\frac{l}{b} = \frac{8}{8} = 1, \frac{z}{b} = \frac{4}{8} = 0,5, \text{ theo bảng III-3 } k_g = 0,2315 ;$$

Với diện gbhM :

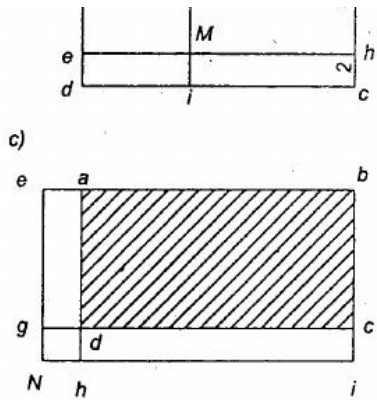
$$\frac{l}{b} = \frac{12}{8} = 1,5, \frac{z}{b} = \frac{4}{8} = 0,5 ; k_g = 0,2369 ;$$

Với diện ichM :

$$\frac{l}{b} = \frac{12}{2} = 6, \frac{z}{b} = \frac{4}{2} = 2 ; k_g = 0,1368 ;$$

Với diện ediM :

$$\frac{l}{b} = \frac{8}{2} = 4, \frac{z}{b} = \frac{4}{2} = 2 ; k_g = 0,1350 ;$$



Hình III-19

158

Với diện eahN :

$$\frac{l}{b} = \frac{14}{4} = 3,5, \frac{z}{b} = \frac{6}{4} = 1,3 ; k_g = 0,1625 ;$$

Với diện gciN :

$$\frac{l}{b} = \frac{24}{4} = 6, \frac{z}{b} = \frac{6}{4} = 1,5 ; k_g = 0,1669 ;$$

Với diện gdhN :

$$\frac{l}{b} = \frac{4}{4} = 1, \frac{z}{b} = \frac{6}{4} = 1,5 ; k_g = 0,1215.$$

Ứng suất tại N :

$$\begin{aligned} \sigma_{zN} &= [k_g^{ebiN} - k_g^{eahN} - k_g^{gciN} + k_g^{gdhN}] \cdot p \\ &= (0,2435 - 0,1652 - 0,1669 + 0,1215)300 = \\ &= 10 \text{ kN/m}^2. \end{aligned}$$

✍ Bài tập III-9. Có 2 công trình A và B đứng cạnh nhau. Móng công trình A có kích thước $l \times b = 30 \times 10 \text{ m}$ và ứng

b 2 b 2 g

Ứng suất σ_z tại điểm M :

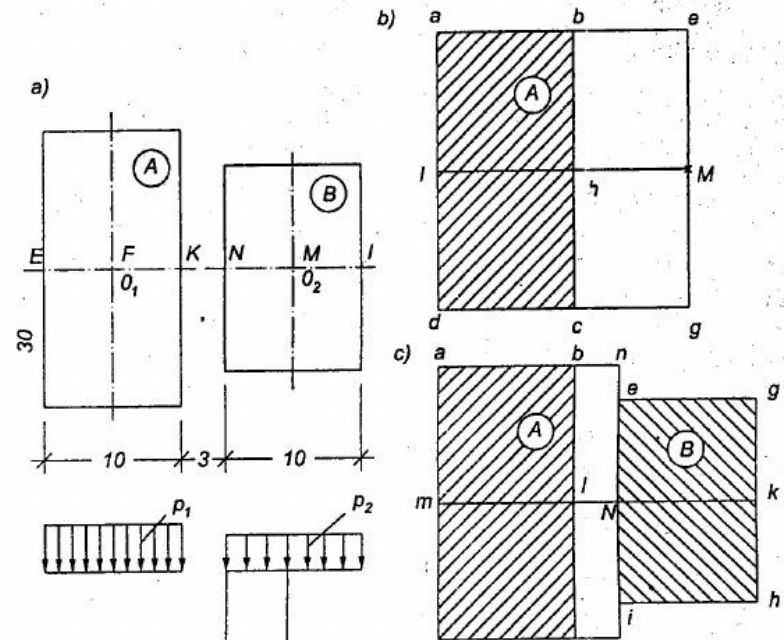
$$\begin{aligned} \sigma_{zM} &= [k_g^{eagM} + k_g^{gbhM} + k_g^{ichM} + k_g^{ediM}] p \\ &= (0,2315 + 0,2369 + 0,1368 + 0,1350)300 \\ &= 222,06 \text{ kN/m}^2. \end{aligned}$$

• Tính toán cho điểm N. Ta kéo dài diện chịu tải ra để biến điểm N thành góc của các diện đó.

Với diện cbiN :

$$\frac{l}{b} = \frac{24}{14} = 1,7, \frac{z}{b} = \frac{6}{14} = 0,42 ; \text{theo bảng III-3, } k_g = 0,2435 ;$$

159



suất dưới đế móng phân bố đều cường độ $p_1 = 200 \text{ kN/m}^2$.
 Móng công trình B có kích thước $l \times b = 20 \times 10 \text{ m}$, ứng
 suất dưới đế móng phân bố đều cường độ $p_2 = 250 \text{ kN/m}^2$.
 Khoảng cách giữa hai tâm móng $O_1O_2 = 13 \text{ m}$ (xem hình III-20a).
 Tính ứng suất σ_z tại M nằm dưới tâm móng B ở độ sâu 5 m
 và ứng suất ở điểm N nằm dưới trung điểm bé dài móng B,
 cũng có cùng độ sâu 5 m.

