

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình cơ học đất - địa chất được biên soạn làm cơ sở cho việc giảng dạy và học tập môn học Cơ học đất và địa chất công trình của học viên hệ trung học cầu đường của trường Trung học Cầu đường và dạy nghề thuộc Tổng công ty xây dựng Trường Sơn.

Giáo trình gồm 8 chương:

- Chương 1. Các tính chất vật lý của đất
 - Chương 2. Các tính chất cơ học của đất
 - Chương 3. Phân bố ứng suất trong đất
 - Chương 4. Biến dạng lún của nền
 - Chương 5. Sức chịu tải của đất nền
 - Chương 6. Ổn định của mái đất
 - Chương 7. Áp lực đất lên tường chắn
 - Chương 8. Khái niệm địa chất tự nhiên và địa chất công trình
- Phần phụ lục. Thí nghiệm xác định một số chỉ tiêu vật lý của đất

Khi biên soạn giáo trình, chúng tôi đã dựa vào tiêu chuẩn kỹ thuật công trình giao thông đường bộ và các giáo trình địa chất công trình, giáo trình cơ học đất đã và đang được giảng dạy tại các trường chuyên nghiệp ngành Giao thông vận tải.

Trong quá trình biên soạn, chúng tôi đã nhận được nhiều ý kiến đóng góp quý báu của các đồng nghiệp để xây dựng nội dung cuốn giáo trình. Song do trình độ có hạn, nên trong giáo trình không tránh khỏi các thiếu sót. Rất mong các đồng chí tiếp tục đóng góp các ý kiến để chúng tôi tu chỉnh nội dung giáo trình hoàn chỉnh hơn nhằm đáp ứng được yêu cầu giảng dạy và học tập trong nhà trường.

TÁC GIẢ

BÀI MỞ ĐẦU

1. Đối tượng nghiên cứu của môn học

Đối tượng nghiên cứu của môn học là đất đá thiên nhiên lớp trên cùng của vỏ trái đất. Đối với ngành xây dựng các công trình giao thông cần phải nắm vững những khái niệm cơ bản về địa chất công trình, quá trình hình thành đất tạo ra nhiều loại đất có tính chất khác nhau.

Đất không phải là vật thể liên tục, mà là vật thể do nhiều hạt khoáng vật bé, có kích thước khác nhau hợp thành. Các hạt này tạo thành một khung kết cấu có nhiều lỗ hổng, trong đó thường chứa nước và khí. Trong khung kết cấu, các hạt đất có thể sắp xếp rời rạc hoặc được gắn kết liên với nhau bởi những liên kết yếu hơn rất nhiều so với cường độ bản thân hạt.

Chính những đặc điểm đó làm cho đất có những tính chất khác hẳn so với các vật liệu khác, đồng thời làm cho các hiện tượng cơ học xảy ra trong đất theo những quy luật đặc thù riêng.

Để sử dụng đất vào xây dựng công trình giao thông được tốt, cần phải xác định được sức chịu tải và biến dạng của đất dưới tác dụng của tải trọng và áp lực của nó lên các vật chấn.

2. Nội dung và đặc điểm của môn học

Cơ học đất - địa chất là môn học khoa học nghiên cứu các quá trình địa chất tự nhiên và các quá trình cơ học xảy ra trong đất dưới ảnh hưởng của các tác dụng bên trong và bên ngoài, tìm ra các quy luật tương ứng và vận dụng các quy luật đó để giải quyết các vấn đề có liên quan đến việc xây dựng công trình giao thông.

Nhiệm vụ của môn học là xác định quy luật hoạt động của các hiện tượng địa chất tự nhiên tác dụng đến công trình xây dựng. Việc xác định các quy luật cơ bản của các quá trình cơ học xảy ra trong đất và các đặc trưng tính toán của đất là một vật thể phân tán phức tạp, nghiên cứu trạng thái ứng suất biến dạng của đất ở các giai đoạn biến dạng khác nhau, giải quyết các vấn đề về cường độ chịu tải và ổn định của các khối đất cũng như vấn đề áp lực của đất lên vật chấn.

Đặc điểm của môn học là nghiên cứu một đối tượng rất phức tạp, gồm nhiều thành phần với các tính chất khác nhau, đồng thời lại phụ thuộc chặt chẽ với các điều kiện xung quanh. Chính vì vậy trong khi nghiên cứu môn học thì bên cạnh việc sử dụng phương pháp lý thuyết còn phải hết sức coi trọng phương pháp thực nghiệm ở trong phòng thí nghiệm và ngoài hiện trường.

MỤC LỤC

MỤC	NỘI DUNG	TRANG
	LỜI NÓI ĐẦU	5
	BÀI MỞ ĐẦU	6
Chương 1	CÁC TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA ĐẤT	7
1.1	Sự hình thành đất	7
1.2	Các thành phần chủ yếu của đất	7
1.3	Kết cấu của đất	9
1.4	Các chỉ tiêu vật lý của đất	10
1.5	Các chỉ tiêu trạng thái của đất	13
1.6	Phân loại đất	15
	Câu hỏi bài tập	15
Chương 2	CÁC TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA ĐẤT	16
2.1	Tính chất chịu nén của đất	16
2.2	Tính chất thấm của đất	20
2.3	Cường độ chống cắt của đất	21
2.4	Tính chất đàn nén của đất đắp	24
	Câu hỏi bài tập	24
Chương 3	PHÂN BỐ ỨNG SUẤT TRONG ĐẤT	25
3.1	Khái niệm	25
3.2	Phân bố ứng suất do trọng lượng bản thân đất gây ra	25
3.3	Phân bố ứng suất do tải trọng ngoài gây nên trong nền đồng nhất	26
3.4	Phân bố ứng suất do tải trọng ngoài gây nên trong nền không đồng nhất	37
3.5	Phân bố ứng suất tiếp xúc dưới đáy móng	38
	Câu hỏi bài tập	40
Chương 4	BIẾN DẠNG LÚN CỦA NỀN	41
4.1	Khái niệm	41
4.2	Tính lún cuối cùng theo quy phạm 22 – TCN – 18 -79	41
4.3	Tính lún theo phương pháp cộng lún từng lớp	42
	Câu hỏi bài tập	45
Chương 5	SỨC CHỊU TẢI CỦA ĐẤT NỀN	46
5.1	Khái niệm	46
5.2	Xác định tải trọng tới dể	46