Bài giải

Tính ứng suất ở điểm M. Trước hết tính ứng suất do tải
 trọng móng B gây ra. Đối với móng B, điểm M nằm trên trục
 qua tâm, ta dùng hệ số k_o (Bảng III-2) để tính ứng suất. Theo
 bảng III-2 :

$$\text{Với } \frac{l}{b} = \frac{20}{10} = 2, \quad \frac{z}{b} = \frac{5}{10} = 0,5 ; \quad k_o = 0,734$$

$$\text{Với diện } beMh : \quad \frac{l}{b} = \frac{15}{8} = 1,87, \quad \frac{z}{b} = \frac{5}{8} = 0,82 ;$$

$$k_g = 0,2326. \text{ Ứng suất do tải trọng móng A gây ra ở M :}$$

$$\sigma_{zA} = 2(k_g^{acMi} - k_g^{beMh}) p_1$$

$$= 2(0,2454 - 0,2326)200 = 5,12 \text{ kN/m}^2$$

Ứng suất ở M do tải trọng ở cả móng A và móng B gây ra :

$$\sigma_z = 5,12 + 183,50 = 188,62 \text{ kN/m}^2$$

⊙ Điểm N nằm dưới trung điểm cạnh dài móng B, đối với cả
 2 móng nó đều không nằm trên trục qua tâm hay trục qua
 góc, vì vậy muốn tính ứng suất phải dùng phương pháp điểm
 - góc.

Ứng suất ở N do tải trọng móng B gây ra tính với 2 diện
 egkN và Nkhi bằng nhau (Hình III-20c).

$$\text{Với diện egkN : } \frac{l}{b} = \frac{10}{10} = 1 ; \quad \frac{z}{b} = \frac{5}{10} = 0,5 ; \text{ theo bảng}$$

$$\text{III-3 có } k_g = 0,2315.$$

*N *M d c

Hình III-20

Ứng suất do B gây ra tại M :

$$\sigma_{zB} = 0,734 \cdot 250 = 183,50 \text{ kN/m}^2.$$

Khi tính ứng suất ở M do tải trọng móng A gây ra phải
 dùng phương pháp điểm góc (vì M không nằm trên trục qua
 tâm cũng không nằm trên trục qua góc của móng A). Kéo dài
 diện đáy móng A và chia đôi ra để biến M thành điểm nằm
 trên trục qua góc như hình III-20b.

$$\text{Với diện aeMi : } \frac{l}{b} = \frac{18}{15} = 1,2, \quad \frac{z}{b} = \frac{5}{15} = 0,3 \text{ theo bảng}$$

$$\text{III-3 có } k_g = 0,2454.$$

$$\text{Vậy } \sigma_{zA} = 2(0,2424 - 0,1536)200 = 35,52 \text{ kN/m}^2$$

Ứng suất ở N do cả tải trọng móng A và móng B gây ra

$$\sigma_z = 115,75 + 35,52 = 151,27 \text{ kN/m}^2$$

✓ **Bài tập III-10.** Trên diện tích hình chữ nhật kích thước
 $l \times b = 12 \times 8 \text{ m}$ có tải trọng phân bố theo quy luật tam
 giác, cường độ lớn nhất $p = 300 \text{ kN/m}^2$. Tính ứng suất ở các
 điểm M (dưới góc B) và N (dưới góc A) có độ sâu $z = 4 \text{ m}$
 (Hình III-21) trong nền đất.

Bài giải

Ứng suất do tải trọng phân bố tam giác gây ra tính theo
 công thức (III-12) và (III-13).

$$\text{Ở điểm M, theo bảng III-5 với } \frac{l}{b} = \frac{12}{8} = 1,5 \text{ và}$$

$$\frac{z}{b} = \frac{4}{8} = 0,5 \text{ ta có } k_T = 0,173.$$

$$\text{Vậy } \sigma_{zM} = 0,173 \cdot 300 = 51,9 \text{ kN/m}^2.$$

vậy ứng suất σ_z do tải trọng móng B gây ra ở N là

$$\sigma_{zB} = 2 \cdot 0,2315 \cdot 250 = 115,75 \text{ kN/m}^2$$

Ứng suất ở N do tải trọng móng A gây ra, như chỉ rõ trên hình III-20c, tính theo công thức :

$$\sigma_{zA} = 2 \left(k_g^{anNM} - k_g^{bnNI} \right) P_1$$

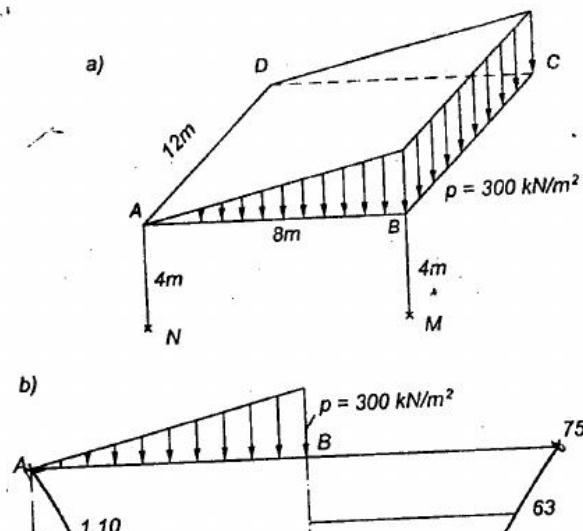
Với diện anNM : $\frac{l}{b} = \frac{15}{13} = 1,15 ;$

$$\frac{z}{b} = \frac{5}{15} = 0,33 ; k_g = 0,2424.$$

Với diện bnNI : $\frac{l}{b} = \frac{15}{3} = 5 ;$

$$\frac{z}{b} = \frac{5}{3} = 1,7 ; k_g = 0,1536.$$

162



Khi tính ứng suất ở điểm N, dùng bảng III-6 cũng với những trị số $\frac{l}{b}, \frac{z}{b}$ như trên ta có $k_T' = 0,061$. Vậy :

$$\sigma_{zN} = 0,061 \cdot 300 = 18,3 \text{ kN/m}^2.$$

Bài tập III-11. Tải trọng như đã chỉ rõ ở bài tập III-10. Vẽ biểu đồ phân bố ứng suất σ_z trên trục qua góc A và trên trục qua góc B (tới độ sâu $z = l = 12 \text{ m}$).

Bài giải

Tính σ_z của những điểm nằm trên trục qua góc ở những độ sâu khác nhau.