5.3	Xác định tải trọng giới hạn	47
5.4	Quy định sức chịu tải của đất nền	51
5.5	Kiểm toán cường độ đất nền	53
	Câu hỏi bài tập	55
Chương 6	ỔN ĐỊNH CỦA MÁI ĐẤT	56
6.1	Khái niệm	56
6.2	Ổn định của mái đất dính	56
6.3	Ổn định của mái đất rời	59
6.4	Các biện pháp đề phòng và chống đất trượt	61
	Câu hỏi bài tập	64
Chương 7	ÁP LỰC ĐẤT LÊN TƯỜNG CHẮN	65
7.1	Khái niệm	65
7.2	Xác định áp lực đất lên tường chắn	66
	Câu hỏi bài tập	73
Chương 8	KHÁI NIỆM ĐỊA CHẤT TỰ NHIÊN VÀ ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH	74
8.1	Tác dụng của phong hóa	74
8.2	Tác dụng địa chất của mương xói	75
8.3	Tác dụng địa chất của dòng sông	76
8.4	Tác dụng địa chất của biển và hồ	77
8.5	Đầm lầy	79
8.6	Hiện tượng Kás-tơ	79
8.7	Hiện tượng cát chảy	80
8.8	Hiện tượng đất trượt	80
8.9	Khái niệm về khảo sát địa chất công trình	81
	Câu hỏi bài tập	82
	Hướng dẫn thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của đất	85
	Tài liệu tham khảo	91

Chương 1 **CÁC TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA ĐẤT**

1.1. Sự hình thành đất

Thành phần chủ yếu của đất là các hạt đất, các hạt đất có kích thước to nhỏ khác nhau, chúng được tạo nên do sự phá hoại các tầng lớp đất đá ban đầu bởi các tác dụng vật lý, hoá học, quá trình này gọi là quá trình phong hoá. Quá trình phong hoá đất đá được phân làm ba loại là: Phong hoá vật lý, Phong hoá hoá học và phong hoá sinh học. Ba loại phong hoá trên thường tác dụng đồng thời trong thời gian dài làm cho các lớp đá trên mặt bị vỡ vụn, sau đó do tác dụng của dòng nước của gió làm các hạt đó bị cuốn đi nơi khác. Tùy theo kích thước các hạt to nhỏ mà trong quá trình di chuyển chúng lắng đọng lại hoặc rơi xuống tạo thành các tầng lớp đất khác nhau. Quá trình di chuyển và lắng đọng sản phẩm phong hoá gọi là trầm tích, ba phần tư bề mặt lục địa được bao phủ bởi các lớp đất đá trầm tích, phần còn lại là các vùng còn giữ được thành phần khoáng chất như đá gốc hoặc thay đổi ít.

Các hạt lắng đọng chồng chất lên nhau, giữa chúng không có lực liên kết đó là các lớp đất cát, cuội, sỏi, loại này nói chung là đất rời. Các hạt nhỏ với kích thước vài phần nghìn mm thường có tính keo dính và tích điện, khi lắng đọng chúng liên kết với nhau thành các tầng đất gọi chung là đất dính hoặc đất sét.

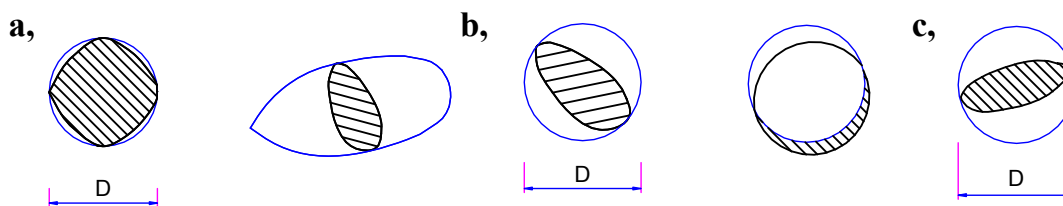
1-2. Các thành phần chủ yếu của đất

Thành phần chủ yếu của đất là các hạt đất, Các hạt đất có kích thước và hình dáng khác nhau nên khi sắp xếp với nhau sẽ tồn tại các khe rỗng, các khe rỗng này trong tự nhiên thường có nước và không khí. Nước và không khí trong các khe rỗng có ảnh hưởng đáng kể đến các tính chất của đất vì vậy khi nghiên cứu đất phải xét tới các phần này, vì vậy đất là vật thể ba pha: Pha cứng là hạt đất, Pha lỏng là nước trong khe rỗng, pha khí là khí trong khe rỗng.

1.2.1. Hạt đất

Hạt đất là thành phần chủ yếu của đất. Khi chịu lực tác dụng bên ngoài lên mặt đất thì các hạt đất cùng chịu lực, vì vậy người ta gọi tập hợp các hạt đất là khung cốt của đất. Các hạt đất có hình dạng và kích thước khác nhau tùy thuộc vào tác động của quá trình phong hoá và quá trình di chuyển, lắng đọng.

Để phân loại và gọi tên các hạt đất, người ta dùng khái niệm đường kính trung bình của hạt, đây là đường kính của vòng tròn bao quanh tiết diện lớn nhất của hạt đất ấy (hình 1-1)



Hình 1.1

Theo quy trình quy phạm hiện nay tên các hạt đất được gọi theo bảng 1-1

Bảng 1-1: Tên hạt đất gọi theo đường kính trung bình

TÊN HẠT ĐẤT	KÍCH THƯỚC HẠT (MM)
Đá tảng	> 200
Hạt cuội	200 – 10
Hạt sỏi	10 – 2
Hạt cát	2 – 0.1
Hạt bụi	0.1 – 0.005
Hạt sét	< 0.005

Các hạt đất có kích thước càng lớn thì thành phần khoáng vật càng giống đá gốc còn các hạt có kích thước càng nhỏ thì các thành phần khoáng vật bị biến chất và được gọi là khoáng vật thứ sinh.

Những hạt lớn như cát, cuội, sỏi có thành phần khoáng vật giống đá gốc, khi sắp xếp cạnh nhau thì giữa chúng không có lực liên kết loại này gọi chung là đất hạt rời.

Khi số lượng các hạt sét và hạt keo có một tỷ lệ nhất định ở trong đất thì có hiện tượng các hạt dính kết với nhau thành từng lớp hoặc từng khối, loại này gọi chung là đất dính.

1.2.2. Nước trong đất

Nước trong đất có ảnh hưởng lớn đến tính chất chịu lực của đất, nước được tồn tại trong đất dưới nhiều dạng khác nhau, với mỗi dạng đều có ảnh hưởng nhất định đến các tính chất khác nhau của đất người ta phân ra làm ba dạng sau

a, Nước trong khoáng vật của hạt đất

Đây là loại nước nằm trong tinh thể khoáng vật của hạt đất, nó tồn tại dưới dạng phân tử H_2O hoặc ở dạng i-on H^+ và OH^- . Loại nước này ít ảnh hưởng đến tính chất cơ học của đất.

b, Nước kết hợp mặt ngoài của đất

Đây là loại nước được giữ lại trên bề mặt hạt đất dưới tác dụng của các lực hoá lý. Tùy theo mức độ kết hợp mạnh yếu khác nhau thì được phân thành 2 loại:

- Nước hút bám: Là loại nước bám rất chặt vào ngay mặt ngoài hạt đất, nó không thể trực tiếp di chuyển từ hạt này sang hạt khác mà chỉ di chuyển dưới dạng bay hơi.

- Nước màng mỏng: Là loại nước bao ở phía ngoài nước hút bám. Loại nước này ít ảnh hưởng đến tính chất cơ học của đất.

c, *Nước tự do*

Đây là loại nước nằm ngoài phạm vi lực hút phân tử, loại này được phân thành 2 loại là: Nước trọng lực và nước mao dẫn.

- Nước trọng lực: Là nước tự nhiên nằm trong các khe hổng của đất, nó có thể di chuyển từ nơi này sang nơi khác dưới tác dụng của trọng lực, thường được gọi là nước ngầm hoặc nước mạch. Khi chảy qua các lỗ hổng, với tốc độ thấm lớn nó có thể sinh ra áp lực thuỷ động lên các hạt đất.

- Nước mao dẫn: là nước dâng lên theo các đường lỗ hổng giữa các hạt đất dưới tác dụng của lực mao dẫn. Nước mao dẫn làm tăng độ ẩm của đất, làm giảm sức chịu tải của nền, làm tăng trọng lượng riêng của đất.

Loại nước này có ảnh hưởng đáng kể đến các tính chất cơ học của đất.

1.2.3. *Khí trong đất*

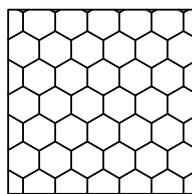
Nếu trong các lỗ hổng của đất không có nước thì khí chiếm chỗ trong các lỗ hổng ấy. trong đất có hai loại khí là khí tự do và khí hoà tan trong nước. Nói chung thành phần của khí ít ảnh hưởng đến tính chất cơ học của đất, nó chỉ ảnh hưởng đến tính thấm nước của đất, cản trở dòng thấm của nước.

1.3. *Kết cấu của đất*

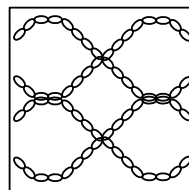
Kết cấu của đất là sự sắp xếp các hạt đất với nhau, có ảnh hưởng đáng kể tới các tính chất vật lý và cơ học của đất. Kết cấu của đất phụ thuộc vào quá trình hình thành và tồn tại rất lâu nên rất đa dạng. Người ta thường phân kết cấu của đất thành ba loại sau:

1.3.1. *Kết cấu hạt đơn*

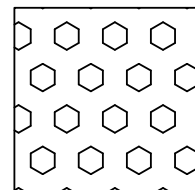
Loại này được hình thành do sự chìm lắng các hạt tương đối lớn trong môi trường nước. Những hạt này được sắp xếp cạnh nhau, giữa chúng không có lực liên kết (hình 1-2a)



a,



b,



c,

Hình 1.2

Kết cấu hạt đơn thường thấy trong các loại đất bụi, đất cát và cuội sỏi.

Kết cấu hạt đơn còn được phân ra là kết cấu xốp và kết cấu chặt

- Kết cấu xốp là sự sắp xếp các hạt một cách rời rạc, giữa chúng thường có lỗ hổng lớn. Loại đất này chịu lực yếu, gây lún lớn.

- Kết cấu chặt là sự sắp xếp các hạt liên khít và được chèn chặt với nhau. Loại đất này có hệ số rỗng nhỏ, sức chịu tải lớn và ít lún.

1.3.2. Kết cấu tổ ong

Các trầm tích gồm các hạt tương đối nhỏ, khi lắng đọng trọng lượng các hạt không đủ thắng được các lực tác dụng tương hỗ giữa chúng với nhau, các hạt bám vào nhau khi lắng xuống tạo thành nhiều lỗ hổng như tổ ong (hình 1-2b)

1.3.3. Kết cấu bông

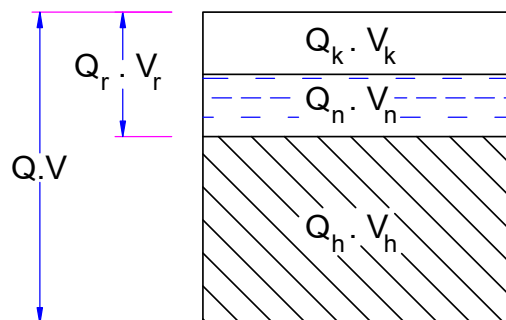
Các hạt kích thước rất nhỏ (hạt sét, hạt keo) thường lơ lửng trong nước trong một thời gian nhất định, sau đó chúng kết hợp với nhau rồi lắng xuống tạo thành các đám như bông (hình 1-2c)

1.4. Các chỉ tiêu vật lý chủ yếu của đất

Đất gồm có ba phần là hạt đất, nước và khí. Tỷ lệ giữa ba thành phần này sẽ gián tiếp cho biết đất là rỗng hay chặt, nặng hay nhẹ, khô hay ướt

Xét một mẫu đất có trọng lượng là Q và có thể tích là V . Tưởng tượng phần hạt nén chặt không còn lỗ rỗng có trong lượng là: Q_h và thể tích là V_h . Phần nước trong đất có trọng lượng Q_n và thể tích V_n . Phần khí trong đất có trọng lượng Q_k và thể tích là V_k .