Tỷ số kích thước diện đặt tải : $\frac{l}{b} = \frac{12}{8} = 1,5.$

163

Vậy :

$$\sigma_{zA} = 0,0000 \times 300 = 0,00$$

$$\sigma_{zB} = 0,2500 \times 300 = 75,00 \text{ kN/m}^2.$$

Tại điểm $z = 2 \text{ m} : \frac{z}{b} = \frac{2}{8} = 0,25$ có $k_T = 0,2100 ;$

$$k_T' = 0,0370$$

$$\sigma_{zA} = 0,0370 \cdot 300 = 11,10 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\sigma_{zB} = 0,2100 \cdot 300 = 63,00 \text{ kN/m}^2.$$

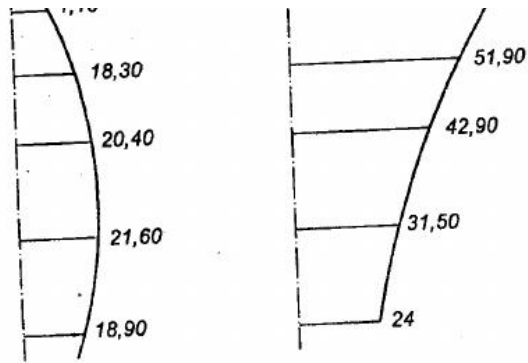
Tại điểm $z = 4 \text{ m} ; \frac{z}{b} = \frac{4}{8} = 0,50$ có $k_T = 0,1730 ;$

$$k_T' = 0,0610$$

$$\sigma_{zA} = 0,0610 \cdot 300 = 18,30 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\sigma_{zB} = 0,1730 \cdot 300 = 51,90 \text{ kN/m}^2.$$

Tại điểm $z = 6 \text{ m} : \frac{z}{b} = \frac{6}{8} = 0,75$ có $k_T = 0,1430 ;$

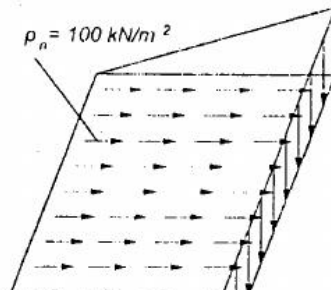


Hình III-21

Tại $z = 0 : \frac{z}{b} = 0$, tra bảng III-5 có $k_T = 0,2500$
 tra bảng III-6 có $k_T' = 0,0000$

Trên trục thẳng đứng qua A và B, ứng với những điểm có độ sâu $z = 0, 2, 4, 6, 9, 12$ ta đặt những đoạn thẳng biểu thị giá trị ứng suất σ_z tại điểm đó như những kết quả đã tính toán được ở trên. Nối đầu mút các đoạn (biểu diễn trị giá ứng suất) ấy lại ta có biểu đồ phân bố ứng suất σ_z trên trục A và trục B như trình bày trên hình III-21b.

Bài tập III-12. Trên mặt đất trong phạm vi diện chữ nhật $l \times b = 12 \times 8$ m, ngoài tải trọng thẳng đứng phân bố tam giác cường độ lớn nhất $p = 300 \text{ kN/m}^2$ như nói trong bài tập III-10 còn có tải trọng ngang phân bố đều cường độ $p_n = 100 \text{ kN/m}^2$ (Hình III-22). Tính ứng suất σ ở M và N nằm trên trục



$$k_T' = 0,0000$$

$$\sigma_{zA} = 0,0680 \cdot 300 = 20,40 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\sigma_{zB} = 0,1430 \cdot 300 = 42,90 \text{ kN/m}^2.$$

Tại điểm $z = 9 \text{ m} : \frac{z}{b} = \frac{9}{8} = 1,125 ; k_T = 0,1050 ;$
 $k_T' = 0,0720$

$$\sigma_{zA} = 0,0720 \cdot 300 = 21,60 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\sigma_{zB} = 0,1050 \cdot 300 = 31,50 \text{ kN/m}^2.$$

Tại điểm $z = 12 \text{ m} : \frac{z}{b} = \frac{12}{8} = 1,5 ; k_T = 0,0800 ;$
 $k_T' = 0,0630$

$$\sigma_{zA} = 0,0800 \cdot 300 = 24 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\sigma_{zB} = 0,0630 \cdot 300 = 18,9 \text{ kN/m}^2 ;$$

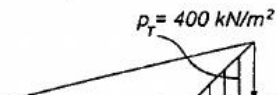
Vậy $\sigma_{zN}' = -0,1251 \cdot 100 = -12,51 \text{ kN/m}^2 ;$
 $\sigma_{zM}' = +0,1251 \cdot 100 = +12,51 \text{ kN/m}^2.$

Ứng suất σ_z toàn phần do cả tải trọng đứng và tải trọng ngang gây ra là :

Tại điểm N : $\sigma_z = 18,3 - 12,51 = 5,79 \text{ kN/m}^2 ;$

Tại điểm M : $\sigma_z = 51,9 + 12,51 = 64,41 \text{ kN/m}^2.$

Bài tập III-13. Một móng hình chữ nhật kích thước $l \times b = 10 \times 5$ m, ứng suất dưới đế móng phân bố tam giác, $p_T = 400 \text{ kN/m}^2$. Tính ứng suất σ_z tại điểm M nằm trên trục qua điểm giữa



... và ... nằm trên trục
qua góc, có độ sâu $z = 4 \text{ m}$.

Bài giải

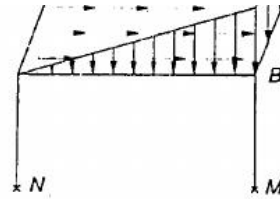
Ứng suất σ_z tại N và M
do tải trọng thẳng đứng phân
bố tam giác gây ra như trong
bài tập III-10, đã tính được :

$$\sigma_{zN} = 18,3 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\sigma_{zM} = 51,9 \text{ kN/m}^2.$$

Tính Ứng suất σ_y do tải trọng ngang phân bố đều p_n gây
ra theo (III-15) : tại điểm N trị số σ_x lấy dấu -, tại M lấy
dấu +.

Theo bảng III-8, với $\frac{l}{b} = \frac{12}{8} = 1,5$ và $\frac{z}{b} = \frac{4}{8} = 0,5$ ta có
 $k_n = +0,1251$.