Phần rỗng của đất có trọng lượng là Q_r và thể tích là V_r (hình 1-3)



Các chỉ tiêu vật lý của đất: có 9 chỉ tiêu

Hình 1.3

1.4.1. Trọng lượng riêng của đất.

a, *Trọng lượng riêng tự nhiên:*

Là trọng lượng của một đơn vị thể tích đất ở trạng thái tự nhiên ký hiệu: γ , công thức xác định:

$$\gamma = \frac{Q}{V} \quad (\text{kN/m}^3; \text{T/m}^3) \quad (1.1)$$

b, *Trọng lượng riêng no nước:*

Là trọng lượng của một đơn vị thể tích đất ở trạng thái no nước (là trạng thái mà các lỗ hổng trong đất đều chứa đầy nước) ký hiệu: γ_{nn}

Công thức xác định

$$\gamma_{nn} = \frac{Q_{nn}}{V} = \frac{Q_h + Q_n}{V} \quad (\text{kN/m}^3; \text{T/m}^3) \quad (1.2)$$

Trong đó: Q_n : là trọng lượng nước lấp đầy các lỗ rỗng

c, *Trọng lượng riêng đẩy nổi:*

Là trọng lượng của một đơn vị thể tích đất nằm dưới mặt nước tự do, ở trạng thái này đất chịu tác dụng của lực đẩy nổi Ac-si-mét, ký hiệu: $\gamma_{\text{đn}}$

Công thức xác định:

$$\gamma_{\text{đn}} = \frac{Q_h - \gamma_n \cdot V_h}{V} \quad (\text{kN/m}^3; \text{T/m}^3) \quad (1.3)$$

Trong đó:

γ_n : là trọng lượng đơn vị của nước ($\gamma_n \approx 10 \text{ kN/m}^3$)

d, *Trọng lượng riêng khô*:

Là trọng lượng của hạt đất trong một đơn vị thể tích đất ký hiệu: γ_k , công thức

xác định:
$$\gamma_k = \frac{Q_h}{V} \quad (\text{kN/m}^3; \text{T/m}^3) \quad (1.4)$$

e, *Trọng lượng riêng hạt*:

Là trọng lượng của một đơn vị thể tích hạt (không có lỗ rỗng) ký hiệu: γ_h , công thức xác định:

$$\gamma_h = \frac{Q_h}{V_h} \quad (\text{kN/m}^3; \text{T/m}^3) \quad (1.5)$$

Bảng 1-2: Trọng lượng riêng của các loại đất

TÊN ĐẤT	γ (kN/m^3)	γ_h (kN/m^3)	γ_k (kN/m^3)
Cát sỏi chặt	21.0	22.4	20.0
Cát xốp	15.0	19.0	12.0
Cát chặt	17.0	21.0	13.3
đất sét pha	16.0	19.0	15.4
Đất sét cứng	18.0	20.0	16.1
Đất sét dẻo	15.0	17.7	-

1.4.2. Độ rỗng và hệ số rỗng của đất

a, *Độ rỗng*:

Là tỷ số giữa thể tích lỗ rỗng với tổng thể tích toàn bộ của mẫu đất (bao gồm thể tích lỗ rỗng và thể tích hạt) ký hiệu n, công thức xác định

$$n = \frac{V_r}{V} \quad (1.6)$$

b, *Hệ số rỗng*:

Là tỷ số giữa thể tích lỗ rỗng và thể tích hạt; ký hiệu e công thức xác định

$$e = \frac{V_r}{V_h} \quad (1.7)$$

Giữa hai chỉ tiêu trên có sự liên hệ:
$$n = \frac{e}{1+e} \text{ hoặc } e = \frac{n}{1-n} \quad (1.8)$$

1.4.3. Độ ẩm và độ bão hoà nước của đất

a, Độ ẩm của đất:

Là tỷ số giữa trọng lượng nước trong đất và trọng lượng hạt đất; ký hiệu W công thức xác định:

$$W = \frac{Q_n}{Q_h} \times 100 \quad (\%) \quad (1.9)$$

b, Độ bão hoà nước của đất:

Là tỷ số giữa thể tích nước trong đất và thể tích lỗ rỗng của đất, ký hiệu G công thức xác định

$$G = \frac{V_n}{V_r} \quad (1.10)$$

Để đánh giá mức độ khô, ẩm của đất người ta dùng độ bão hoà để phân thành các trạng thái sau:

- $G = 0$: Đất khô
- $0 < G < 0.5$: Đất hơi ẩm
- $0.5 < G < 0.8$: Đất ẩm
- $0.8 < G < 1$: Đất no nước
- $G = 1$: Đất bão hoà nước (các lỗ đều chứa đầy nước)

1.4.4. Mối liên hệ giữa các chỉ tiêu vật lý của đất

Giữa các chỉ tiêu vật lý của đất có sự liên hệ chung về số lượng qua định nghĩa và các công thức tính có thể rút gọn sự liên hệ giữa các chỉ tiêu qua bảng công thức sau.

Bảng 1-3: Mối liên hệ giữa các chỉ tiêu vật lý của đất

TÊN GỌI	CHỈ TIÊU	CÔNG THỨC TÍNH			
		I	II	III	IV
Trọng lượng riêng hạt	γ_h	$\gamma_h = \gamma_k (1 + e)$	-	$\gamma_h = \frac{\gamma_k}{1 - n}$	-
Trọng lượng riêng tự nhiên	γ	-	$\gamma = \gamma_k (1 + W)$	-	-
Trọng lượng riêng khô	γ_k	$\gamma_k = \frac{\gamma}{1 + W}$	$\gamma_k = \gamma_h (1 - n)$	$\gamma_k = \frac{\gamma_h}{1 + e}$	-
Độ rỗng	n	$n = \frac{e}{1 + e}$	-	$n = \frac{\gamma_h - \gamma_k}{\gamma_h}$	-
Hệ số rỗng	e	$e = \frac{n}{1 - n}$	$e = \frac{\gamma_h (1 + W)}{\gamma} - 1$	$e = \frac{\gamma_h - \gamma_k}{\gamma_k}$	$e = \frac{W \cdot \gamma_h}{G \cdot \gamma_n}$

Độ ẩm	W	-	-	$W = \frac{\gamma - \gamma_k}{\gamma_k}$	$W = \frac{G.e.\gamma_n}{\gamma_h}$
Độ bão hoà	G	$G = \frac{\gamma_h.W}{e.\gamma_n}$	$G = \frac{\gamma_k.W}{n.\gamma_n}$	$G = \frac{\gamma.W}{n(1+W)}$	-

Các hệ quả

- Công thức xác định $\gamma_{dn} = \frac{\gamma_h - \gamma_n}{1 + e}$
- Trong cùng một loại đất thì có sự liên hệ sau: $\gamma_h > \gamma > \gamma_k > \gamma_{dn}$

* Ví dụ áp dụng:

Hãy xác định trọng lượng riêng γ , trọng lượng riêng khô γ_k , độ rỗng n , hệ số rỗng e , độ bão hoà nước G khi biết các số liệu sau đây qua thí nghiệm mẫu đất bằng dao vòng có thể tích $V=59 \text{ cm}^3$, trọng lượng mẫu đất $Q = 116,45\text{G}$, và khi sấy khô mẫu đất có $Q_h = 102,11 \text{ G}$, biết trọng lượng riêng hạt $\gamma_h=2,8 \text{ G/cm}^3$.

Bài giải:

Các chỉ tiêu được xác định như sau:

- Trọng lượng riêng của mẫu đất: $\gamma = \frac{Q}{V} = \frac{116,45}{59} = 1.97 \text{ G/cm}^3$
- Trọng lượng riêng khô của mẫu đất: $\gamma_k = \frac{Q_h}{V} = \frac{102,11}{59} = 1.73 \text{ G/cm}^3$
- Độ rỗng: $n = \frac{\gamma_h - \gamma_k}{\gamma_h} = \frac{2.8 - 1.73}{2.8} = 0.383$
- Hệ số rỗng e : $e = \frac{n}{1 - n} = \frac{0.383}{1 - 0.383} = 0.619$
- Độ ẩm: $W = \frac{\gamma - \gamma_k}{\gamma_k} = \frac{1.97 - 1.73}{1.73} = 0.139 = 13.9\%$
- Độ bão hoà nước: $G = \frac{\gamma_k.W}{n.\gamma_n} = \frac{1,73.0,139}{0,383.1} = 0,63$

1.5. Các chỉ tiêu trạng thái của đất

Hiện nay thường dùng hai chỉ tiêu Độ chặt (D) đối với đất cát và độ sệt (B) đối với đất dính để nói lên trạng thái vật lý của đất.

1.5.1. Độ chặt của đất

Các hạt đất là khung cốt chịu lực của đất, nếu các hạt đất không được sắp xếp chặt chẽ với nhau thì sẽ có nhiều lỗ hổng lớn và sức chịu lực của đất sẽ giảm, nếu các

hạt đất được chèn chặt với nhau thì thể tích lỗ hổng sẽ giảm đi và sức chịu lực của đất sẽ tăng lên. Vì vậy độ chặt là chỉ tiêu thể hiện sức chịu lực của đất

Để đánh giá độ chặt người ta dùng chỉ tiêu độ chặt (D)

$$D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (1.11)$$

Trong đó:

$e_{\max}$: Hệ số rỗng ở trạng thái rời rạc của đất

$e_{\min}$: Hệ số rỗng ở trạng thái đầm chặt của đất

e : Hệ số rỗng ở trạng thái tự nhiên của đất

Dựa vào các giá trị của độ chặt D người ta đưa ra tiêu chuẩn phân loại độ chặt của đất cát qua bảng 1-4

Ngoài ra để đánh giá độ chặt của đất một cách đơn giản có thể căn cứ vào hệ số rỗng e qua bảng 1-5

Bảng 1-4: Bảng phân loại độ chặt của đất cát theo độ chặt

Loại đất	Độ chặt
Đất cát chặt	$1 \geq D \geq 0,67$
Đất cát chặt vừa	$0,67 \geq D \geq 0,33$
Đất cát rời rạc	$0,33 \geq D \geq 0,0$

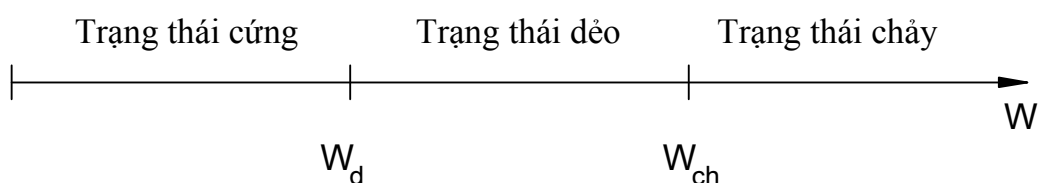
Bảng 1-5: Bảng phân loại độ chặt của đất cát theo hệ số rỗng

Loại đất	Độ chặt		
	Chặt	Chặt vừa	Xốp
Cuội sỏi, cát thô, cát trung	$e < 0.5$	$0.5 \leq e \leq 0.7$	$e > 0.7$
Cát nhỏ	$e < 0.6$	$0.6 \leq e \leq 0.75$	$e > 0.75$
Cát bột	$e < 0.6$	$0.6 \leq e \leq 0.8$	$e > 0.8$

1.5.2. Độ sệt của đất

Đất dính bao gồm phần lớn là các hạt sét, hạt keo có kích thước rất nhỏ có các trạng thái như sau:

- Khi khô đất dính rắn cứng, trạng thái này là trạng thái cứng
 - Khi ẩm đất dính dẻo có thể lặn được, trạng thái này được gọi là trạng thái dẻo.
 - Khi quá ẩm đất nhão ra như bùn, trạng thái này gọi là trạng thái chảy
- Các trạng thái này được biểu diễn qua hình 1-4



Hình 1.4

Qua hình vẽ trên đất dính có 3 trạng thái là trạng thái cứng, trạng thái dẻo và trạng thái chảy. Giữa ba trạng thái này có 2 giá trị độ ẩm quan trọng:

- Độ ẩm làm cho đất chuyển từ trạng thái cứng sang trạng thái dẻo gọi là giới hạn dẻo ký hiệu: W_d

- Độ ẩm làm cho đất chuyển từ trạng thái dẻo sang trạng thái chảy gọi là giới hạn chảy, ký hiệu W_{ch}

- Để biết mẫu đất ở trạng thái nào người ta dùng chỉ tiêu độ sệt (B) công thức xác định độ sệt:

$$B = \frac{W - W_d}{W_{ch} - W_d} = \frac{W - W_d}{\Phi} \quad (1.12)$$

Trong đó:

W_{ch} : độ ẩm ở trạng thái giới hạn chảy

W : là độ ẩm tự nhiên của đất

W_d : độ ẩm ở trạng thái giới hạn dẻo

Φ : Là chỉ số dẻo $\Phi = W_{ch} - W_d$

Căn cứ vào độ sệt B, người ta xác định trạng thái của đất dính theo bảng 1-6

1.6. Phân loại đất

Trong quá trình thi công chúng ta phải biết đánh giá và phân loại tình hình địa chất (loại đất) để từ đó có các phương pháp xử lý nền đất cho phù hợp

Bảng 1-6: Các trạng thái của đất dính phụ thuộc vào độ sệt

ĐỘ SỆT (B)	TRẠNG THÁI CỦA ĐẤT
$B \leq 0$	Cứng
$0 < B \leq 0,25$	Nửa cứng
$0,25 < B \leq 0,5$	Dẻo cứng
$0,5 < B \leq 0,75$	Dẻo mềm
$0,75 < B \leq 1$	Dẻo chảy
$B > 1$	Chảy