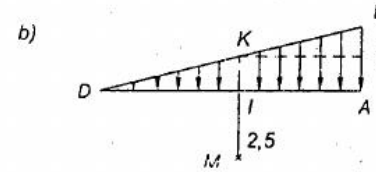
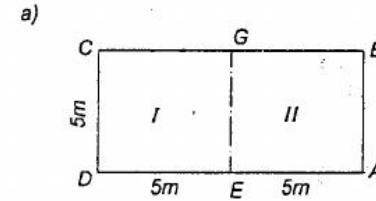
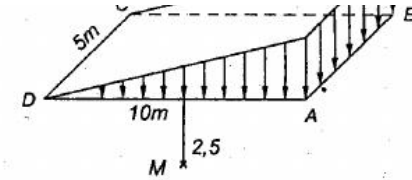


Hình III-22

chặng dài của đế
móng và ở độ sâu
 $z = 2,5 \text{ m}$ (Hình
III-23).

Bài giải

Tính ứng suất
 σ_z tại M ta dùng
phương pháp điểm -
góc. Chia đôi diện
đáy móng ABCD
bằng đường GE để
làm cho điểm M trở
thành điểm nằm trên
trục qua góc (của các
diện ABGE và
EGCD). Ứng suất
 σ_z tại M sẽ bằng tổng



Hình III-23

các ứng suất σ_z do tải trọng tam giác DIK (trên diện CDGE),
do tải trọng chữ nhật IKNA và tải trọng tam giác KLN (trên
diện ABGE) gây ra.

- Ứng suất ở M do tải trọng tam giác DIK trên diện EGCD
gây ra :

Tải trọng lớn nhất $\bar{IK} = p_{\Gamma} = \frac{400}{2} = 200 \text{ kN/m}^2$; theo
bảng III-5 : $\frac{l}{b} = \frac{5}{5} = 1$ và $\frac{z}{b} = \frac{2,5}{5} = 0,5$, ta có $k_{\Gamma} = 0,1700$.

Nên $\sigma_{z1} = 0,17.200 = \textcircled{34} \text{ kN/m}^2$.

- Ứng suất tại M do tải trọng tam giác KNL (trên diện
ABGE) gây ra :

Tải trọng lớn nhất $\bar{LN} = 200 \text{ kN/m}^2$; theo bảng III-6

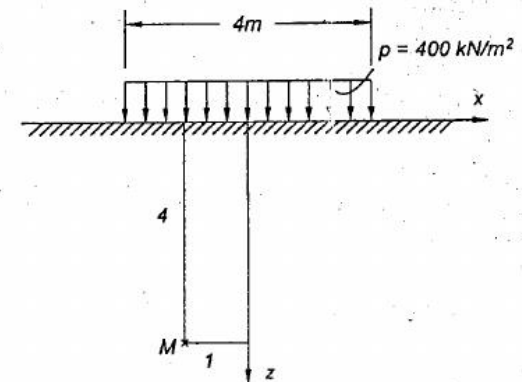
Bài giải

Tính các ứng
suất ở M theo công
thức (III-16) ; theo
bảng III-9 :

với $\frac{x_M}{b} = \frac{1}{4} = 0,25$

và $\frac{z_M}{b} = \frac{4}{4} = 1,00$

ta có $k_z = 0,51$;
 $k_x = 0,05$;
 $k_{\Gamma} = 0,10$ Vậy các
thành phần ứng
suất ở M là :



Hình III-24

$$\frac{l}{b} = 1 \text{ và } \frac{z}{b} = 0,5, \text{ ta có } k_r' = 0,06$$

$$\sigma_{z2} = 0,06 \times 200 = 12 \text{ kN/m}^2.$$

- Ứng suất ở M do tải trọng chữ nhật ANKI (trên diện ABGE) gây ra :

Tải trọng lớn nhất $\overline{AN} = 200 \text{ kN/m}^2$; theo bảng III-3 :

$$\frac{l}{b} = 1 \text{ và } \frac{z}{b} = 0,5, \text{ ta có } k_g = 0,2315.$$

$$\sigma_{z3} = k_g \cdot p = 0,2315 \cdot 200 = 46,30 \text{ kN/m}^2.$$

- Ứng suất σ_z tại M do toàn bộ tải trọng phân bố tam giác $p_T = 400 \text{ kN/m}^2$ trên diện ABCD gây ra là :

$$\begin{aligned} \sigma_z &= \sigma_{z1} + \sigma_{z2} + \sigma_{z3} = \\ &= 34,00 + 12,00 + 46,30 = 92,30 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

✓ **Bài tập III-14.** Có một tải trọng hình băng $b = 4 \text{ m}$ với cường độ tải trọng $p = 400 \text{ kN/m}^2$. Tính ứng suất $\sigma_z, \sigma_x, \tau_{xz}$ tại điểm M (1, 4) (Hình III-24).

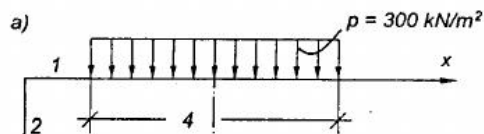
168

$$2\beta = 0,983 + 0,468 = 1,451 \text{ radian}$$

$$\sin 2\beta = 0,9928$$

$$\sigma_1 = \frac{p}{\pi} [2\beta + \sin 2\beta] = \frac{300}{3,14} (1,451 + 0,993) = 233,50 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\sigma_3 = \frac{p}{\pi} (2\beta - \sin 2\beta) = \frac{300}{3,14} (1,451 - 0,993) = 43,75 \text{ kN/m}^2.$$



$$\sigma_z = 0,51.400 = 204 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\sigma_x = 0,05.400 = 20 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\tau_{xz} = 0,10.400 = 40 \text{ kN/m}^2.$$

✓ **Bài tập III-15.** Tính các ứng suất chính σ_1 và σ_3 do tải trọng hình băng phân bố đều cường độ $p = 300 \text{ kN/m}^2$ gây ra tại các điểm A(-1, 2), B(-3, 2) (Hình III-25).

Bài giải

Ứng suất chính ở mỗi điểm do tải trọng hình băng phân bố đều gây ra phụ thuộc góc nhìn của điểm ấy, tính theo công thức (III-17).