Câu hỏi ôn tập

- 1- Nêu rõ nguyên nhân và quá trình hình thành đất
- 2- Nêu các thành phần cấu tạo của đất và ảnh hưởng của chúng tới tính chất cơ lý của đất.
- 3- Nước trong đất có mấy dạng và hoạt động của từng loại nước trong đất
- 4- Đất có mấy loại kết cấu và sự hình thành của các loại kết cấu đó
- 5- Để đánh giá độ chặt của đất người ta dùng các chỉ tiêu nào.
- 6- Giới hạn dẻo và giới hạn chảy là gì

Bài tập

- 1- Hãy xác định trọng lượng riêng tự nhiên (γ) của đất ở độ ẩm $W = 25\%$. Biết rằng đất ở độ ẩm $W = 6\%$ thì đất có trọng lượng riêng tự nhiên $\gamma = 1.7 \text{ T/m}^3$

- 2- Hãy xác định hệ số rỗng e và độ rỗng n của một loại đất, biết trọng lượng của 1 m^3 đất đó sau khi sấy khô là 1,6 Tấn, đất có lượng riêng hạt $\gamma_h = 2.65 \text{ T/m}^3$
- 3- Một m^3 cát khô nặng 1,6 Tấn. Hãy xác định trọng lượng của nó khi độ ẩm $W=15\%$ và khi ở trạng thái bão hoà nước. Biết trọng lượng riêng hạt $\gamma_h = 2.65 \text{ T/m}^3$
- 4- Cần bao nhiêu nước vào một mẫu đất nặng 150 Gam, để tăng độ ẩm của nó từ 15% lên 20%.

Chương 2

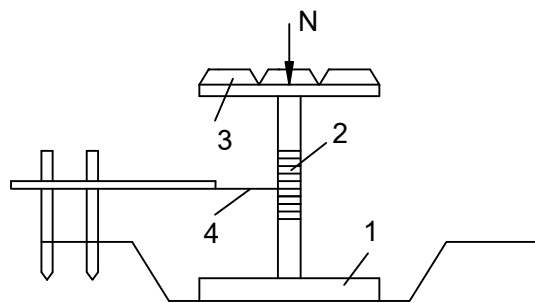
CÁC TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA ĐẤT

Khi xây dựng công trình trên nền đất hoặc các công trình bằng đất như đê, đập, đường sá chúng ta đều cần biết các tính chất cơ học chủ yếu của đất đá, đó là tính chịu nén, tính cố kết và thấm nước, tính chịu cắt, tính chịu đàn nén,

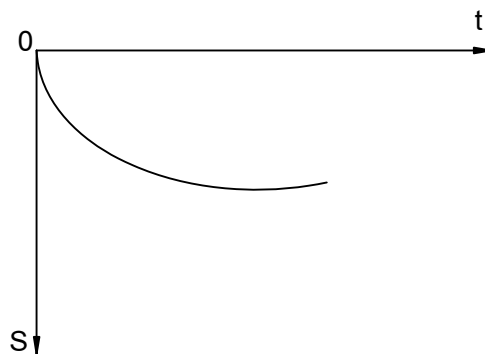
2.1. Tính chất chịu nén của đất:

2.1.1. Thí nghiệm nén đất ở hiện trường:

Để nghiên cứu tính chịu nén của đất nền người ta thường đào một hố đến lớp đất cần đặt móng. Dùng một bản cứng bằng bê tông hoặc gang có diện tích $F = 0.5 \text{ m}^2$ hoặc $F = 1.0 \text{ m}^2$ hình tròn hoặc vuông (1). Đặt bản này xuống đáy hố. Trên mặt bản dựng một trụ đỡ có khắc vạch (2) và bàn gia tải (3) dụng cụ đo lún (4) như hình 2-1.



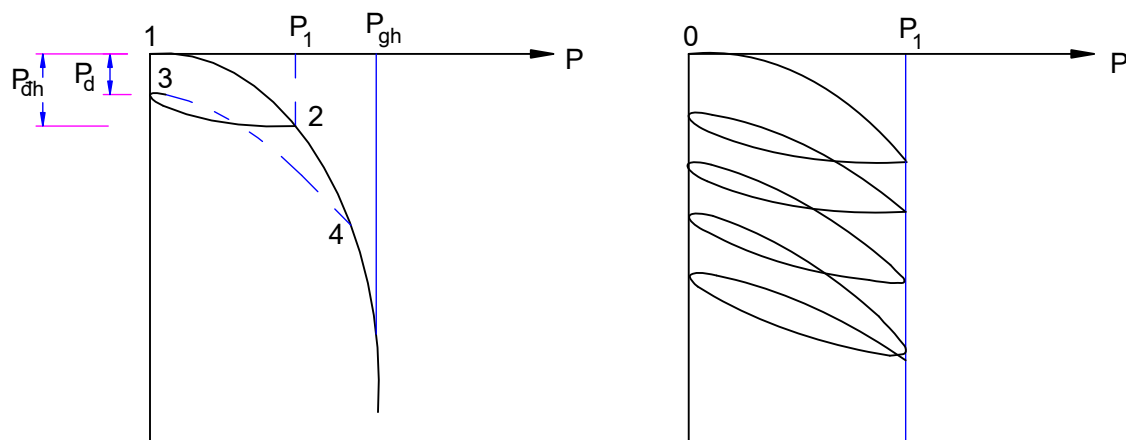
Hình 2.1



Hình 2.2

Người ta đặt một tải trọng N nên bàn gia tải (3) thì áp lực dưới đáy bản (1) là:

$$P = \frac{N}{F} \quad (2.1)$$



Hình 2.4

Nếu chúng ta tăng tải chỉ đến giá trị P_1 rồi lại giảm đến hết, lập chu kỳ nhiều lần ta thấy đường quan hệ “Độ lún - tải trọng” như hình 2.5.

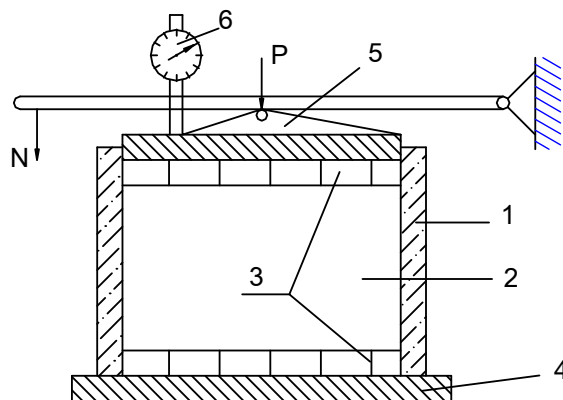
Hình 2.5

Hình 2.5 biểu diễn quan hệ P - S, cho thấy sau mỗi lần tăng tải đến P_1 đất đều có biến dạng đàn hồi và biến dạng dư. Quan hệ P - S trở thành đường thẳng.

2.1.2. Thí nghiệm nén đất trong phòng:

Máy nén đất trong phòng gồm các bộ phận chủ yếu là hộp đựng mẫu (1) bằng đồng, trong đựng mẫu đất (2), mặt trên và dưới mẫu đất đặt hai viên đá thấm nước (3), mẫu đặt lên đế (4) có khe thoát nước, phía trên có bản cứng bằng đồng để truyền tải trọng ép cho mẫu (5) chuyển vị kế (6) như hình 2.6

Tác dụng lực nén lên mẫu theo từng cấp 0,5; 1; 2; 3; 4 (dN/cm^2) ở từng cấp tải trọng đều theo dõi độ lún cho đến khi ngừng qua chuyển vị kế.

**Hình 2.6**

Nếu gọi H: Chiều cao của mẫu đất ban đầu lúc chưa đặt tải

H_1 : Chiều cao của mẫu dưới tải trọng P_1

ΔS_1 : Độ lún lớn nhất dưới tải trọng P_1

h_0 : Chiều cao hạt của mẫu

Ta sẽ tính được giá trị :

$$H_1 = H - \Delta S_1 \quad (2.2)$$

Hệ số rỗng tương ứng:

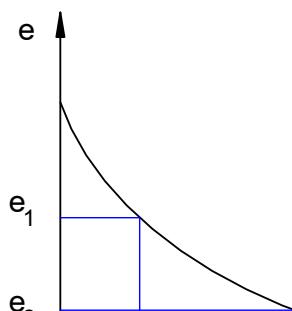
$$e_1 = \frac{H_1 - h_0}{h_0} \quad (2.3)$$

$$\text{với } h_0 = \frac{\gamma_k \cdot V}{\gamma_h} \quad (2.4)$$

Trong đó:

γ_k : trọng lượng riêng khô

γ_h : trọng lượng riêng hạt



V : Thể tích mẫu đất
 Ứng với mỗi cấp tải trọng P_i
 ta xác định được hệ số rỗng e_i và
 vẽ được đường cong quan hệ P_i, e_i
 như hình 2.7.

Hình 2.7

Đường cong trên hình 2.7 gọi là đường cong nén không cho nở hông.

a, Hệ số nén lún:

Trên hình 3-7 : Nếu tải trọng P_2 không lớn hơn P_1 nhiều, đoạn đường cong nén có thể coi là đường thẳng. Ta có giá trị:

$$a = \frac{e_1 - e_2}{P_1 - P_2} \quad (\text{cm}^2/\text{N}) \quad (2.5)$$

a : gọi là hệ số nén lún, biểu diễn sự thay đổi hệ số rỗng khi tăng áp lực P lên một đơn vị

Hệ số nén lún a càng lớn chứng tỏ đất biến dạng càng nhiều khi chịu tác dụng của tải trọng.

Để đánh giá tính nén lún của đất người ta phân loại như bảng 2.1

Bảng 2.1: Đánh giá tính nén lún của đất

Hệ số a (cm^2/dN)	Tính nén lún của đất
$< 0,001$	Không có tính nén lún
$0,001 - 0,005$	Tính nén lún nhỏ
$0,005 - 0,01$	Tính nén lún vừa
$0,01 - 0,1$	Tính nén lún lớn
$> 0,1$	Tính nén lún rất lớn

b, Công thức tính lún:

Khi ép mẫu đất, ta biết ứng với áp lực P_1 mẫu đất có chiều cao h_1 , sau khi tăng áp lực lên P_2 mẫu đất có chiều cao h_2 . Độ lún của mẫu là:

$$S = h_1 - h_2$$

Dưới tác dụng của tải trọng các hạt đất bị ép sát vào nhau, độ rỗng giảm đi, thể tích hạt đất không biến đổi.

Vậy ta có thể viết đẳng thức sau:

$$V_h = \frac{1}{1+e_1} \cdot F \cdot h_1 = \frac{1}{1+e_2} \cdot F \cdot h_2 \quad (2.6)$$

$$\text{hay } h_2 = \frac{1+e_2}{1+e_1} \cdot h_1 \quad (6.7)$$

$$S = h_1 - h_2 = \left(\frac{e_1 - e_2}{1+e_1} \right) \cdot h_1 \quad (2.8)$$

theo công thức (2-5) ta có $(e_1 - e_2) = a (P_2 - P_1)$

$$\text{Vậy } S = \frac{a}{1+e_1} (P_2 - P_1) \cdot h_1 \quad \text{đặt } a_0 = \frac{a}{1+e_1} \text{ và } \Delta P = P_2 - P_1$$

$$\text{Rút ra } S = a_0 \cdot \Delta P \cdot h_1 \quad (2.9)$$

a_0 được gọi là hệ số nén lún tương đối hay là môđun lún

Nếu áp lực ban đầu $P_1 = 0$ thì $h_1 = H$, ta có công thức tính lún:

$$S = a_0 \cdot p \cdot H \quad (2.10)$$

2.2. Tính chất thấm của đất:

Qua thí nghiệm nén đất chúng ta nhận thấy độ lún của đất dưới tác dụng của tải trọng không xảy ra tức thì mà kéo dài theo thời gian. Khoảng thời gian lâu hay chóng tùy thuộc vào từng loại đất. Đối với đất cát cuội sỏi thường độ lún chấm dứt sau một thời gian ngắn do tác dụng của tải trọng làm các hạt sắp xếp lại. Đối với đất dính thời gian lún kéo dài rất lâu, nguyên nhân là do sự sắp xếp lại các hạt đòi hỏi phải phá vỡ các liên kết keo dính giữa chúng, ngoài ra nếu trong lỗ hổng có đầy nước thì nước sẽ bị ép ra ngoài. Nếu các hạt đất càng nhỏ thì quá trình lún càng lâu kết thúc. Hiện tượng lún theo thời gian nói trên gọi là cố kết thấm của đất dính.