Ở điểm A (Hình III-25b), $2\beta = \alpha_1 + \alpha_2$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{3}{2} = 1,5, \alpha_1 = 0,983 \text{ radian}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{1}{2} = 0,5, \alpha_2 = 0,468 \text{ radian}$$

169

Ở điểm B, như hình III-25c, $2\beta = \alpha_3 - \alpha_4$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{5}{2} = 2,5 ; \alpha_3 = 1,190 \text{ radian}$$

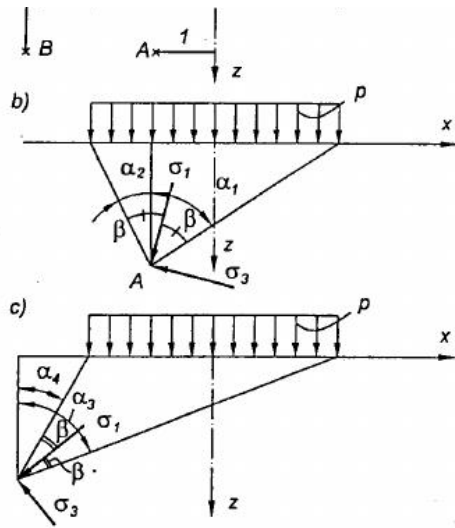
$$\operatorname{tg} \alpha_4 = \frac{1}{2} = 0,5 ; \alpha_4 = 0,468 \text{ radian}$$

$$2\beta = \alpha_3 - \alpha_4 = 1,190 - 0,468 = 0,722 \text{ radian}$$

$$\sin 2\beta = 0,660$$

$$\sigma_1 = \frac{300}{3,14} (0,722 + 0,660) = 132,04 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$\sigma_3 = \frac{300}{3,14} (0,722 - 0,660) = 5,92 \text{ kN/m}^2.$$



Hình III-25

Phương của σ_1 trùng với phương phân giác góc 2β , phương của σ_3 thẳng góc với phương σ_1 (Hình III-25b).

170

$k_z = 0,125 ; k_x = 0,216 ; k_r = 0,033$

(các máy thiếu bảng tra sẵn sau)

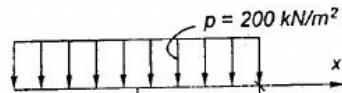
Vậy các thành phần ứng suất ở M do cả 2 tải trọng gây ra là :

$$\sigma_z = (0,485 \cdot 200) + (0,125 \cdot 250) = 128,25 \text{ kN/m}^2$$

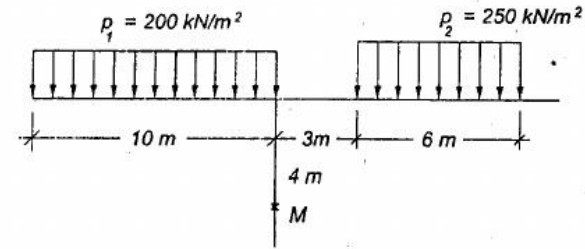
$$\sigma_x = (0,260 \cdot 200) + (0,216 \cdot 250) = 106 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau_{xz} = (0,270 \cdot 200) + (0,033 \cdot 250) = 62 \text{ kN/m}^2$$

Bài tập III-17. Tính tổng ứng suất Θ ở các điểm A(0, 4), B(5, 4) dưới tác dụng của tải trọng hình băng phân



Bài tập III-16. Tính ứng suất ở điểm M do 2 tải trọng hình băng $p_1 = 200 \text{ kN/m}^2$ và $p_2 = 250 \text{ kN/m}^2$ gây ra (Hình III-26).



Hình III-26

Bài giải

Đối với tải trọng p_1 :

$$\frac{x}{b} = \frac{5}{10} = 0,5 ; \frac{z}{b} = \frac{4}{10} = 0,4 ; \text{ theo bảng III-9 :}$$

$$k_z = 0,485 ; k_x = 0,260 ; k_r = 0,270$$

Đối với tải trọng p_2 :

$$\frac{x}{b} = \frac{6}{6} = 1 ; \frac{z}{b} = \frac{4}{6} = 0,660 ; \text{ theo bảng III-9 :}$$

171

Với $\frac{z}{b} = \frac{4}{5} = 0,8$, theo bảng III-10 có $\frac{\Theta}{p} = 0,5704$. Tổng ứng suất ở A là :

$$\Theta = 2 \cdot 0,5704 \cdot 200 = 228,16 \text{ kN/m}^2$$

Bài tập III-18. Tải trọng của nền đường phân bố hình thang như chỉ dẫn trên hình III-28. Tìm ứng suất σ_z ở các điểm A, B.

Bài giải

Để tính ứng suất tại A và B, ta phân tích tải trọng hình thang ra 3 thành phần (1), (2) và (3) (xem hình III-28).

của tải trọng hình thang phân bố đều, cường độ $p = 200 \text{ kN/m}^2$ trên bề rộng $b = 10 \text{ m}$ (Hình III-27).

Bài giải

Dùng bảng III-10 để tính tổng ứng suất ở điểm B.

$$\frac{x}{b} = \frac{5}{10} = 0,5$$

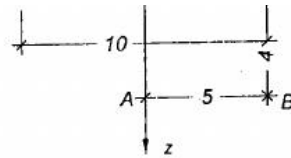
và
$$\frac{z}{b} = \frac{4}{10} = 0,4.$$

Theo bảng III-10 :
$$\frac{\Theta}{p} = 0,7578$$

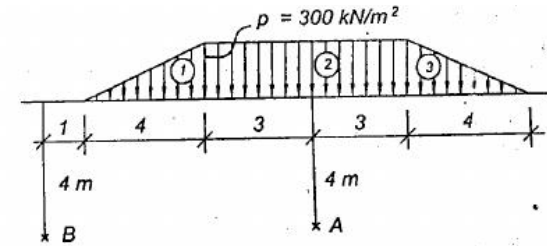
Vậy tổng ứng suất ở B là :

$$\Theta = 0,7578 \cdot 200 = 151,56 \text{ kN/m}^2$$

Vì trong bảng III-10 chỉ cho hệ số $\frac{\Theta}{p}$ đối với những điểm nằm trên trục qua mép tải trọng. Để tính tổng ứng suất cho điểm A ta chia đôi tải trọng, mỗi nửa có bề rộng $b = \frac{10}{2} = 5 \text{ m}$, đối với mỗi nửa thì điểm A nằm trên trục qua mép tải trọng.



Hình III-27



Hình III-28

Tính ứng suất ở A :

- Với tải trọng (1)

$$\frac{x}{b} = \frac{7}{4} = 1,75 ;$$

$$\frac{z}{b} = \frac{4}{4} = 1,00 ;$$

Theo bảng III-11a : $k_z = 0,0870$

- Với tải trọng (2)

$$\frac{x}{b} = \frac{0}{6} = 0 ;$$

$$\frac{z}{b} = \frac{4}{6} = 0,66 ;$$

Theo bảng III-9 : $k_z = 0,7300$.

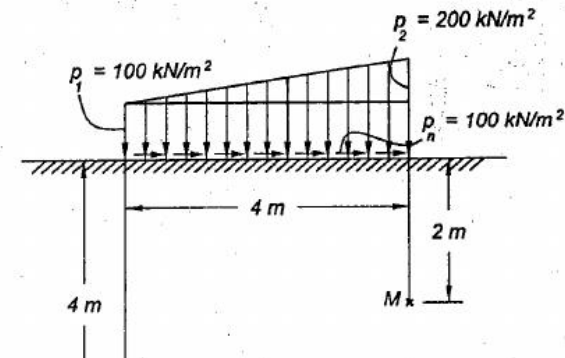
Vì đối xứng, ứng suất do tải trọng (3) gây ra ở A cũng bằng ứng suất ở A do tải trọng (1) gây ra. Như vậy ứng suất ở A do tải trọng toàn bộ gây ra là :

$$\sigma_z = (2 \cdot 0,0870 + 0,7300) \cdot 300 = 271,20 \text{ kN/m}^2$$

* Tính ứng suất ở B :

- Với tải trọng (1) :

$$\frac{x}{b} = \frac{-1}{4} = -0,25 ; \quad \frac{z}{b} = \frac{4}{4} = 1.$$



theo bảng III-11a : $k_z = 0,1100$

- Với tải trọng (2) :

$$\frac{x}{b} = \frac{8}{6} = 1,33 ; \quad \frac{z}{b} = \frac{4}{6} = 0,66.$$

Theo bảng III-9 : $k_z = 0,0600$;

- Với tải trọng (3) :

$$\frac{x}{b} = \frac{15}{4} = 3,75 ; \quad \frac{z}{b} = \frac{4}{4} = 1$$

Theo bảng III-11a trị số k_z quá nhỏ, ứng suất do (3) gây ra ở B rất nhỏ, có thể bỏ qua.

Vậy ứng suất ở B do tải trọng toàn phần gây ra là :

$$\sigma_z = (0,11 + 0,06) \cdot 300 = 51 \text{ kN/m}^2$$

Bài tập III-19. Tính ứng suất σ_z ở M và N do tải trọng thẳng đứng phân bố hình thang và tải trọng ngang phân bố đều gây ra (xem hình III-29).

Bài giải

Tính ứng suất σ_z tại M và N do tải trọng thẳng đứng gây ra. Ta phân tích tải trọng hình thang thành tải trọng phân bố đều và tải trọng phân bố tam giác như hình III-29.

174

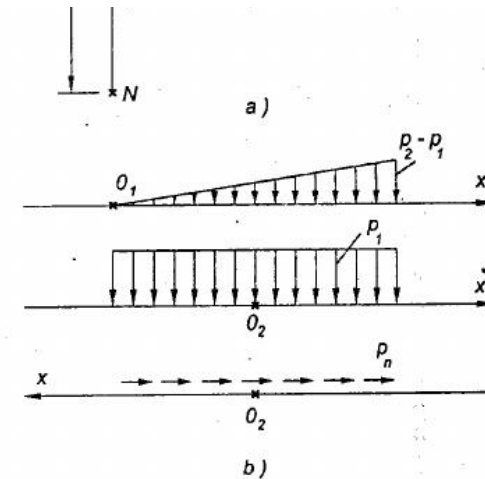
$$\text{Do đó } \sigma_{zM} = 0,353 \cdot 100 = 35,30 \text{ kN/m}^2.$$

Đối với điểm N :

$$\frac{x}{b} = \frac{0}{4} = 0 \text{ và } \frac{z}{b} = \frac{4}{4} = 1.$$

Theo bảng III-11a có : $\frac{\sigma_z}{p} = 0,1590$

$$\text{Do đó } \sigma_{zN} = 0,1590 \cdot 100 = 15,90 \text{ kN/m}^2$$



Hình III-29

1. Tải trọng tam giác có cường độ lớn nhất $p_T = p_2 - p_1$
 $p_T = 200 - 100 = 100 \text{ kN/m}^2$

Góc tọa độ của tải trọng tam giác đặt ở O_1 ; đối với M :

$$\frac{x}{b} = \frac{4}{4} = 1 \text{ và } \frac{z}{b} = \frac{2}{4} = 0,5.$$

Theo bảng III-11a, ta có $\frac{\sigma_z}{p} = 0,353$;

175

Cuối cùng ta cộng các ứng suất do từng tải trọng thành phần gây ra sẽ có ứng suất do tải trọng toàn phần gây ra tại M và N.

$$\text{Tại M, ứng suất } \sigma_z = 35,30 + 48,0 + 25,40 = 108,70 \text{ kN/m}^2.$$

$$\text{Tại N, } \sigma_z = 15,90 + 41 - 15,90 = 41 \text{ kN/m}^2$$

Bài tập III-20. Vẽ biểu đồ phân bố ứng suất bản thân trên trục thẳng đứng trong nền đất có lát cát địa chất như trình bày trên hình III-30.

2. Với tải trọng phân bố đều, gốc tọa độ đặt ở O_2

Điểm M : $\frac{x}{b} = \frac{2}{4} = 0,5$ và $\frac{z}{b} = \frac{2}{4} = 0,5$, theo bảng III-9 :
 $k_z = 0,480$, do đó :

$$\sigma_{zM} = 0,48 \cdot 100 = 48 \text{ kN/m}^2$$

Điểm N : $\frac{x}{b} = \frac{2}{4} = 0,5$ và $\frac{z}{b} = \frac{4}{4} = 1,0$, theo bảng III-9 :
 $k_z = 0,4100$, nên :

$$\sigma_{zN} = 0,41 \cdot 100 = 41 \text{ kN/m}^2$$

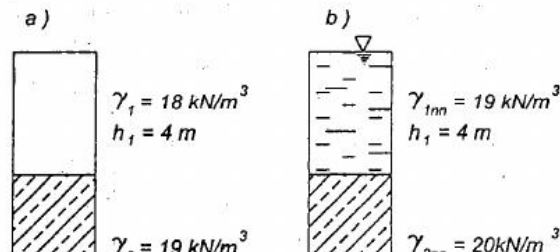
3. Với tải trọng ngang phân bố đều, gốc tọa độ cũng đặt ở O_2 (nhưng chiều x ngược với chiều p_n).

Điểm M : $\frac{x}{b} = \frac{-2}{4} = -0,5$ và $\frac{z}{b} = \frac{2}{4} = 0,5$, theo bảng III-12 : $k_n = +0,254$, do đó ta có :

$$\sigma_{zM} = 0,254 \cdot 100 = 25,40 \text{ kN/m}^2$$

Điểm N : $\frac{x}{b} = \frac{2}{4} = +0,5$ và $\frac{z}{b} = \frac{4}{4} = 1,0$, theo bảng III-12 :
 $k_n = -0,159$, do đó :

$$\sigma_{zN} = -0,159 \cdot 100 = -15,90 \text{ kN/m}^2$$



Bài tập III-20. Hình III-30a

Bài tập III-21. Hình III-30b

Bài tập III-22. Hình III-30c

Bài tập III-23 đến III-26. Cho lực P tập trung, tác dụng thẳng đứng trên bề mặt đất. Tính ứng suất σ_z tại các điểm A, B, C, D nằm trên đường tác dụng của lực ($r = 0$) và ứng suất σ_z tại các điểm E, G, H, I nằm trên trục nằm ngang ($z = \text{const}$); trị số P và tọa độ các điểm ghi ở bảng III-13.

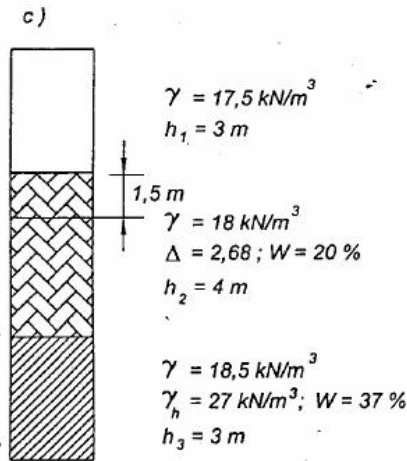
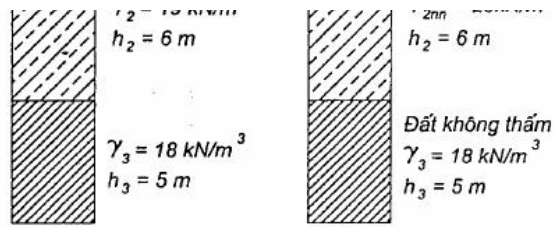
Bảng III-13

Số thứ tự bài tập	Trị số P (kN)	$r = 0$, độ sâu z (m) của các điểm				Khoảng cách nằm ngang r (m) của các điểm và độ sâu				
		A	B	C	D	A	B	C	D	z(m)
III-23	400	1,5	3,0	4,5	6,0	-3,0	-1,5	+1,5	+3,0	1,5
III-24	600	2,0	4,0	6,0	8,0	-4,0	-2,0	+2,0	+4,0	4,0
III-25	800	1,0	4,0	7,0	10,0	-5,0	-2,5	+2,5	+5,0	1,0
III-26	1000	2,0	5,0	8,0	11,0	-6,0	-3,0	+3,0	+6,0	5,0

Trả lời (Bảng III-14)

Bảng III-14

Số thứ tự bài tập	Ứng suất σ_z (kN/m ²) do P gây ra ở các điểm							
	A	B	C	D	E	G	H	I
III-23	85,0	21,2	9,4	5,3	1,51	15,0	15,0	1,51
III-24	71,5	17,9	7,9	4,5	3,16	10,25	10,25	3,16



Hình III-30

Bài tập III-30 đến III-33. Một móng hình chữ nhật kích thước đáy $l \times b$. Ứng suất dưới đáy móng phân bố đều, cường độ p , như số liệu ghi ở bảng III-17. Tính ứng suất σ_z tại các điểm A, B, C trên trục qua tâm móng và tại các điểm D, E, G trên trục qua góc móng.

Bảng III-17

III-25	282,0	23,9	7,8	3,8	0,08	2,72	2,72	0,08
III-26	119,5	19,1	7,7	3,95	10,50	44,3	44,3	10,5

Bài tập III-27 đến III-29. Cho 3 lực tập trung P_1, P_2, P_3 tác dụng thẳng đứng trên bề mặt nền đất tại A, B, C; tam giác ABC đều, cạnh là b (m), các số liệu ghi ở bảng III-15.

Bảng III-15

Số thứ tự bài tập	P_1 (kN)	P_2 (kN)	P_3 (kN)	b (m)	z (m)
III-27	400	500	600	4	2
III-28	300	500	700	5	3
III-29	500	800	1000	6	4

Tính ứng suất σ_z tại điểm nằm trên trục A và điểm nằm trên trục O (qua trọng tâm tam giác) ở độ sâu z .

Trả lời (Bảng III-16)

Bảng III-16

Số thứ tự bài tập	III-27	III-28	III-29
Ứng suất tại A (kN/m^2)	50,08	28,40	19,33
Ứng suất tại O (kN/m^2)	21,80	15,30	16,88

Trả lời (Bảng III-19)

Bảng III-19

Số thứ tự bài tập	Trị số θ (kN/m^2) tại điểm		

Số thứ tự bài tập	Kích thước móng (m)		Tải trọng	Độ sâu của điểm ta xét		
	l	b	p(kN/m ²)	A và D	B và E	C và G
III-30 (III-34)	10	4	100	1.0	2	3.0
III-31 (III-35)	18	6	200	1.5	3	4.5
III-32 (III-36)	8	4	150	2.0	4	6.0
III-33 (III-37)	20	8	250	2.0	5	8.0

(cột đầu trong dấu ngoặc ghi số thứ tự bài tập tính tổng ứng suất)

Trả lời (Bảng III-18)

Bảng III-18

Số thứ tự bài tập	σ_z (kN/m ²) của các điểm					
	A	B	C	D	E	G
III-30	91,00	74,80	61,70	24,80	23,90	22,58
III-31	182,40	152,40	126,00	49,60	48,30	44,60
III-32	110,00	72,70	47,00	35,80	30,00	24,10
III-33	187,00	121,20	79,50	62,00	57,80	50,50

Bài tập III-34 đến III-37. Bài tập III-34 lấy những số liệu như ở bài tập III-30, tính tổng ứng suất Θ ở các điểm D, E, G. Tương tự như vậy, bài tập III-35 ÷ III-37 lấy số liệu trong bài tập III-31 ÷ III-33.

Bài tập III-42 và III-43. Hai móng hình chữ nhật A và B đứng cạnh nhau. Móng A có kích thước $l_1 \times b_1$, ứng suất dưới đáy móng phân bố đều cường độ p_1 ; móng B có kích thước $l_2 \times b_2$, ứng suất dưới đế móng phân bố đều cường độ p_2 . Trục đối xứng theo phương cạnh ngắn của 2

III-34	42,35	34,07	27,29
III-35	83,66	69,00	56,70
III-36	50,30	32,80	22,10
III-37	105,80	76,50	56,50

Bài tập III-38 đến III-41. Tính ứng suất tại $M(x, y, z)$ và $N(x, y, z)$ (xem hình III-19a) do tải trọng phân bố đều p (kN/m²) trên diện chữ nhật $l \times b$ gây ra; các số liệu ghi ở bảng III-20.

Bảng III-20

Số thứ tự bài tập	Kích thước diện đặt tải (m)		Tải trọng p (kN/m ²)	Tọa độ M (m)			Tọa độ N (m)		
	l	b		x	y	z	x'	y'	z'
III-38	21,6	10,5	200	0	0,75	2,4	6	0	2,4
III-39	20	10	250	3	5,0	4	14	7	6
III-40	15	6	300	3	3,0	3	3	5	3
III-41	20	8	350	6	0,0	5,6	0	8	6

Trả lời (Bảng III-21)

Bảng III-21

Số thứ tự bài tập	III-38	III-39	III-40	III-41
σ_z (kN/m ²) ở M	193,0	117,6	140,5	106,0
σ_z (kN/m ²) ở N	189,7	11,3	0,9	26,3

Trả lời (Bảng III-24)

Bảng III-24

Số thứ tự bài tập	Ứng suất σ_z (kN/m ²) tại	
	M	N

móng trùng nhau và khoảng cách giữa 2 tâm móng

$$O_1O_2 = \left(\frac{b_1 + b_2}{2} + 2 \right) \text{ m. Tính ứng suất } \sigma_z \text{ của điểm trong nền}$$

đất nằm trên trục thẳng đứng qua điểm giữa cạnh dài mỗi móng (F, K ứng với móng A ; N, M ứng với móng B ; trong đó K, M nằm ngoài khoảng O_1O_2) và có độ sâu là z. Trị số l, b, p, z cho trong bảng III-22.

Bảng III-22

Số thứ tự bài tập	Móng A			Móng B			Độ sâu z của điểm xét (m)
	l_1 (m)	b_1 (m)	p_1 (kN/m ²)	l_2 (m)	b_2 (m)	p_2 (kN/m ²)	
III-42	6	3	150	2	2	150	3,0
III-43	6	4	200	3	3	250	1,5

Bài tập III-44 đến III-46. Tải trọng phân bố tam giác, cường độ lớn nhất p_T , đặt trên một diện chữ nhật kích thước $l \times b$. Tính ứng suất ở các điểm M (dưới góc A mà cường độ tải trọng = 0) và N (dưới góc B, cường độ tải trọng lớn nhất) có độ sâu z. Các số liệu ghi ở bảng III-23.

Bảng III-23

Số thứ tự bài tập	l (m)	b (m)	p_T (kN/m ²)	Độ sâu z của M, N (m)
III-44	20	10	200	2,5
III-45	30	10	300	5,0
III-46	36	12	250	12,0

Trả lời

Điểm N : $\sigma_1 = 200 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_3 = 24 \text{ kN/m}^2$

III-44	7,40	42,20
III-45	18,90	52,50
III-46	19,50	29,75

Bài tập III-47. Với các số liệu cho trong bài tập III-44 ÷ III-46. Vẽ biểu đồ phân bố ứng suất σ_z trên trục qua A và trên trục qua B.

Bài tập III-48 và III-49. Tải trọng phân bố tam giác (cường độ lớn nhất p_T biến đổi dọc theo phương l) trên diện chữ nhật kích thước $l \times b$. Tính ứng suất tại điểm M trên trục qua điểm giữa cạnh dài ở độ sâu z ; các số liệu ghi ở bảng III-25.

Bảng III-25

Số thứ tự bài tập	Kích thước móng		p_T (kN/m ²)	Độ sâu z (m)
	l (m)	b (m)		
III-48	30	7,5	300	3,75
III-49	20	6,0	400	5,00

Trả lời

$\sigma_{zM} = 68,40 \text{ kN/m}^2$ (Bài tập III-48) ; $\sigma_{zM} = 85,0 \text{ kN/m}^2$ (Bài tập III-49).

Bài tập III-50. Tính các ứng suất chính σ_1, σ_3 do tải trọng hình băng bé rộng $b = 4 \text{ m}$, phân bố đều cường độ $p = 300 \text{ kN/m}^2$ gây ra ở các điểm N(0,3 m) ; M(4,3 m) ; E(1,4 m) ; F(4,4 m).