2.2.1. Định luật thấm:

Đối với đất có kích thước các hạt cát và bé hơn, thì như các thí nghiệm của Đac xi, Jukovxki, Paplovxki, cho thấy chuyển động của nước tự do trong các lỗ hổng là thuộc loại chảy tầng. Vì thế đối với đất này, để nghiên cứu hiện tượng thấm, có thể áp dụng định luật Đarxi.

$$Q = k \cdot F \cdot J \cdot t \quad (2.11)$$

Trong đó:

Q : lượng nước thấm qua mặt cắt F trong thời gian t

F : diện tích mặt cắt vuông góc với dòng thấm.

t : thời gian thấm

k : hệ số tỷ lệ gọi là hệ số thấm

J : Gradient thủy lực, bằng tỉ số giữa tổn thất cột nước và chiều dài đường thấm

$$J = \frac{dh}{dl}$$

dh: chênh lệch cột nước giữa hai điểm quan sát

dl : khoảng cách giữa hai điểm đo

Như vậy, định luật thấm phát biểu: Lượng nước thấm chảy qua một mặt cắt nhất định và trong một thời gian nhất định tỉ lệ với Gradient thủy lực, thời gian thấm và diện tích mặt cắt ấy.

Nếu ký hiệu lưu tốc thấm, tức là lượng nước thấm trên một đơn vị diện tích và trong một đơn vị thời gian là v :

$$v = \frac{Q}{F.t} \quad \text{thì công thức có dạng : } v = k.J \quad (2.12)$$

Đây chính là biểu thức toán học của định luật thấm cho thấy rằng, khi quá trình nước thấm trong đất diễn ra theo quy luật chảy tầng, thì lưu tốc thấm tỉ lệ thuận với Gradient thủy lực.

Từ công thức (2-12) có thể thấy rằng, hệ số thấm k chính bằng lưu tốc thấm khi Gradient thủy lực $J = 1$. Đơn vị của k là cm/s.

Hệ số thấm k là một đặc trưng quan trọng để đánh giá tính thấm của đất. Mỗi loại đất khác nhau có hệ số k khác nhau như sau:

Đất cát	$k = 1.10^{-1} \div 1.10^{-4} \text{ cm/s}$
Đất cát pha sét	$k = 1.10^{-3} \div 1.10^{-6} \text{ cm/s}$
Đất sét pha cát	$k = 1.10^{-5} \div 1.10^{-8} \text{ cm/s}$
Đất sét	$k = 1.10^{-7} \div 1.10^{-10} \text{ cm/s}$

2.2.2. Các nhân tố ảnh hưởng đến tính thấm của đất:

Đất thấm nhiều hay ít là do ảnh hưởng của nhiều yếu tố, trong đó phải kể đến điều kiện hình thành và tồn tại của đất, kết cấu và kiến trúc của đất, kích thước và hình dáng của hạt, thành phần dung dịch nước lỗ hổng và lượng chứa các khí kín.

Trong quá trình tồn tại, các lớp đất ngày càng bị nén chặt dưới trọng lượng của các lớp tạo thành sau lắng đọng ngày càng dày ở bên trên, do đó lỗ hổng của chúng ngày càng giảm đi và tính thấm của chúng ngày càng bé.

Kích thước và hình dáng các hạt cũng như cấp phối của đất có liên quan đến kích thước và số lượng các lỗ hổng, tức là với lượng nước kết hợp, do đó ảnh hưởng quan trọng đến tính thấm của đất. Đất cát có kích thước lỗ hổng lớn, hơn nữa trong đất cát không có nước kết hợp, nên tính thấm của đất cát lớn, đất sét có kích thước lỗ hổng bé, có nước kết hợp bao bọc, nên tính thấm bé.

Thành phần dung dịch nước lỗ hổng ảnh hưởng đến tính thấm của đất thông qua cơ chế của sự trao đổi ion làm cho chiều dày màng nước kết hợp bao bọc hạt đất tăng hoặc giảm, dẫn tới tính thấm của đất sẽ tăng giảm theo.

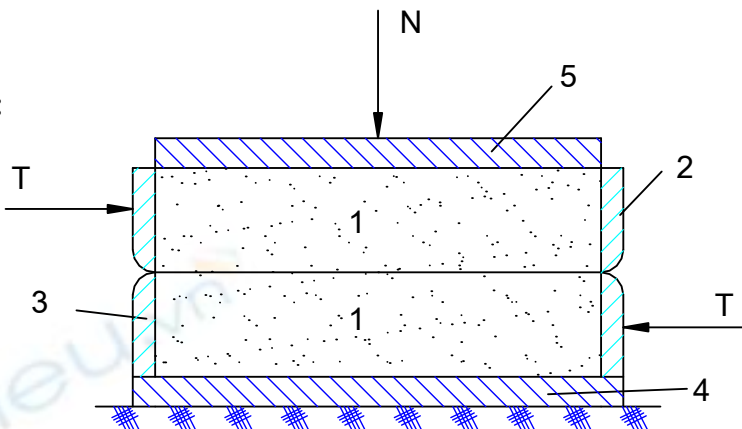
Ảnh hưởng của khí kín đối với tính thấm của đất thể hiện ở chỗ làm tắc đường thấm nước. Khi lượng khí kín trong đất nhiều, thì tính thấm giảm so với khi trong đất không có khí kín.

2.3. Cường độ chống cắt của đất:

2.3.1. Thí nghiệm cắt trực tiếp:

Để xác định cường độ chống cắt của đất, hiện nay người ta hay dùng máy cắt trực tiếp có sơ đồ như hình 2-8

Mẫu đất (1) được đặt trong hộp cứng bằng kim loại gồm phần trên (2) và phần dưới (3), hai phần này có thể trượt lên nhau. Hộp cắt được đặt trên đáy (4). Trên mặt mẫu đất có bản nén (5)



Hình 2.8

Thao tác thí nghiệm như sau:

Đầu tiên người ta tác dụng lên mẫu nén một lực nén N , như vậy áp suất trên mặt mẫu là:

$$p = \frac{N}{F}$$

F : Diện tích tiết diện ngang của mẫu

ứng suất nén theo phương thẳng góc với mặt chịu cắt là : $\sigma = P$

Đội cho mặt nén ngừng lún, người ta tác dụng 2 lực ngang trái chiều T tạo ra ứng suất cắt ở mặt phẳng chịu cắt là:

$$\tau = \frac{T}{F}$$

Lực T được tăng dần cho đến khi hai phần (2) và (3) trượt lên nhau chứng tỏ mẫu đất đã bị cắt. Có nghĩa ứng suất cắt đã bằng cường độ chống cắt của đất $\tau = S$

Người ta thấy rằng khi thay đổi ứng suất nén σ thì cường độ chống cắt S cũng thay đổi.

a, Cường độ chống cắt của đất rời: