MỞ ĐẦU

1. ĐỊNH NGHĨA VÀ ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU:

CƠ HỌC ĐẤT là một ngành của cơ học ứng dụng chuyên nghiên cứu về đất. Hầu hết các công trình xây dựng đều đặt trên đất, nghĩa là dùng đất làm nền cho các công trình, số khác các công trình như nền đường, đê, đập đất thì lại dùng đất làm vật liệu xây dựng. Vì vậy, muốn cho các công trình được tốt, nghĩa là công trình ổn định, bền lâu và tiết kiệm thì nhất thiết phải nắm rõ các tính chất của đất khi dùng nó làm vật liệu xây dựng hay làm nền cho các công trình xây dựng.

Như vậy đối tượng nghiện cứu của cơ học đất là các loại đất thiên nhiên, là sản phẩm của quá trình phong hóa các đá gốc ở lớp trên cùng của vỏ quả đất. Mỗi loại phong hóa có tác dụng phá hủy đá gốc khác nhau và nó tạo ra các loại đất khác nhau. Đặc điểm cơ bản của đất là một vật thể gồm nhiều hạt rắn riêng rẽ không gắn với nhau hoặc gắn kết với nhau bằng các liên kết có sức bền nhỏ hơn nhiều lần so với sức bền của bản thân hạt đất. Do quá trình hình thành đất mà chúng tồn tại độ rỗng trong đất và độ rỗng này lại có khả năng thay đổi dưới ảnh hưởng của tác động bên ngoài. Ngoài ra trên bề mặt hạt đất có năng lượng, chúng gây ra các hiện tượng vật lý và hóa lý phức tạp, dẫn đến làm thay đổi các tính chất vật lý và cơ học của đất. Vì vậy khi nghiên cứu đất phải nghiên cứu đến nguồn gốc hình thành và các điều kiện tự nhiên mà đất tồn tại.

2. ĐẶC ĐIỂM VÀ NỘI DUNG CỦA MÔN HỌC:

Cơ học đất là môn học cần vận dụng các hiểu biết về đất từ các môn khoa học khác có liên quan như địa chất công trình, thổ chất học... Và đồng thời vận dụng các kết quả của các ngành cơ học khác như cơ học các vật thể biến dạng (lý thuyết đàn hồi, lý thuyết dẻo, lý thuyết từ biến). Trên cơ sở của các lý thuyết này, Cơ học đất đã xây dựng được các lý thuyết riêng phù hợp với các quá trình cơ học xảy ra đối với đất. Tuy vậy ngoài các nghiên cứu lý thuyết, các nghiên cứu thực nghiệm, thực nghiệm và các quan trắc thực tế cũng đóng vai trò quyết định trong nghiên cứu sử dụng đất trong xây dựng.

Từ các nghiên cứu lý thuyết và các nghiên cứu thực nghiệm, Cơ học đất tập trung giải quyết các nhiệm vụ và nội dung cơ bản sau:

- Xác lập các quy luật cơ bản về các quá trình cơ học xảy ra đối với đất, đồng thời xác định được các đặc trưng tính toán ứng với các quá trình xảy ra đó.
- Nghiên cứu sự phân bố ứng suất trong đất, quan hệ giữa ứng suất và biến dạng dưới tác dụng của ngoại lực.
- Giải quyết các bài toán về biến dạng, về cường độ, về ổn định các nền đất, về mái dốc cũng như bài toán áp lực đất tác dụng lên tường chắn.

3. SƠ LƯỢC LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CỦA MÔN HỌC

Cơ học đất là môn học được hình thành chậm hơn nhiều so với các môn học ứng dụng khác, nhưng từ lâu loài người đã có những nghiên cứu về đất, tuy nhiên do xã hội lạc hậu nên các kiến thức về đất xây dựng chỉ nằm ở mức độ nhận thức cảm tính, chưa được nâng cao thành nhận thức lý lận. Nhiều nhà khoa học đã có những cống hiến to lớn và đã có công xây dựng nên môn cơ học đất ngày nay. Ở đây chỉ giới thiệu hai nhà bác học đã có công lao lớn đến sự phát triển của cơ học đất.

Công trình khoa học đầu tiên của Cơ học đất là của C.A Coulomb (1736 - 1806) thiếu tá kỹ sư công binh, viện sĩ viện khoa học Pháp, năm 1773 đã đưa ra lý

luận nổi tiếng về cường độ chống cắt của đất và cũng là người đầu tiên xây dựng được phương pháp xác định áp lực đất lên vật chắn. Trải qua hai thế kỷ và cho đến ngày nay, các phương pháp của ông vẫn được sử dụng rộng rãi.

Sự hình thành của cơ học đất như một môn khoa học độc lập với hệ thống hoàn chỉnh và các phương pháp riêng biệt của nó được xem như bắt đầu từ năm 1925, khi K.Terzaghi (1883-1963) cho xuất bản cuốn " Cơ học đất trên cơ sở vật lý của đất".

Năm 1963 Hội nghị khoa học quốc tế về Cơ học đất - Nền móng họp lần thứ nhất và sau đó cứ 4 năm họp một lần. Hội nghị Cơ học đất - Nền móng và các hội thảo khoa học liên quan cũng được tổ chức ở nhiều nước và khu vực.

Đến nay, Cơ học đất đã trở thành một môn khoa học với nhiều nội dung phong phú, gồm nhiều lĩnh vực khác nhau nhằm đáp ứng sự phát triển mạnh mẽ của công nghiệp, xây dựng.

ở Việt Nam , Cơ học đất được bắt đầu nghiên cứu từ năm 1956. Đến nay đội ngũ những người làm công tác nghiên cứu Cơ học đất đã trưởng thành cả về chất lượng và số lượng, đủ sức giải quyết các bài toán đa dạng và phức tạp do thực tế xây dựng các công trình đề ra. Tuy vậy do điều kiện kinh tế và xã hội còn hạn chế nên trang thiết bị chuyên nghành đầu tư chưa đầy đủ và đồng bộ, vì vậy việc phát triển kiến thức và công nghệ về Cơ học đất cần đòi hỏi những nỗ lực lớn hơn.

CHƯƠNG I: BẢN CHẤT VẬT LÝ CỦA ĐẤT VÀ PHÂN LOẠI ĐẤT

§1. SỰ HÌNH THÀNH CỦA ĐẤT

1.1. Quá trình phong hóa:

Sự phá hoại và làm thay đổi thành phần của đá gốc dưới tác dụng vật lý, hóa học của các yếu tố khác nhau gọi là quá trình phong hóa. Do tác dụng của phong hóa nên các khối đá của nham thạch quyển không thể giữ nguyên được trạng thái ban đầu của nó, mà luôn thay đổi, bị vỡ vụn, bị rời ra, bị các dòng nước và gió cuốn đi, hình thành các lớp đất phủ quanh phần lớn mặt ngoài của vỏ quả đất. Do vậy, khi sử dụng đất làm nền công trình, làm môi trường, hoặc vật liệu xây dựng, cần phải xét đến sự biến đổi không ngừng xảy ra ở các lớp đất bên trên của vỏ quả đất.

Dựa vào đặc trưng biến đổi của đá gốc và sự ảnh hưởng của các tác nhân phong hóa, có thể chia ra phong hóa vật lý, phong hóa hóa học và phong hóa sinh học. Trong đó, theo quan điểm về xây dựng, chỉ có phong hóa vật lý và phong hóa hóa học là đáng được quan tâm nghiên cứu.

Phong hoá vật lý: Sinh ra chủ yếu có liên quan với sự thay đổi của nhiệt độ, gây nên nở nhiệt không đều về thể tích, làm cho các đá gốc bị phá hoại và phân vụn ra thành những hạt to nhỏ không đều nhau, nhưng không làm thay đổi về thành phần hóa học của khoáng vật. Do đó sản phẩm của phong hóa vật lý tạo ra các loại đất rời (đá dăm, cuội sỏi, các hạt cát, v.v□) có thành phần khoáng vật tương tự với đá gốc.

Phong hoá hoá học: Sinh ra là do các tác nhân như nước, ôxy, axit cacbonic và các axit khác hòa tan trong nước, làm cho các đá gốc bị phá hoại kèm theo sự thay đổi thành phần khoáng vật mới ổn định hơn, tạo ra các loại đất sét khác nhau có kích thước hạt nhỏ và cực kỳ nhỏ, phần lớn không phân biệt bằng mắt thường được. Các nhóm hạt sét nhỏ này phần lớn chứa nhiều hạt đơn khoáng thuộc ba nhóm khoáng vật - Mônmôrilonit, Ilit và Kaolinit. Tất cả những khoáng chất này đều có cấu tạo tinh thể bản mỏng, nhưng có năng lượng bề mặt khác nhau, Mônmôrilonit hoạt động mạnh hơn cả và Kaolinit là yếu nhất.

Thông thường quá trình phong hóa vật lý và hóa học xảy ra cùng một lúc và hỗ trợ cho nhau. Ở vùng khí hậu khô lạnh thì phong hóa vật lý là chủ yếu, còn vùng khí hậu nóng ẩm, như nước ta chẳng hạn, thì phong hóa hóa học đóng vai trò quan trọng hơn.

Các sản phẩm cuối cùng của sự phong hóa có thể nằm ngay tại chỗ hình thành ban đầu của nó hoặc có thể bị di chuyển đi chỗ khác bởi dòng nước hoặc gió và tạo thành các dạng trầm tích của đất.

1.2. Các dạng trầm tích của đất:

- Trầm tích tàn tích (Eluvian) : Là trầm tích của những sản phẩm phong hóa các lớp đá và nằm ngay tại chỗ hình thành ban đầu của nó. Đặc điểm nổi bật là bao gồm các hạt có dạng góc cạnh nhọn sắc không thể phân loại theo kích thước hạt, về thành phần thạch học nói chung rất giống đá gốc. Ở nước ta, do khí hậu nhiệt đới nên quá trình phong hóa hóa học xảy ra mãnh liệt hơn và biến các loại đá gốc thành các loại đất sét có màu đỏ, nâu, vàng, thường gọi là đất Laterit. Quá trình Laterit hóa này là quá trình hình thành đất chủ yếu ở nước ta.

- Trầm tích sườn tích (Deliuvian) : Chủ yếu được tích lũy lại ở sườn dốc và chân sườn dốc, cũng như các khoảnh thấp sát đường chia nước. Trầm tích này được tạo thành do nước mưa cuốn trôi các sản phẩm rời xốp của phong hóa từ những vùng

cao hơn đưa xuống. Đặc điểm gồm các loại đất rời rạc, các hạt đất nhỏ lẫn với những hạt rất lớn, không ổn định, thường hay bị trượt lở theo mặt lớp đá gốc bên dưới, có bề dày của lớp đất rất không đồng đều.

- Trầm tích bồi tích (Aluvian): Đó là tất cả các sản phẩm được tạo thành bằng mọi cách ở sông, hợp thành các trầm tích các thung lũng cổ, hiện đại và lòng sông. Đặc điểm của loại trầm tích này là có tính phân lớp theo quy luật về thành phần hạt của chúng, từ các lớp bên trên thường là đất loại sét và cát mịn, đến các lớp bên dưới thường được cấu tạo bởi đất cát lẫn ít sỏi và cuội.

- Trầm tích tam giác trâu và hồ sừng trâu: Được hình thành do sông mang vật liệu đến và lắng đọng ở vùng cửa sông và các khúc sông chết. Trầm tích này được đặc trưng bởi sự tồn tại các lớp bùn sét, bùn hữu cơ chưa được nén chặt mấy, cát mịn, cát pha sét ... Các đất thuộc loại này thường có độ dày và diện tích phân bố lớn, tạo thành một khối dẻo có tính nén lớn.

- Trầm tích biển: Là sự tích lũy dưới đáy biển các vật liệu do dòng nước mang đến. Thành phần và tính chất của loại trầm tích biển này phụ thuộc rất nhiều vào sự tồn tại các chất hữu cơ thực vật và động vật sống dưới đáy biển. Trầm tích này chủ yếu là các đất sét và đất bùn phổ biến trên một diện tích rất rộng lớn và được đặc trưng bởi những tính chất rất khác nhau tùy theo tuổi và lịch sử hình thành của chúng.

Với sự mô tả tóm tắt các loại trầm tích ở trên, thì thấy rõ ràng các đất trong thiên nhiên rất khác nhau, và bản chất vật lý của chúng cực kỳ phức tạp. Từ quá trình hình thành của đất đến hoàn cảnh hiện tại của chúng, tất cả những yếu tố đó đã tạo nên những tính chất độc đáo của các đất thiên nhiên.

1.3 Ảnh hưởng của môi trường địa - vật lý đến tính chất của đất.

Với các vấn đề đã trình bày ở trên, có thể thấy rõ rằng môi trường địa - vật lý có ảnh hưởng rất lớn đến sự hình thành của đất, nên khi nghiên cứu đất không thể tách rời những điều kiện lịch sử tự nhiên hình thành và tồn tại của đất được.

Chẳng hạn, tùy theo tuổi và toàn bộ lịch sử trước đây của sự hình thành chúng, các loại đất sét thiên nhiên có những tính chất rất khác nhau. Ví dụ: các đất sét Cambri tuổi khoảng 500 triệu năm thì chắc chắn rằng, trong thời gian dài đó đã chịu tác dụng của những áp lực lớn thay đổi, bị ép mất nước trong từng bộ phận và bị khô đi, v.v... Các đất sét này đã trải qua mọi quá trình hóa học và hóa - lý đã xảy ra, ngay cả những quá trình xảy ra với những tốc độ rất nhỏ hoàn toàn không thể nhận biết được trong một khoảng thời gian tương đối ngắn. Mặt khác, các quá trình dính kết cực kỳ chậm xảy ra trong một thời gian dài cũng có ảnh hưởng đến kết cấu và cơ cấu của đất loại sét đó. Tất cả các quá trình đó đã tạo nên tính chất hoàn toàn đặc biệt của các đất sét Cambri so với các đất sét khác. Theo kết quả nghiên cứu thì các đất sét này có thể coi như vật liệu cứng nhớt đàn hồi, có khả năng chịu tải lớn. Trái với các đất sét Cambri, các loại đất sét (trầm tích biển, hồ, đầm) hiện đại thường còn ít được nén chặt, chúng thường có trạng thái nở nhão và có sức chịu tải không đáng kể.

Đối với các đất cát cũng vậy, chúng phụ thuộc rất lớn vào điều kiện hình thành của chúng, có loại cát ở trạng thái rất chặt, có loại thì lại rời xốp, thậm chí có loại cát ở trạng thái huyền phù dễ sinh hiện tượng cát chảy.

Do đó, khi nghiên cứu các đất thiên nhiên có xét đến tác dụng tương hỗ của chúng với môi trường xung quanh và sự biến đổi liên tục các tính chất của chúng, thì cần phải chú ý nhiều đến lịch sử của chúng, nghĩa là chú ý đến các điều kiện và diễn biến của quá trình hình thành cũng như hoàn cảnh địa - vật lý của sự hình thành đất. Quá trình "hóa đá" có một ý nghĩa quan trọng trong sự hình thành các tính chất mới của đất. Các hiện tượng tái kết hợp (sự nén chặt, sự dính kết) và kiến tạo (chủ yếu là sự trụt xuống của một phần vỏ quả đất) có thể tạo nên những điều kiện có khả năng làm thay đổi thành phần và kết cấu của đất, hơn nữa, cùng với những áp lực và nhiệt độ thích hợp, chúng có thể dẫn tới hiện tượng biến chất, nghĩa là thay đổi hoàn toàn các đá rời bằng cách kết dính lại, kết tinh lại các hạt khoáng vật của chúng đến khi thành các đá khối liền.

Do các tính chất của đất phụ thuộc rất nhiều vào những tác dụng của môi trường xung quanh, nên trong Cơ học đất, khi chọn các sơ đồ tính toán cần phải xét đến hoàn cảnh tự nhiên mà đất tồn tại. Còn việc xác định các đặc trưng tính toán của đất thì cần đảm bảo sao cho các mẫu đất thí nghiệm phản ánh được trạng thái tồn tại tự nhiên của nó. Để đáp ứng được yếu cầu trên, các mẫu đất dùng để thí ngiệm phải cố gắng làm sao đảm bảo cho kết cấu của nó ít bị phá hoại nhất.

§2. CÁC THÀNH PHẦN CẤU TẠO CỦA ĐẤT VÀ TÁC DỤNG LẪN NHAU GIỮA CHÚNG

Như trên đã trình bày, đất thiên niên là một vật thể phân tán bao phủ phần lớn bề mặt của vỏ quả đất. Do đó khi nghiên cứu các đất thiên nhiên cần phải chú ý rằng chúng là một hệ thống phức tạp, có tác dụng tương hỗ lẫn nhau giữa các thành phần rắn (cứng), lỏng và khí.

Trong trạng thái tự nhiên, quan hệ giữa các nhóm hạt riêng rẽ có ý nghĩa cơ bản và đặc biệt là sự có mặt của số lượng các hạt rắn nhỏ và cực kỳ nhỏ trong đất, chúng có diện tích bề mặt riêng lớn nhất và do đó có hoạt tính cao nhất.

Trường hợp tổng quát, đất gồm ba thành phần: Các hạt khoáng chất rắn thường chiếm phần lớn thể tích của đất, thể lỏng chiếm một phần hay toàn bộ khoảng trống giữa các hạt rắn của đất và thành phần khí chiếm phần còn lại trong các lỗ rỗng của đất, gồm chủ yếu là không khí. Các tính chất của những thành phần này, tỷ lệ số lượng giữa chúng trong đất, các tác dụng điện phân tử, hóa - lý, cơ học và các tác dụng tương hỗ khác giữa các thành phần của đất quyết định bản chất của đất.

2.1. Thành phần rắn (cứng) của đất:

Thành phần rắn của đất chủ yếu gồm các hạt khoáng vật nguyên sinh hoặc thứ sinh, thường gọi là hạt đất, có kích thước từ vài xentimet đến vài phần trăm, phần nghìn milimet. Các tính chất của đất phụ thuộc vào thành phần khoáng chất của chúng.

2.1.1. Thành phần khoáng của đất:

Thành phần khoáng chất của đất phụ thuộc chủ yếu vào thành phần khoáng của đá gốc và vào mức độ tác dụng của phong hoá đối với các đá gốc ấy. Tùy theo mức độ tác dụng của phong hóa khác nhau, thành phần khoáng sẽ khác nhau, ngay cả khi do cùng một loại đá gốc sinh ra, do đó nó có ảnh hưởng khác nhau đến tính

chất vật lý và cơ học của đất. Các khoáng vật tạo thành đất trong thiên nhiên có thể phân thành hai nhóm như sau: Khoáng vật nguyên sinh và khoáng vật thứ sinh.

Các khoáng vật nguyên sinh: Thường gặp trong đất thiên nhiên là Fenpat, thạch anh và mica. Các hạt đất có chứa thành phần khoáng này thường có kích thước lớn. Đối với các nhóm hạt lớn thường ít khi khác nhau về tính chất cơ - lý của chúng, ngay cả những loại đất có lịch sử khác nhau, đồng thời thành phần khoáng cũng không có ảnh hưởng nhiều tới tính chất cơ - lý của chúng.

Các khoáng vật thứ sinh: Chia thành hai loại khác nhau tùy theo tính chất hòa tan trong nước. Trong số các khoáng vật thứ sinh không hòa tan trong nước, thường gặp nhiều nhất là Mônmôrilônit, Ilit và Kaolinit, các khoáng vật này còn gọi là khoáng vật sét, vì chúng là thành phần chủ yếu của các hạt sét (nhỏ hơn 0,005mm và loại đặc biệt nhỏ hơn 0,002mm). Các khoáng vật này có cấu tạo kết cấu phân tử dạng tấm rõ rệt, nhưng tính hoạt động keo bề mặt rất khác nhau. Đối với thạch anh, tính hoạt động keo bề mặt gần bằng không, đối với Kaolinit khoảng 0,4, đối với Ilit là 0,9 và Mônmôrilonit từ 1,5 đến 7,2 tùy theo nó chứa ion canxi (Ca^{++}) hay ion Natri (Na^{+}). Từ đó có thể thấy rằng, thành phần khoáng chất của đất chỉ ảnh hưởng chủ yếu đến các hạt đất nhỏ và cực nhỏ, vì rằng các hạt đất càng nhỏ thì tỷ diện tích (m^2/g) của chúng càng lớn, do đó hoạt tính keo của khoáng vật được phát huy đầy đủ nhất, mà như trên đã trình bày, hoạt tính keo của các loại khoáng vật khác nhau thì rất khác nhau, dẫn đến tính chất cơ - lý của đất cũng khác nhau.

Các khoáng vật thứ sinh hòa tan trong nước thường gặp là: Canxit, mica trắng, thạch cao và muối mỏ,v.v...

2.1.2. Thành phần hạt của đất:

Trong tự nhiên đất do các hạt to nhỏ có thành phần khoáng vật khác nhau hợp thành. Kích thước của các hạt thay đổi trong một phạm vi rất rộng lớn, từ hàng chục, hàng trăm xentimet như các hòn đá tảng, cuội, đến vài phần trăm, vài phần nghìn milimet như hạt sét. Hạt đất càng nhỏ thì tỷ diện tích càng lớn, do đó năng lượng mặt ngoài càng lớn và tính chất của đất càng phức tạp. Còn đối với đất hạt to thì lỗ rỗng giữa các hạt lớn, nên tính thấm nước lớn hơn đất hạt nhỏ. Điều đó nói lên rất nhiều tính chất cơ - lý của đất có liên quan đến thành phần hạt của đất. Tuy vậy cũng cần lưu ý rằng chúng ta không thể đánh giá một cách định lượng ảnh hưởng của thành phần hạt đến tính chất của đất được, bởi vì tính chất của đất còn do nhiều yếu tố phức tạp khác quyết định, hơn nữa tùy điều kiện cụ thể ảnh hưởng của chúng cũng rất khác nhau.

Khi nghiên cứu thành phần hạt của đất, trước hết phải tiến hành phân tích hạt đất để phân chia tất cả các loại hạt có kích thước các hạt khác nhau thành từng nhóm. Trong mỗi nhóm kích thước có thể thay đổi trong một phạm vi nhất định nhưng cơ bản chúng có những tính chất cơ - lý gần giống nhau. Mỗi nhóm như vậy gọi là nhóm hạt. Lượng chứa tương đối của các nhóm hạt trong đất (Tính theo phần trăm trong tổng khối lượng đất khô) gọi là thành phần hạt của đất hay còn gọi là thành phần cấp phối của đất.

Hiện nay, tùy theo từng nước và tùy theo mục đích sử dụng mà giới hạn đường kính khi phân chia các nhóm hạt và tỷ lệ giữa các nhóm hạt khi phân loại đất cũng có ít nhiều không hoàn toàn thống nhất. Ở nước ta, việc phân chia các nhóm hạt theo mục đích xây dựng hiện nay thường dùng bảng phân loại (I-1) sau đây:

Bảng (I - 1): Phân nhóm theo đường kính hạt

Nhóm hạt	Phân nhóm	Kích thước hạt (mm)	Tính chất chung
Đá lăn đá hộc	Lớn	>800	Tính thấm lớn, không dính, độ dâng cao của nước mao dẫn rất nhỏ, không giữ được nước
	Vừa	800 - 400	
	Nhỏ	400 - 200	
Đá dăm cuội	Rất lớn	200 - 100	
	Lớn	100 - 60	
	Vừa	60 - 40	
	Nhỏ	40 - 20	
Sạn, sỏi	Thô	20 - 10	
	Vừa	10 - 5	
	Nhỏ	5 - 2	
Hạt cát	Thô	2 - 0,5	Dễ thấm nước, không dính, độ dâng cao của nước mao dẫn không lớn, gặp nước không nở ra, khi khô không co lại, rời rạc, không thể hiện tính dẻo, tính nén lún nhỏ.
	Vừa	0,5 - 0,25	
	Nhỏ	0,25 - 0,05	
Hạt bụi	Thô	0,05 - 0,01	Tính thấm nhỏ, hơi dính khi ướt, nước mao dẫn dâng lên tương đối cao và nhanh, gặp nước nở ra, khô không co nhiều.
	Nhỏ	0,01 - 0,002	
Hạt sét		< 0,002	Hầu như không thấm nước, tác dụng của nước màng mỏng rõ rệt, lúc ẩm có tính dẻo, tính dính lớn, gặp nước nở ra nhiều, khô co lại nhiều, tính nén lún lớn.

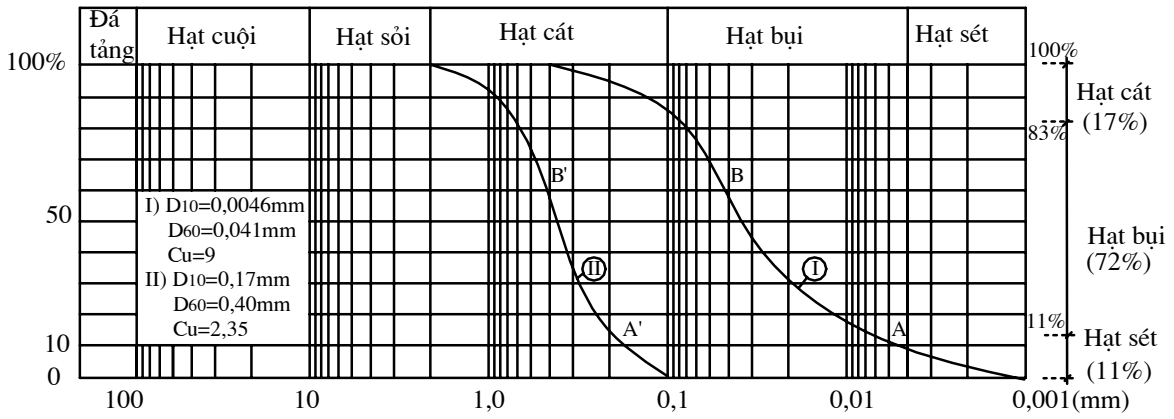
Thí nghiệm để phân chia các nhóm hạt đất gọi là thí nghiệm phân tích hạt, tùy theo kích thước hạt to nhỏ mà kỹ thuật phân tích có khác nhau. Nói chung trong những phương pháp phân tích thành phần hạt, chủ yếu chúng ta mới chỉ dùng hai loại chính như sau:

- Phương pháp dùng rây: Phương pháp này dùng cho các loại đất hạt cát và lớn hơn. Người ta dùng một hệ thống rây có đường kính lỗ to nhỏ khác nhau, để tiện cho việc sử dụng thường người ta dùng loại rây có đường kính lỗ trùng với giới hạn đường kính của các nhóm hạt đã phân chia như trên. Ở nước ta dùng rây nhỏ nhất là 0,1mm, còn ở Bắc Mỹ và một số nước Tây Âu người ta đánh số rây theo số lượng lỗ trên một insơ vuông, rây nhỏ nhất là N°200 tương ứng với kích thước mắt lỗ là 0,074mm. Do nguyên nhân này 0,074 được các nước trên xem là biên tiêu chuẩn giữa vật liệu hạt thô và hạt mịn.

- Phương pháp thuỷ lực: Phương pháp này dựa trên cơ sở định luật Stokes, trong đó tốc độ của các hạt hình cầu lắng chìm trong môi trường lỏng là hàm số của đường kính và trọng lượng riêng của hạt đất. Trong số các phương pháp thí nghiệm dựa trên nguyên lý này, ở nước ta thường dùng nhất là phương pháp tỉ trọng kế, dùng để xác định thành phần hạt của đất hạt bụi và hạt sét. Nói chung phân tích hạt của đất sét là một vấn đề hết sức phức tạp, hiện nay còn nhiều vấn đề chưa được nghiên cứu kỹ càng, chúng ta cần đặc biệt lưu ý tới. Cách tiến hành cụ thể của từng phương pháp có thể xem trong các tài liệu hướng dẫn thí nghiệm đất và các tài liệu

có liên quan. Nếu trong đất đồng thời có cả hai nhóm hạt đã nêu trên thì phải kết hợp cả hai phương pháp thí nghiệm trên để xác định.

Kết quả thí nghiệm phân tích hạt của đất được biểu thị bằng đường cong cấp phối của đất, vẽ trên hệ trục tọa độ bán logarit, trong đó trục hoành biểu thị logarit của đường kính hạt còn trục tung thì biểu thị lượng chứa phần trăm của những hạt có đường kính nhỏ hơn một đường kính đã cho nào đó. Chẳng hạn theo kết quả phân tích, biểu diễn bởi đường cong cấp phối I của đất ở hình (I -1) thì lượng chứa hạt bụi là 72%, lượng chứa hạt cát 17% và lượng chứa hạt sét là 11%.



Hình I - 1:Đường cong tích lũy hạt

Đường cong cấp phối của đất được dùng để xác định tên gọi, đường kính có hiệu và hệ số không đồng đều của đất. Để xác định tên đất, sau khi vẽ được đường cong cấp phối (đường cong tích lũy hạt), cần tìm ra lượng chứa tương đối của các nhóm hạt cát, hạt bụi và hạt sét trong đất. Dựa vào kết quả đó và dùng các bảng phân loại đất (bảng I-5) để xác định tên của loại đất đang xét đồng thời làm cơ sở cho việc đánh giá các tính chất cơ - lý của nó.

Hệ số không đồng đều được ký hiệu là C_u và được xác định theo công thức:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad (I - 1)$$

D_{10} là đường kính mà những hạt bằng nó và nhỏ hơn nó chiếm 10%, còn D_{60} là đường kính mà những hạt có kích thước bằng và nhỏ hơn nó chiếm 60% tổng khối lượng đất khô. Đối với loại đất trên hình (I -1) đường kính này tương ứng với điểm B và D_{60} = 0,041mm. Hệ số không đồng đều của một loại đất càng lớn, thì đất đó được cấu tạo bởi các hạt có kích thước càng không đều nhau, ngược lại khi C_u càng nhỏ thì đất càng đều hạt. Thông thường trong thực tế hệ số không đồng đều chỉ áp dụng cho các loại đất rời. Các loại cát sỏi, cát thô và cát vừa, nếu có hệ số không đồng đều lớn hơn 3 thì được gọi là cát không đều, và được xem là có cấp phối tốt, vì lúc này các lỗ rỗng giữa các hạt lớn được các hạt nhỏ xen kẽ và lấp kín, làm cho độ chặt của đất tăng lên và tính thấm giảm đi, đồng thời đất đó có tính lún nhỏ và khả năng chống cắt lớn khi chịu tác dụng của tải trọng ngoài.

Như phần trên đã trình bày, giữa kích thước các hạt đất và thành phần khoáng của chúng có mối liên quan mật thiết với nhau. Ví dụ : với những hạt có kích thước lớn hơn hạt cát thường có thành phần khoáng giống với đá gốc, các hạt có kích thước của hạt cát thành phần khoáng vật của chúng thường thuộc loại nguyên sinh, trong đó các hạt lớn thường chứa các khoáng vật kém ổn định, dễ bị phá hủy do phong hóa gây nên như Fenfát, Mica đen, v.v... Còn các hạt nhỏ thì phần lớn có

chứa khoáng vật ổn định, khó bị phong hóa như thạch anh. Từ đó có thể thấy rằng, mặc dù cùng thuộc loại hạt cát, nhưng đất gồm các hạt có kích thước lớn nhỏ khác nhau thì dẫn đến những tính chất cơ - lý cũng khác nhau. Đối với các hạt sét thì chủ yếu do khoáng vật thứ sinh tạo nên, trong đó có các hạt kích thước tương đối lớn thường là những hạt khoáng vật loại Kaolinit, còn những hạt có kích thước như hạt keo là những hạt khoáng vật loại Mônmôrilorit, những hạt có kích thước trung bình giữa hai loại trên thì thường là những hạt khoáng vật loại Ilit.

2.1.3. Hình dạng hạt đất:

Hình dạng hạt đất rất khác nhau từ dạng hình cầu đến dạng tấm mỏng và hình kim, do đó mà tính chất của đất sẽ khác nhau khi hình dạng của các hạt khác nhau.

Thông thường các nhóm hạt có kích thước lớn như hạt cát trở lên thì có hình dạng tròn nhẵn hoặc sắc cạnh. Trong trường hợp này hình dạng của hạt đất sẽ có ảnh hưởng nhiều đến tính chất của đất, chẳng hạn trong nhóm các hạt cát gồm những hạt thạch anh có góc cạnh sắc nhọn, nhờ đó chúng có thể xen kẽ vào nhau để xắp xếp được chặt hơn so với nhóm các hạt có cùng kích thước nhưng có dạng tròn nhẵn.

Đối với những nhóm hạt có kích thước nhỏ (như hạt sét hay hạt keo), bằng kính hiển vi điện tử người ta đã xác minh rằng hầu như tất cả chúng đều có hình dạng bản tấm rõ rệt hoặc là trong những trường hợp riêng có dạng hình kim phẳng dài. Trong trường hợp này hình dạng của hạt đất ít làm ảnh hưởng đến tính chất của đất mà tính chất của đất chỉ phụ thuộc chủ yếu vào thành phần khoáng của chúng. Như trên đã trình bày, thành phần khoáng của các hạt đất lại có quan hệ mật thiết với mức độ phân tán của chúng, mức độ phân tán của đất khác nhau dẫn đến chúng có tỷ lệ diện tích khác nhau.

Theo kết quả phân tích các mẫu đất (Bảng I -2) các hạt thuộc nhóm hạt sét có tỷ diện tích rất lớn, do đó năng lượng mặt ngoài của chúng cũng rất lớn và tạo nên cho chúng nhiều tính chất riêng biệt khác.

Bảng I -2 : Tỉ diện tích của các khoáng vật sét

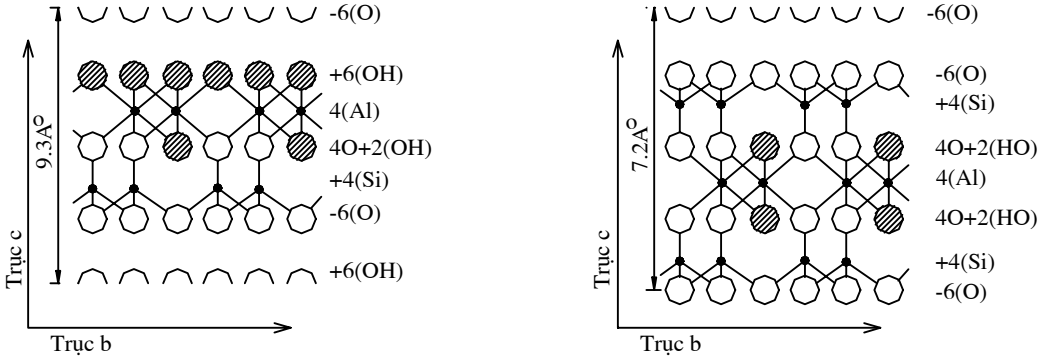
Tên khoáng vật	Tỉ số kích thước các chiều	Kích thước thực tế tính bằng anstron (0,001μ)		Tỉ diện tích tính bằng m^2/g
		Chiều dài và chiều rộng	Chiều dày	
Mônmôrilonit	100 × 100 × 1	1000 - 5000	10 - 5	800
Ilit	20 × 20 × 1	1000 - 5000	50 - 500	80
Kaolinit	10 × 10 × 1	1000 - 20000	100 - 1000	10

Theo bảng (I -2) có thể thấy rằng bề mặt (tỷ diện tích) của những nhóm hạt sét rất nhỏ (như khoáng sét Mônmôrilonit) đạt tới vài trăm mét vuông trong một gam đất. Điều quan trọng cần phải chú ý nữa là các khoáng vật nhóm Mônmôrilonit không những chỉ có tỷ diện tích lớn mà còn có khả năng hấp thụ lớn nhất và tính nở mạnh nhất khi gặp nước. Điều này có thể được giải thích bởi cấu trúc tinh thể của chúng.

Trên hình (I -2) trình bày cấu tạo mạng lưới tinh thể (kết cấu phần tử) của Kaolinit và Mônmôrilonit. Mạng tinh thể đơn vị của Kaolinit có năm lớp điện tử với mạng lưới tinh thể bất động.

Vì giữa hai tinh thể đơn vị tiếp giáp nhau có liên kết chặt [giữa - 6(O) và +6(OH)] nên chúng khó tách rời nhau, làm cho Kaolinit ít nở khi gặp nước. Còn

mạng tinh thể của Mônmôrilonit có bảy lớp điện tử và mạng lưới tinh thể di động được, vì lớp điện tử của hai tinh thể đơn vị gần nhau quay vào nhau là các điện tử của Ôxy có điện cùng dấu [giữa-6(O)và -6(O)] và giữa chúng có lực đẩy, nên chúng dễ bị tách rời nhau, cũng chính vì thế nên nó dễ để cho các phân tử của nước chui vào giữa làm dãn rộng các mạng lưới tinh thể của Mônmôrilonit ra, làm cho hạt khoáng vật này có tính nở lớn khi gặp nước.



a) Kaolinit a) Monmorilonit

Hình I - 2: Cấu tạo mạng tinh thể của Kaolinit và Mônmorilonit

2.2. Thành phần nước trong đất:

Trong các đất thiên nhiên luôn luôn chứa một lượng nước nhất định nào đó. Nước là một thành phần có tác dụng rất chặt chẽ với các hạt đất, nhất là đối với các loại đất hạt nhỏ và có chứa các chất hữu cơ. Do mối liên quan tác dụng tương hỗ đó đã làm ảnh hưởng rất lớn đến tính chất cơ - lý của đất. Tùy theo dạng tồn tại của nước trong đất, nước có tác dụng khác nhau và dẫn đến hình thành các tính chất khác nhau của đất, do đó cần phải phân loại nước trong đất trước khi nghiên cứu ảnh hưởng của nó đến các tính chất của đất.

Tùy theo nhiệm vụ, mục đích cụ thể của từng ngành mà việc nghiên cứu nước trong đất theo từng khía cạnh khác nhau. Theo quan điểm về xây dựng thì chủ yếu nghiên cứu sự ảnh hưởng của nước đối với tính chất xây dựng của đất nền. Dựa vào quan điểm này có thể phân loại nước trong đất theo sơ đồ sau:

Nước trong đất
- Nước trong khoáng vật của hạt đất
- Nước kết hợp mặt ngoài hạt đất
  - Nước hút bám
  - Nước liên kết
    - Nước liên kết mạnh
    - Nước liên kết yếu
- Nước tự do :
  - Nước mao dẫn
  - Nước trọng lực

2.2.1. Nước trong khoáng vật của hạt đất:

Là loại nước tồn tại ở những vị trí nhất định trong mạng tinh thể của khoáng vật dưới dạng ion (H^+ và OH^-) hoặc dưới dạng phân tử (H_2O). Nó chỉ có thể tách ra khỏi khoáng vật ở nhiệt độ cao (400^0 - 500^0), thực ra nó là một bộ phận của khoáng vật loại nước này ít ảnh hưởng đến tính chất cơ - lý của đất, nên theo quan điểm xây dựng thì không có ý nghĩa quan trọng.

2.2.2. Nước kết hợp mặt ngoài hạt đất:

Nước kết hợp mặt ngoài hạt đất là loại nước được giữ lại trên bề mặt hạt đất do tác dụng hóa học, hóa - lý và điện phân tử. Tính chất của loại nước này khác hẳn với nước thông thường, nó không chịu chi phối bởi trọng lực, và cũng không truyền

áp lực thủy tĩnh. Tùy theo mức độ bám chặt của nước vào hạt đất, nước kết hợp mặt ngoài có thể phân ra như sau:

- *Nước hút bám* : Là loại nước bám rất chặt vào ngay mặt ngoài của hạt đất. Nó không có khả năng hòa tan các loại muối, không thể trực tiếp di chuyển từ hạt đất này sang hạt đất khác, tỷ trọng của loại nước này lớn hơn 1 và có giá trị khoảng 1,5. Lượng chứa nước hút bám phụ thuộc vào từng loại đất, với đất cát là 0,5%, với đất sét pha là 5 ÷7% và đối với đất sét là 10 ÷ 20%. Khi đất sét chỉ có nước hút bám thì đất ở trạng thái rắn.

- *Nước liên kết:* Là loại nước bao ở ngoài nước hút bám và có thể phân ra thành hai loại: nước liên kết mạnh và nước liên kết yếu.

Nước liên kết mạnh: Là nước được giữ lại trong đất bởi các lực hút phân tử, nước này ốp chặt vào đất, có khi dùng áp lực hàng chục kG/cm^2 cũng không thể tách nó ra khỏi hạt đất được. Khi thành tạo nước liên kết mạnh thường thoát ra một lượng nhiệt khá lớn, bởi vì khi kết hợp các phần tử nước bị hút chặt vào trên mặt hạt và mất năng lực hoạt động tự do, do đó động năng biến thành nhiệt năng phóng ra ngoài. Nó không chịu tác dụng của trọng lực, chỉ khi nó hấp thụ đầy đủ nhiệt năng thì nó mới thoát khỏi ra khỏi mặt hạt ở trạng thái hơi nước. Vì vậy nước liên kết mạnh có những tính chất khác hẳn nước thông thường, tỷ trọng của nó từ 1,2 đến 1,5. Độ ẩm tương ứng với bề dày lớn nhất của nước hút bám và nước liên kết mạnh gọi là độ ẩm phân tử tối đa. Nước liên kết mạnh có thể chuyển từ hạt đất có bề dày màng nước lớn đến hạt đất có bề dày màng nước nhỏ dưới tác dụng của lực hút phân tử. Khi trong đất tồn tại (có mặt) nước liên kết mạnh thì đất ở trạng thái nửa rắn và chưa thể hiện tính dẻo.

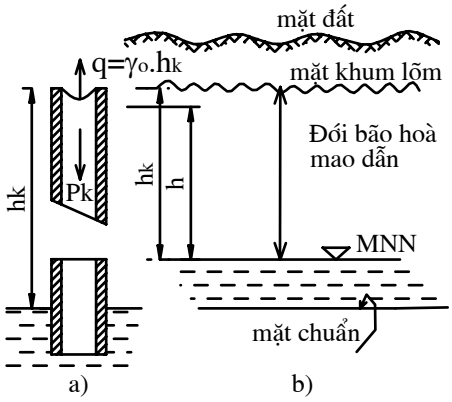
Nước liên kết yếu: Là phần bọc ngoài cùng của nước liên kết, chiếm phần chủ yếu trong màng nước liên kết. Khi thành tạo nước liên kết yếu này không phát nhiệt, điều đó chứng tỏ rằng các phân tử nước trong lớp này không bị mất quá nhiều động năng để biến thành nhiệt năng như lúc thành tạo nước liên kết mạnh. Nhưng lực hút giữa hạt đất và các phân tử nước trong lớp nước liên kết yếu cũng khá lớn, do đó nó cũng có những tính chất khác hẳn nước thông thường. Tỷ trọng lớn hơn 1, càng ra xa lớp nước liên kết mạnh thì các phần tử nước trong lớp nước này sắp xếp càng ít sít chặt hơn. Vì vậy, các phần tử nước trong lớp nước này có thể di chuyển chậm chạp từ hạt này sang hạt kia mà không cần phải qua trạng thái hơi. Nước liên kết yếu không chịu tác dụng của trọng lực, nhiệt độ kết tinh nhỏ hơn 0^0C. Khi đất có chứa loại nước này và nếu kết cấu của đất bị phá hoại thì đất sẽ thể hiện tính dẻo, nhưng nếu ở trạng thái thiên nhiên thì dù đất có chứa nước liên kết yếu, đất sét cũng không xuất hiện tính dẻo, V.A.Priklonxki gọi đó là trạng thái dẻo ngầm.

2.2.3. Nước tự do:

Nước tự do là loại nước ở ngoài phạm vi tác dụng của lực điện phân tử của hạt đất do đó nó có thể chuyển dịch ở trạng thái lỏng dưới tác dụng của ngoại lực như áp lực thủy tĩnh và áp lực mao dẫn và có thể phân thành nước mao dẫn và nước trọng lực.

- *Nước mao dẫn:* Nước mao dẫn là nước chiếm một phần hay toàn bộ lỗ rỗng của đất và có bề mặt giới hạn bởi các mặt khum. Khi đất chưa bão hòa nước, các mặt khum của nước tạo thành ở trong lòng đất, còn khi đất đã bão hòa nước thì các mặt khum tạo thành trên bề mặt mực nước mao dẫn (Hình I-3).

Trong đất đất sét chiều cao mao dẫn có thể đạt tới vài mét (vì kích thước lỗ rỗng nhỏ). Cột nước mao dẫn có thể tạo ra một áp lực phụ cho đất. Còn trong đất cát, do kích thước lỗ rỗng lớn nên chiều cao mao dẫn nhỏ xem như không đáng kể. Tuy nhiên, khi các hạt đủ nhỏ, việc hình thành những mặt khum và do lực căng bề mặt làm cho các đất cát hạt nhỏ dường như có một độ dính nào đó khi ướt.



Hình I-3

- *Nước trọng lực:* Nước trọng lực là loại nước tồn tại trong các lỗ rỗng của đất và có những tính chất thông thường của nước ở trạng thái lỏng nói chung. Nước này vận động dưới tác dụng của trọng lực. Theo quan điểm xây dựng, đối với loại nước này chúng ta cần lưu ý xét đến các vấn đề sau: khả năng hòa tan và phân giải của nước, ảnh hưởng của áp lực thủy tĩnh đối với đất và ảnh hưởng của lực thấm do sự chuyển động của nước trong đất đối với tính ổn định của đất.

2.3. Thành phần khí trong đất:

Nếu các lỗ rỗng trong đất thiên nhiên mà không chứa đầy nước, thì khí (thường là không khí) sẽ chiếm chỗ trong các lỗ rỗng ấy. Căn cứ vào sự ảnh hưởng của khí đối với tính chất cơ - lý của đất, thì có hai dạng khí cơ bản trong đất cần phải xét đến là khí tự do và khí hòa tan trong nước. Các khí tự do lại chia ra làm khí thông thương với khí trời và khí không thông thương với khí trời - gọi là khí kín.

Thành phần của các khí ở trong đất có thể khác biệt rất nhiều so với khí trời, chẳng hạn như trong đó các khí sinh ra trong quá trình sinh hóa (mêtan và những khí khác) có thể đóng vai trò quan trọng, cũng như trong đó có chứa nhiều ôxitcacbon có lẫn Sunfua và các khí khác mà các khí này không đáng kể trong không khí.

Các khí thông thương với khí trời có nhiệt độ và áp suất gần giống nhiệt độ và áp suất của không khí ở điểm đang xét. Khi có tác dụng của tải trọng ngoài lên đất thì các khí này dễ dàng thoát ra khỏi đất.

Các khí kín (Khí không thông với khí trời) thường gặp trong các đất dính, chủ yếu là trong đất sét. Sự xuất hiện của các khí kín ở trong đất sét có liên quan tới kích thước to nhỏ khác nhau của các đường lỗ rỗng chằng chịt phức tạp trong đất. Loại khí kín này tồn tại trong các đường lỗ rỗng của đất, ở trong tình trạng bị cách ly không có khả năng vận động, thường thấy khi có các màng nước, cũng như nước mao dẫn và nước tự do bất động choán một phần lỗ rỗng.

Sự tồn tại khí kín trong đất dính có ảnh hưởng lớn tới tính chất cơ học của đất, các bọc khí này sẽ làm giảm tính thấm của đất, làm tăng tính đàn hồi và có ảnh hưởng tới quá trình nén lún của đất dưới tác dụng của tải trọng ngoài.

Khí hòa tan trong nước, tùy theo thành phần hóa học có thể ảnh hưởng khác nhau tới thành phần khoáng vật của đất. Một số khí tạo ra quá trình ôxy hóa, một số khác lại tạo ra quá trình cacbonat hóa đất, v.v... Khi nhiệt độ tăng lên và áp lực giảm đi, khí hòa tan trong nước ở các lỗ rỗng tách ra và trở thành khí tự do, lúc đó xảy ra sự phá hoại kết cấu của đất. Điều này cần được xét tới khi đào hố móng, và khi lấy mẫu ở các lỗ khoan lên để phân tích các tính chất cơ học của đất trong phòng thí nghiệm.

2.4. Các tác dụng qua lại giữa các thành phần trong đất:

2.4.1. Lực điện phân tử và vỏ hydrat của đất:

Như đã trình bày ở phần trước, hạt đất có kích thước càng nhỏ thì tỷ diện tích của nó càng lớn và tới một mức độ phân tán nhất định nào đó của các hạt đất, thì các lực điện phân tử (hoạt năng) trên bề mặt chúng sẽ thể hiện một cách mạnh mẽ, các lực này sẽ quyết định bản chất tác dụng giữa các hạt khoáng vật với nhau, cũng như giữa chúng với môi trường nước. Nguyên nhân của sự hình thành các lực điện phân tử này có thể giải thích như sau:

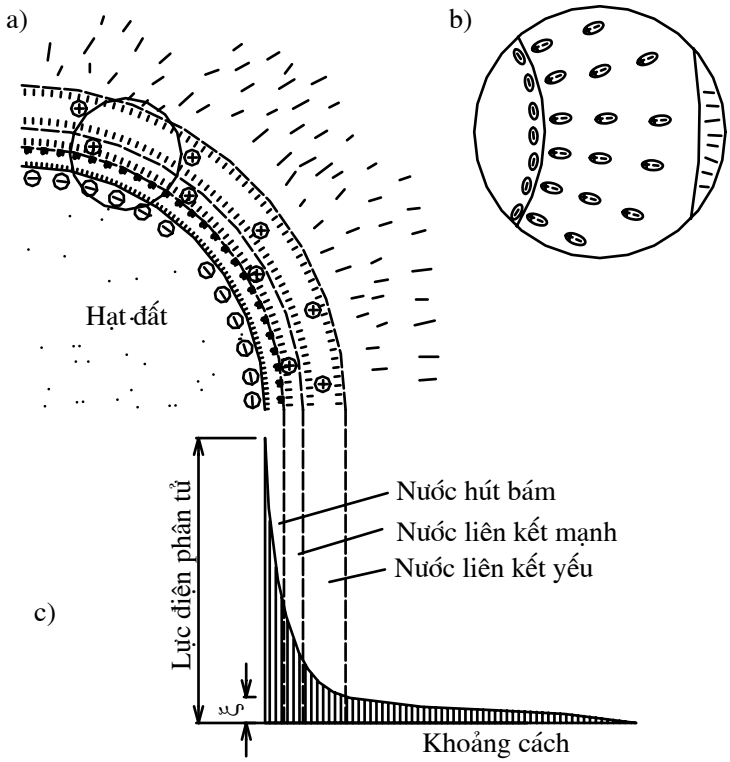
Mạng tinh thể của các khoáng vật sét được cấu tạo bởi các nguyên tử các nguyên tố hóa học, bố trí theo một quy luật nhất định như hình (I -2). Phần lớn nguyên tử ở bên trong mạng lưới tinh thể các hạt khoáng chất trung hòa, nghĩa là điện dương của hạt nhân trong chúng cân bằng với điện âm của các điện tử. Khi một nguyên tử trung hòa mất hay nhận thêm một hoặc một số điện tử, thì nó trở thành một ion mang điện dương (cation) hay điện âm (anion). Nếu ở bên trong các hạt khoáng vật các ion có điện tích khác dấu cân bằng, thì ngược lại các điện tích tự do không được cân bằng bởi điện tích của các ion khác. Vì vậy mà hạt khoáng vật trở nên như những vật mang điện. Theo tài liệu thí nghiệm cho thấy rằng đối với các hạt sét, điện tích trên mặt ngoài của chúng thường là có dấu âm (rất ít khi mang dấu dương). Chính do trên bề mặt của hạt khoáng vật mang điện tích tự do như vậy, nên khi các hạt sét ở trong môi trường nước luôn luôn có xảy ra các tác dụng tương hỗ vật lý và hóa học nhất định và tạo thành hoạt tính hoạt động bề mặt của chúng. Cường độ điện tích bề mặt của các hạt chủ yếu phụ thuộc vào thành phần khoáng và mức độ phân tán của hạt. Nếu có các hạt khoáng của một chất bất kỳ nhỏ, đến mức độ tính hoạt động của nó có ảnh hưởng căn bản đến các tính chất cơ - lý của chúng, thì người ta nói rằng chất đó ở trạng thái keo, và hoạt tính bề mặt gọi là hoạt tính keo. Kích thước các hạt keo đất thay đổi trong khoảng từ 1 ÷ 0,1micron, khả năng của các hạt chuyển động Brao (do các sức đẩy phân tử tạo ra) và khả năng đông tụ trong nước khi có chất điện giải là những tính chất keo điển hình.

Hoạt tính bề mặt của các hạt khoáng chất thể hiện rất rõ qua các tác dụng tương hỗ của chúng đối với các phân tử nước. Như đã biết, nước gồm những phân tử lưỡng cực, một bên là ion hyđrô (H^+) mang điện dương và một bên là ion (OH^-) mang điện âm. Vì thế khi nằm trong điện trường do các hạt khoáng vật sét tạo ra, thì các phân tử nước lưỡng cực đều bị hút về phía hạt sét và được sắp xếp có định hướng trong điện trường, hình thành màng nước kết hợp mặt ngoài hạt đất như trên đã trình bày.

Lực hút điện phân tử của các hạt khoáng chỉ có tác dụng mạnh trong một phạm vi nhất định gần mặt hạt đất. Trị số của các lực này xác định theo cấu tạo phân tử của hạt, ở gần bề mặt của hạt khoáng vật thì nó rất lớn, nhưng xa dần mặt hạt đất nó giảm rất nhanh cho đến bằng không. Phạm vi tác dụng của các lực điện phân tử cũng phụ thuộc vào thành phần nước trong đất và theo tài liệu của Gôtbe các lực điện phân tử có tác dụng trong khoảng từ vài lớp đến vài chục lớp phân tử nước, chiều dày chung của lớp này theo Đêriaghin là nhỏ hơn 0,1μ.

Các phân tử nước được hấp thụ vào bề mặt các hạt khoáng vật, đến lượt nó lại hút các lớp khác tạo thành lớp vỏ hyđrat bao quanh các hạt khoáng vật và có ảnh hưởng lớn đến các tính chất cơ - lý của đất.

Trên hình (I-4) có trình bày sơ đồ tác dụng tương hỗ của các lực điện phân tử trên biên phân cách hạt rắn với nước, cũng như sơ đồ của sự liên kết (định hướng) của các phân tử nước trong điện trường của hạt đất.



Hình I-4:
a)Sơ đồ bố trí các phân tử nước trong điện trường của hạt đất
b) Sơ đồ bố trí các phân tử nước xung quanh hạt đất
c) Quan hệ giữa lực hút điện phân tử và khoảng cách kể từ mặt khoáng vật

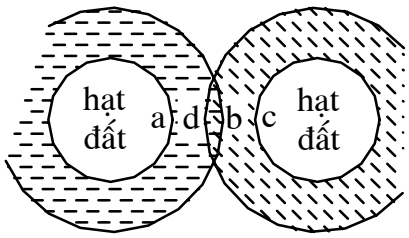
Những lớp phân tử tiếp xúc trực tiếp với bề mặt các hạt khoáng vật chịu những lực kéo mạnh nhất, cho nên nồng độ các phân tử nước và ion là lớn nhất và chúng rất khó di động. Ra xa dần, các lực điện phân từ giảm nhanh nên nồng độ và ion giảm xuống và chúng càng có tính di động lớn. Cho đến một khoảng cách nào đó thì các phân tử nước cũng sẽ không định hướng và ở trạng thái tự do đối với các lực bề mặt. Trên hình (I -4) có trình bày sơ lược biểu đồ biến đổi của các lực điện phân tử tùy theo khoảng cách đến bề mặt hạt đất. từ sơ đồ này có thể nhận xét rằng, trị số của lực điện phân tử giảm nhanh theo độ tăng của khoảng cách, chừng mười micron các lực này có trị số không đáng kể, không vượt quá trọng lực của các hạt phân bố. Từ đó có thể thấy rằng trạng thái của nước trong đất có quan hệ chặt chẽ với lực hút điện phân tử của hạt đất và đó cũng chính là cơ sở để phân loại nước trong đất đã được trình bày ở phần trên.

Độ dày của nước kết hợp mặt ngoài (nước màng mỏng) có ảnh hưởng rất lớn đến tính chất của đất sét. Vì vậy, nắm được các nhân tố ảnh hưởng đến độ dày của lớp nước này tức là nắm được quy luật biến đổi tính chất cơ - lý của đất, đây là một vấn đề quan trọng có ý nghĩa thực tế lớn. Chúng ta đã biết rằng, bất cứ một hạt sét nào khi tác dụng với nước đều sinh ra tầng điện kép (hay gọi là lớp lưỡng điện), tuy cách thành tạo tầng điện kép có khác nhau tùy từng loại khoáng vật và môi trường nước xung quanh. Điện thế nhiệt động và điện thế điện động cũng thay đổi tùy theo thành phần khoáng vật, thành phần và nồng độ ion cũng như độ pH của môi trường. Vì vậy đó cũng là những nguyên nhân chủ yếu ảnh hưởng đến độ dày của lớp nước màng mỏng. Chẳng hạn khi các cation nằm trong phạm vi lớp nước màng mỏng, cùng với bề mặt hạt đất mang điện tích âm tạo thành tầng điện kép. Điện thế lớn nhất (Nhiệt động lực ξ) là ở các Cation cố định của hạt khoáng, sự hạ thấp (giảm dần) điện thế theo chiều này lớp nước màng mỏng đến mức điện thế ở dung dịch

nước tự do thì tương ứng với thế điện động (gọi là thế năng điện động ξ). Có thể thấy rằng thế năng điện động ξ càng lớn thì bề dày lớp nước màng mỏng cũng càng lớn. mặt khác, vì chịu sức hút của lực điện phân tử, nên lớp nước màng mỏng có tính nhớt lớn hơn nước thông thường.

Khi khoảng cách $\overline{ac}$ của hai hạt đất (hình I -5) nhỏ hơn tổng số bán kính ảnh hưởng của lực hút điện phân tử $\overline{ad}\,\&\,\overline{cd}$ thì nước trong phạm vi edfb đồng thời phải chịu ảnh hưởng lực hút điện phân tử của cả hai hạt, do đó tính nhớt của nó tương đối lớn.

Khoảng cách giữa hai hạt càng nhỏ thì rõ ràng tính nhớt của nước màng mỏng giữa hai hạt càng lớn và các hạt càng khó bị xê dịch. Ngược lại, bề dày nước màng mỏng càng lớn, thì khoảng cách giữa các hạt càng lớn, thì tính nhớt của nước màng mỏng giữa hai hạt càng nhỏ, và các hạt càng dễ dàng bị xê dịch lẫn nhau. Lý luận nước màng mỏng này hiện nay được dùng khá rộng rãi để giải thích một số tính chất đặc biệt của đất dính như độ đặc, tính dính, tính co, tính đầm chặt .v.v...



Hình I-5

Bề dày nước màng mỏng còn phụ thuộc vào nồng độ ion trong dung dịch (môi trường xung quanh) và vào tính ưa nước của hạt khoáng. Nồng độ ion trong dung dịch lớn thì điện thế điện động giảm xuống, do đó bề dày của nước màng mỏng cũng giảm và ngược lại. Đối với tính ưa nước của hạt khoáng, thì như thực tế đã cho thấy ảnh hưởng của yếu tố này thể hiện rõ rệt ở các đất sét thuộc loại Mônmrilonit có khả năng hút nước lớn còn ở các đất sét thuộc loại Kaolinit ít hút nước thì nó thể hiện không rõ rệt.

Do nước màng mỏng chịu ảnh hưởng của lực hút điện phân tử, nên không thể dùng phương pháp thoát nước thông thường (trọng lực) để rút nước đó ra được. Nhưng nếu có tác dụng của điện trường, chẳng hạn như khi cắm các cực điện dương và âm vào trong đất sét và cho dòng điện chạy qua, thì lúc đó sẽ xuất hiện hiện tượng "vẫn điện" và "thấm điện" làm cho các hạt đất cùng với lớp nước hút bám xung quanh mang điện tích âm chuyển dịch về phía cực dương của điện trường "vẫn điện" còn nước màng gồm những cation thì chuyển về cực âm "thấm điện". Nếu tại cực âm bố trí thiết bị hút nước thì có thể rút nước đó đi được. Nguyên lý "thấm điện", thoát nước này trong thực tế thường được dùng để rút nước lỗ rỗng, và do đó làm tăng cường độ chịu lực của các tầng đất khó thấm như các tầng đất sét yếu.

2.4.2. Sự trao đổi ion trong đất:

Để thấy rõ được tác dụng của sự trao đổi ion trong đất, cần phải xét đến khả năng hấp thụ của đất đối với các chất cứng, lỏng và khí khác nhau, các ion, phân tử và các hạt keo từ môi trường xung quanh. Sự hấp thụ trong đất, đặc biệt là trong đất sét, có bản chất phức tạp và thường gồm một số quá trình diễn biến đồng thời. K.K.Geđroytx (1933) đề nghị phân biệt năm dạng hấp thụ: cơ học, vật lý, hóa - lý, hóa học và sinh học. Nhưng dạng hấp thụ quan trọng hơn cả là hấp thụ hóa - lý hoặc còn gọi là khả năng trao đổi ion. Chính khả năng này đã làm ảnh hưởng nhiều đến tính chất của đất.

Nước chứa trong các lỗ rỗng của đất ít nhiều đều có hòa tan các loại muối khác nhau, nên khi tiếp xúc với các hạt khoáng vật sẽ xảy ra hiện tượng: Các cation

bị hấp thụ ra khỏi dung dịch tham gia hóa hợp với thành phần khoáng của đất, thay vào chỗ chúng có một số lượng tương đương các cation khác từ lớp khuyếch tán của thành phần khoáng vật chuyển sang dung dịch. Giữa các cation của lớp khuyếch tán thuộc thành phần khoáng vật của đất và các cation của dung dịch bao giờ cũng có sự *Hấp thụ trao đổi chất.* Khi trao đổi ion, thì trên bề mặt hạt khoáng vật của đất có nhiều biến đổi mạnh mẽ và dẫn đến ảnh hưởng các tính chất của đất như là tính thấm, tính dẻo, lực mao dẫn, v.v...

Trong điều kiện tự nhiên, ở trạng thái trao đổi ion trong đất sét gặp chủ yếu là các Cation: H^+, K^+, Na^+, Ca^{++}, Mg^{++}, ít hơn là Fe^{3+}, Al^{3+} ít hơn nữa là một số anion của các axít fôtphoric, Silicic, cacbonic và các axit khác. Trong đó riêng hai cation Ca^{++} và Na^+ thường có chứa trong các đất dính nhiều hơn cả.

Các nhân tố ảnh hưởng đến khả năng trao đổi ion của đất bao gồm thành phần khoáng, mức độ phân tán, đặc điểm kiến trúc của hạt đất, nồng độ của chất điện giải trong dung dịch, trị số pH của dung dịch và tính chất của ion trao đổi.

Khả năng trao đổi của các khoáng vật thứ sinh mạnh hơn ở các khoáng vật nguyên sinh, đồng thời trong các khoáng vật thứ sinh, riêng loại các mạng tinh thể kém vững chắc như Mônmôrilonit lại có khả năng trao đổi mạnh so với loại có mạng tinh thể bất động như Kaolinit. Trong cùng một loại khoáng vật thì mức độ phân tán càng lớn thì khả năng trao đổi càng mạnh, vì lúc đó năng lượng mặt ngoài lớn. Nếu đất đã bị phá hoại kết cấu thiên nhiên thì khả năng trao đổi càng mạnh, lúc này các liên kết giữa các hạt bị phá hỏng.

Về phía dung dịch trong đất mà xét, thì khi trị số pH giảm nhỏ, nồng độ cation H^+ sẽ tăng lên làm cho các cation khác khó xâm nhập vào trong màng nước, do đó khả năng trao đổi của đất đối với các cation này sẽ bị giảm đi.

Thực nghiệm còn cho biết rằng, nồng độ chất điện giải trong dung dịch tăng lên thì khả năng trao đổi ion cũng tăng. Ngoài ra, trừ cation H^+, còn đối với các cation khác, khi hóa trị càng lớn thì khả năng trao đổi ion cũng sẽ mạnh lên, đồng thời trong các cation cùng hóa trị thì khả năng trao đổi tăng lên cùng với sự tăng của bán kính ion. Vì vậy có thể sắp xếp các cation theo trình tự từ trao đổi mạnh đến trao đổi yếu như sau: $Al^{+++} > H^+ > Ca^{++} > Mg^{++} > K^+ > Na^+$.

Sự trao đổi ion trong đất có ảnh hưởng rất lớn đến các tính chất cơ - lý của loại đất sét. Biết được sức chứa hấp thụ của đất và thành phần ion bị hấp thụ, có thể phán đoán gần đúng về tính chất của đất và những biến đổi có thể của chúng khi thay đổi điều kiện hóa - lý. Tuy vậy hiện nay chỉ mới đặc trưng được ảnh hưởng này một cách định tính, vẫn còn chưa thiết lập được quan hệ định lượng giữa tính chất của đất với thành phần cation bị hấp thụ. Chẳng hạn, sét Mônmôrilôni chứa Natri dưới dạng cation trao đổi (bị hấp thụ) có thể hấp thụ nước hai ba lần lớn hơn so với sét như vậy chứa Canxi. Sét Mônmôrilônit Natri có tính trương nở, tính nén lún, độ dẻo lớn hơn nhiều, độ bền bé hơn nhiều, độ thấm nước bé hơn so với sét Mônmôrilônit Canxi. Ngoài ra dựa vào sự trao đổi ion trong đất, người ta có thể cải tạo được một số tính chất của đất nền nhằm phục vụ cho việc xây dựng các công trình được an toàn và rẻ tiền. Ví dụ, nếu đất sét hấp thụ nhiều ion Na^+ và Ca^{++}, thì tính hút nước, tính dẻo, và tính nén lún của nó khá lớn. Để giảm các tính chất ấy người ta cho một dòng điện một chiều chạy qua đất mà cực dương của nó cấu tạo bằng Al. Bởi vì cation Al^{+++} sẽ đẩy các cation Ca^{++} và Na^{++} ra ngoài và hấp thụ vào đất, làm cho đất có tính hút nước và tính nén lún giảm đi rất nhiều.

§3. CƠ CẤU VÀ KẾT CẤU CỦA ĐẤT:

Thành phần rắn (cứng) của đất là một tập hợp gồm các hạt to nhỏ khác nhau, các tính chất của đất không những phụ thuộc vào thành phần của đất mà còn phụ thuộc vào hình thức tồn tại của đất như cách sắp xếp các hạt, mối liên kết giữa các hạt, v.v.... Cũng như giữa các tập hợp tạo thành đất, tức là phụ thuộc vào cơ cấu và kết cấu của đất.

3.1. Kết cấu của đất:

Kết cấu của đất là sự sắp xếp có tính quy luật của các hạt hoặc các đám hạt đất có độ lớn và hình dạng khác nhau trong quá trình trầm tích. Kết cấu của các đất thiên nhiên là yếu tố quan trọng nhất, xác định các tính chất cơ - lý của đất như là nền và môi trường để xây dựng công trình, vì nó xác định độ bền và tính biến dạng của đất dưới tác dụng của các lực ngoài.

Các lực điện phân tử tác dụng giữa các giữa các hạt khoáng vật, các lực tác dụng giữa hạt và nước cũng như tỷ số của chúng với trọng lượng hạt có ý nghĩa quan trọng khi tạo thành kết cấu của đất thiên nhiên. Các tính chất của môi trường lắng đọng có ảnh hưởng cơ bản đến kết cấu tạo thành của các khoáng chất chìm lắng và rõ ràng lúc này, kích thước cũng như hình dạng và thành phần khoáng vật của các hạt đất chìm lắng đều có ý nghĩa quan trọng.

Dựa trên cơ sở thành tạo và sự ảnh hưởng của nó đến tính chất của đất thiên nhiên, người ta thường phân tích kết cấu của đất ra làm ba loại cơ bản, bao gồm kết cấu hạt đơn, kết cấu tổ ong và kết cấu bông.

3.1.1. Kết cấu hạt đơn:

Hình thành do sự chìm lắng tự do của các hạt tương đối thô (lớn hơn 0,05mm) trong môi trường nước. Trong trường hợp này, trọng lượng của hạt lớn hơn lực hút giữa chúng nên chúng được sắp xếp theo cách hạt nọ dựa vào hạt kia (hình I -6). Với loại kết cấu hạt đơn này thường thấy trong các loại đất cát tương đối thô, đất cát, sỏi cuội.

Đối với các đất cát, thì trong loại kết cấu đơn này có thể phân biệt thành hai loại hạt khác nhau là kết cấu rời xốp và kết cấu chặt. ở các đất cát có kết cấu rời xốp thì các hạt ở trạng thái không ổn định, đồng thời giữa các hạt có khi có các lỗ rỗng tương đối lớn, vượt quá kích thước của chúng. Ở các đất cát có kết cấu chặt thì tình hình xảy ra ngược lại. Như trên ta đã biết kết cấu của đất có quan hệ mật thiết với điều kiện trầm tích và độ lớn của cỡ hạt, do đó mà trong thiên nhiên ít gặp loại kết cấu chặt ở các hạt nhỏ, mà gặp nhiều ở các loại hạt to.

3.1.2. Kết cấu tổ ong:

Hình thành do sự lắng chìm tự do của các hạt tương đối nhỏ trong nước do trọng lượng các hạt không thắng nổi lực hút phân tử giữa chúng nên chúng không thể tiếp tục chìm xuống mà lắng đọng lại ở ngay chỗ đầu tiên chúng chạm đến lớp trầm tích, do đó tạo thành kết cấu tổ ong. Với dạng kết cấu này, các hạt đất ở trạng thái không ổn định. (Hình I-6b)

3.1.2. Kết cấu bông:

Nếu các hạt khoáng vật lắng chìm trong nước có kích thước của hạt keo thì chúng sẽ phát sinh chuyển động Brao và chúng sẽ ở trạng thái huyền phù một thời gian lâu. Nếu thêm vào hỗn hợp một chất điện giải (Ca_2Cl, hoặc là chất khác) thì lực

đẩy giữa các hạt giảm đi và các hạt có khả năng xích gần lại, rồi liên kết với nhau thành các đám hạt để hình thành kết cấu bông như hình (I - 6c). Loại kết cấu này rất không ổn định và thường gặp trong trầm tích biển.

Đất trong thiên nhiên do các hạt lớn nhỏ khác nhau tạo thành, vì vậy kết cấu của đất không đơn giản như các kết cấu cơ bản nói trên. Thông thường trong cùng một loại đất có thể gặp cả hai hoặc ba loại kết cấu đó.

Trong quá trình tạo thành và tồn tại kết cấu, trong đất và nhất là trong các đất sét hình thành ra các liên kết nội tại, gắn liền các hạt hoặc các đám hạt khác nhau gọi là *liên kết kết cấu*

Sự có mặt của các liên kết kết cấu trong đất, độ cứng của chúng, sức bền và tính đàn hồi của chúng là những yếu tố quan trọng xác định phẩm chất của đất và nền đất dưới các công trình.

Các liên kết kết cấu hoặc là xuất hiện khi các hạt chìm lắng trong nước hoặc là hình thành trong quá trình tồn tại. Dựa theo thời gian xuất hiện mà các liên kết kết cấu phân biệt ra là liên kết nguyên sinh (sơ cấp) và liên kết thứ sinh (thứ cấp).

Liên kết nguyên sinh tạo ra bởi các lực phân tử tác dụng tương hỗ giữa các hạt khoáng vật cũng như giữa các hạt khoáng vật với nước. Đặc điểm của liên kết này thường là có tính đàn hồi và tính dẻo nhớt.

Liên kết thứ sinh xuất hiện do kết quả của sự già đi của các hạt keo, sự kết dính lại của chúng và do những quá trình kết dính của các muối hòa tan trong nước. Đôi khi các liên kết thứ sinh gọi là các liên kết gia cường (Theo N.Ia.Đênhixốp). Các liên kết cứng của đất đều thuộc liên kết này. Đặc điểm của chúng là có tính cứng chỉ bị phá hoại khi các hạt có một chuyển vị tương đối với độ lớn nhất định. Khác với các liên kết nguyên sinh, các liên kết thứ sinh bị phá hoại theo dạng gãy dòn và một khi đã bị phá hoại thì không thể phục hồi lại được.

Chúng ta cần lưu ý rằng, dù thuộc loại liên kết nguyên sinh hay thứ sinh, các liên kết trong đất đều có cường độ kém xa cường độ của bản thân hạt đất. Chính điều này cùng với đặc điểm của đất là một môi trường rời, làm cho đất khác hẳn các loại vật liệu liên tục về mặt tính chất cơ - lý của chúng.

Như trên đã trình bày, kết cấu của đất ảnh hưởng rất lớn đến tính chất cơ - lý của đất, cho nên để đảm bảo có những số liệu phản ảnh đúng tình hình tự nhiên của đất, các thí nghiệm đất phải được tiến hành với các mẫu đất không bị phá hoại kết cấu tự nhiên. Tuy nhiên, vì hạn chế về mặt kỹ thuật lấy mẫu cũng như do tính chất của công việc thí nghiệm, nên các mẫu thí nghiệm ở trong phòng hầu như đều bị phá hoại kết cấu ít hay nhiều, do đó kết quả nghiên cứu các tính chất của đất ở trong phòng thí nghiệm có hạn chế về mức độ chính xác. Chính vì vậy, nên hiện nay người ta đang đặt ra phương hướng cần áp dụng nhiều các phương pháp thí nghiệm trực tiếp ở ngoài hiện trường thì mới mang lại kết quả chính xác, phản ánh đúng thực tế điều kiện làm việc của đất thiên nhiên.

3.2. Cơ cấu của đất:

Cơ cấu của đất là tập hợp tất cả những đặc điểm đặc trưng cho tính không đồng bộ nhất trong sự phân bố các yếu tố kết cấu và cơ học của nó trong các lớp đất. Trong quá trình hình thành của nó, cơ cấu của đất chịu tác động của những điều kiện hình thành các trầm tích đất, chẳng hạn như tính tuần hoàn khi chìm lắng các hạt trong nước chảy và nước nằm yên cũng như chịu tác động của những biến đổi sau đó về phương và trị số của áp lực bên ngoài, làm cho các lớp đất bị uốn cong

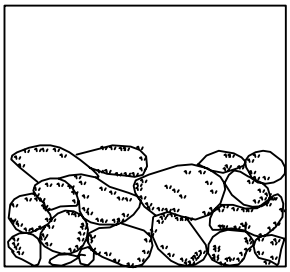
hoặc hình thành dạng phiến. Người ta thường chia Cơ cấu của đất thành những dạng cơ bản sau đây:

3.2.1. Cơ cấu lớp: Là loại cơ cấu phổ biến nhất và thể hiện rõ rệt trong các trầm tích lòng sông, đầm, hồ và biển cạn nước, bao gồm các lớp cát, sét xen kẽ nhau, tùy sự tồn tại và cách sắp xếp người ta có thể phân biệt thành cơ cấu lớp ngang và cơ cấu lớp nghiêng. Cơ cấu lớp của các đất có biểu hiện rõ rệt và toàn bộ tính đa dạng của nó làm cho các đất không đẳng hướng, nghĩa là các tính chất cơ - lý của những đất ấy (chẳng hạn như tính thấm, sức chống cắt, tính đàn hồi, v.v...) sẽ rất khác nhau theo các hướng khác nhau.

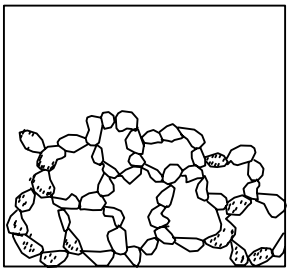
3.2.2. Cơ cấu Pocphia: Thể hiện ở các loại trầm tích mảnh lớn, bao gồm các hạt thô (sỏi, sạn ,cát) và các hạt sét phân tán đều tham gia vào sức bền toàn phần chống các tác dụng của các lực ngoài, nhưng các tính chất như là tính nén lún, tính thấm, sức chống cắt, tính đàn hồi của đất sẽ chủ yếu phụ thuộc vào các tính chất của vật liệu phân tán nhỏ có những mảnh đá thô nằm trong đó.

3.2.3. Cơ cấu liền: Thường gặp ở các loại đất sét và đất bùn cổ trong quá trình địa chất đã chịu những áp lực lớn, cũng như một số đất hoàng thổ và sét pha hoàng thổ chưa nén chặt nhưng dính kết bằng các muối.

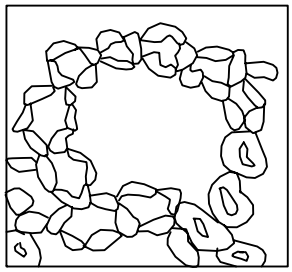
Vì cơ cấu của đất có ảnh hưởng rất lớn tới tính chất cơ - lý của nó nên khi thăm dò và thiết kế cần phải chú ý đến yếu tố này một cách thích đáng. Hình (I -7) sẽ giới thiệu các loại cơ cấu bản của đất.



a) Kết cấu đơn

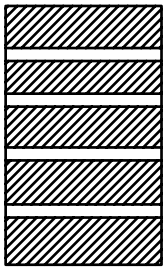


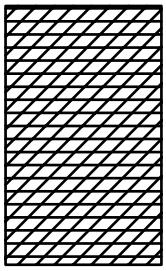
a) Kết cấu tổ ong



a) Kết cấu bông

Hình I-6:Các dạng kết cấu của đất





a) Dạng cơ cấu lớp b) Dạng cơ cấu pocphia c) Dạng cơ cấu liền

Hình I-7: Các dạng cơ cấu của đất

§.4. CÁC CHỈ TIÊU VẬT LÝ CỦA ĐẤT

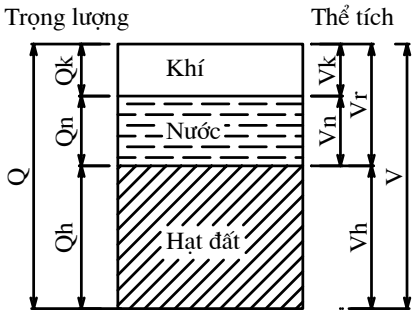
Thông thường đất có ba thành phần tạo nên là rắn - lỏng - khí. Trong tự nhiên tỷ lệ giữa ba thành phần này thay đổi rất nhiều, đặc biệt là thành phần nước, có khi chứa đầy trong các lỗ rỗng của đất. Tỷ lệ giữa ba thành phần này thay đổi thì trạng thái vật lý cũng thay đổi theo. Tỷ lệ phân phối về trọng lượng và thể tích của ba thành phần trong đất gọi chung là các chỉ tiêu tính chất vật lý của đất.

Trong công tác xây dựng, để đánh giá được tính chất và khả năng chịu lực của đất, người ta phải dựa vào các chỉ tiêu vật lý và cơ học của nó. Những chỉ tiêu cơ học (tính nén lún, tính chống cắt, v.v...) của đất sẽ được trình bày trong các chương có liên quan với chỉ tiêu này, ở đây chỉ trình bày các chỉ tiêu vật lý của đất.

Việc xác định trị số các chỉ tiêu vật lý của đất là một vấn đề rất quan trọng, vì nó được dùng rộng rãi trong tính toán thiết kế công trình. Tùy theo từng loại đất, tùy theo nguyên nhân tạo thành và điều kiện tồn tại của đất mà các chỉ tiêu vật lý của các loại đất rất khác nhau. Trong các chỉ tiêu vật lý của đất, có loại thì phải trực tiếp làm thí nghiệm mới xác định được - gọi là các chỉ tiêu xác định bằng thí nghiệm, có loại thì có thể tính toán từ các chỉ tiêu thí nghiệm mà ra - gọi là các chỉ tiêu tính toán, ngoài ra trong các chỉ tiêu này có những chỉ tiêu dùng để đánh giá (hay xác định) trạng thái của đất, ta có thể đưa về một nhóm gọi là các chỉ tiêu xác định trạng thái của đất.

Để tiện cho việc nghiên cứu các chỉ tiêu vật lý của đất, ta cùng thống nhất dùng các sơ đồ quy ước trên hình (I - 8) và các ký hiệu sau đây:

V_K, V_n, V_h, V_r,V: Là thể tích khí, nước, hạt rắn, lỗ rỗng, và thể tích của toàn bộ mẫu đất đó; Q_n , Q_h, và Q: là trọng lượng phần nước, hạt rắn và toàn bộ mẫu đất còn m, n là thể tích hạt, lỗ rỗng trong một đơn vị thể tích.



Hình I - 8: Sơ đồ quy ước ba pha của đất và tỷ lệ giữa chúng

4.1. Các chỉ tiêu vật lý xác định bằng thí nghiệm

4.1.1 Dung trọng của đất:

Hay còn gọi là trọng lượng thể tích tự nhiên của đất, là trọng lượng của một đơn vị thể tích đất ở trạng thái tự nhiên, đơn vị thường dùng là g/cm^3 hay T/m^3 N/cm^3, KN/ m^3, xác định theo công thức :

$$\gamma = \frac{Q}{V} \qquad \text{(I-2)}$$

Từ định nghĩa có thể thấy rằng dung trọng của đất phụ thuộc vào thành phần khoáng, độ rỗng cũng như lượng chứa nước của đất. Khi xác định cần dùng mẫu nguyên dạng và tùy theo từng loại đất mà chọn dùng các phương pháp thí nghiệm cho thích hợp. Đất loại sét, hạt nhỏ dính kết, dễ cắt, ta có thể dùng phương pháp dao vòng, đất vụn to, đất chứa sỏi, cuội không cắt được bằng dao vòng thì ta nên dùng phương pháp bọc parafin. Ngoài thực địa trong điều kiện nhất định ta có thể đào hố, xác định trọng lượng và thể tích đất trong hố đào để xác định dung trọng của đất.

Thông thường trị số dung trọng của các loại đất trong thiên nhiên như sau: đất cát từ (1,45 ÷ 1,85)T/m^3; đất cát pha, sét pha từ (1,40 ÷ 1,65)T/m^3; đất sét pha khoảng 1,75T/m^3; đất sét bị nén chặt từ (1,8 ÷ 2,1)T/m^3.

4.1.2. Độ ẩm của đất:

Độ ẩm của đất là tỷ số giữa trọng lượng nước chứa trong đất và trọng lượng hạt đất trong một khối đất tự nhiên, đơn vị thường tính là phần trăm, có khi dùng số thập phân và được xác định theo biểu thức sau:

$$W = \frac{Q_n}{Q_h}.100 \qquad (I\text{-}3)$$

Trị số độ ẩm của đất thay đổi phụ thuộc vào lượng nước chứa trong đất, phụ thuộc vào mật độ phân bố của hạt, tức là phụ thuộc vào kết cấu của đất.

Độ ẩm tự nhiên của đất có trị số thay đổi trong khoảng rất rộng từ vài phần trăm đến vài chục phần trăm. Để xác định trị số độ ẩm của đất người ta tìm trọng lượng của mẫu đất trước và sau khi sấy ở nhiệt độ $100^0C \div 105^0C$ đến trọng lượng không đổi, từ đó biết được trọng lượng nước (Q_n) và trọng lượng hạt (Q_h). Khi thí nghiệm độ ẩm của các đất bình thường, nhiệt độ sấy khô thường là $100^0C \div 105^0C$, nước tự do và nước kết hợp mặt ngoài bị bốc hơi hết và xem như đất khô tuyệt đối. Nhưng đối với đất chứa nhiều chất hữu cơ,nhiệt độ sấy khô $100^0C \div 105^0C$ là quá cao.

Ngoài thực địa để tiết kiệm thời gian, có thể dùng phương pháp đốt cồn, bỏ mẫu đất vào hộp, nhỏ cồn cho tới bão hòa rồi đốt, theo kinh nghiệm đốt chừng ba lần thì kết quả gần giống như phương pháp sấy khô. Phương pháp này không áp dụng cho đất có chứa chất hữu cơ.

4.1.3. Trọng lượng riêng hạt đất (γ_h):

Hay còn gọi là trọng lượng thể tích hạt đất, là trọng lượng của một đơn vị thể tích phần hạt (cốt) đất của chúng, đơn vị tính bằng: g/cm^3 T/m^3, N/m^3, KN/m^3. Trọng lượng riêng hạt đất được xác định chủ yếu bằng phương pháp tỷ trọng, theo định nghĩa trong vật lý học thì tỷ trọng của đất bằng:

$$\Delta = \frac{Q_h}{\gamma_o.V_h}, \gamma_h = \frac{Q_h}{V_h} \qquad (I\text{-}4)$$

Tỷ trọng của đất khác với trọng lượng riêng hạt đất là, nó là đại lượng không thứ nguyên còn trị số thì bằng nhau.

Tỷ trọng của đất không phụ thuộc vào độ lỗ rỗng và độ ẩm của đất mà chỉ phụ thuộc và tỷ trọng của các hạt khoáng vật có trong đất. Tỷ trọng của các đất thiên nhiên thay đổi từ 2,5 - 2,8. Đất chứa mùn hữu cơ thì tỷ trọng nhỏ hơn đất chứa các khoáng vật nặng (pirit, sắt oxít) thì tỷ trọng lớn hơn, tỷ trọng của đất sét thường lớn hơn tỷ trọng của đất cát. Tỷ trọng được xác định bằng phương pháp bình đo tỷ trọng. Khi xác định tỷ trọng của đất chứa các muối dễ hòa tan phải dùng các chất lỏng hữu cơ trung tính thay cho nước, như dầu hỏa, bezen, v.v...

Trừ tỷ trọng ra, khi xác định dung trọng và độ ẩm của đất bằng thí nghiệm, phải dùng các mẫu đất nguyên dạng. Tuy nhiên, vì trong quá trình lấy mẫu và chuyên chở các mẫu đó khó tránh cho chúng khỏi bị thay đổi dung trọng và độ ẩm, nên kết quả thí nghiệm cũng không tránh khỏi sai số, đó là chưa kể đến sai số do kỹ thuật thao tác trong khi làm thí nghiệm. Nên hiện nay người ta đang có xu hướng tìm cách xác định trực tiếp các chỉ tiêu dung trọng và độ ẩm của đất ở ngay hiện trường. Phương pháp dùng chất đồng vị phóng xạ để xác định dung trọng và độ ẩm của đất ở hiện trường, hiện nay đang được áp dụng và đã mang lại một số kết quả và kinh nghiệm tốt.

4.2. Các chỉ tiêu vật lý xác định bằng tính toán:

4.2.1. Dung trọng khô (γ_k):

Dung trọng khô là trọng lượng của hạt đất trong một đơn vị thể tích đất tự nhiên và là chỉ tiêu biểu thị độ chặt của đất. Đơn vị thường dùng g/cm^3 hoặc T/m^3 N/cm^3, KN/m^3 và được xác định theo biểu thức sau:

$$\gamma_k = \frac{Q_h}{V} \qquad \text{(I -5)}$$

Trị số của dung trọng khô thường thay đổi trong khoảng (1,2 ÷ 1,9)T/m^3, trị số của dung trọng khô có thể xác định qua tính toán từ dung trọng và độ ẩm của đất.

Theo định nghĩa của độ ẩm có thể viết:

$$W = \frac{Q_n}{Q_h} = \frac{V(\gamma - \gamma_k)}{V.\gamma_k} \Rightarrow \gamma_k = \frac{\gamma}{1+W} \qquad \text{(I- 6)}$$

Trị số dung trọng khô phụ thuộc vào độ rỗng của đất và là một chỉ tiêu kết cấu của đất. Vì vậy người ta thường dùng để biểu thị trạng thái kết cấu của đất, khi γ_k càng lớn tức là đất càng chặt, γ_k càng nhỏ thì đất càng xốp.

4.2.2. Độ rỗng của đất:

Độ rỗng của đất hay cũng có thể gọi thể tích lỗ rỗng trong một đơn vị thể tích đất tự nhiên. Theo như cách gọi trên có thể định nghĩa như sau: Độ rỗng của đất là tỷ số giữa thể tích lỗ rỗng trong đất và thể tích đất ở trạng thái tự nhiên, đơn vị thường dùng là phần trăm, nhưng khi tính toán thường biểu thị bằng số thập phân.

$$n = \frac{V_r}{V}.100 \qquad \text{(I-7)}$$

Chỉ tiêu này có thể xác định được dựa trên cơ sở biến đổi từ các biểu thức trên:

$$n = 1 - m = 1 - \frac{\gamma_k}{\Delta.\gamma_0} \qquad \text{(I-8)}$$

4.2.3. Hệ số rỗng của đất:

Hệ số rỗng của đất là tỷ số giữa thể tích lỗ rỗng trong đất và thể tích hạt đất trong mẫu đất đó, chỉ tiêu này thường được biểu thị bằng số thập phân, theo định nghĩa có thể viết:

$$e = \frac{V_r}{V_h} \qquad \text{(I- 9)}$$

Từ biểu thức (I -9) có thể khai triển thêm như sau:

$$e = \frac{V_r}{V - V_r} = \frac{n.V}{(1-n)V} = \frac{n}{1-n} \qquad \text{(I -10)}$$

Tương tự có thể viết:

$$n = \frac{V_r}{V} = \frac{e.V_h}{V_h + e.V_h} = \frac{e}{1+e} \qquad \text{(I-11)}$$

Hệ số rỗng đóng vai trò quan trọng đặc biệt trong Cơ học đất (khi tính lún v.v...), vì vậy xác định hệ số rỗng cần phải làm chính xác đến mức có thể làm được. Nói chung trong thực tế thường dùng e để biểu thị mức độ rỗng của đất thiên nhiên thuận lợi hơn nhiều khi dùng độ rỗng n. Vì dù trong trường hợp nào đi chăng nữa thể tích hạt cũng là một trị số không đổi. Từ biểu thức (I -9) có thể nhận thấy rằng,

trị số e càng lớn thì thể tích lỗ rỗng trong đất càng lớn và do đó cường độ chống cắt càng giảm nhỏ, tính nén lún càng lớn, và ngược lại.

4.2.4. Độ ẩm toàn phần của đất:

Độ ẩm toàn phần của đất, thực ra là một chỉ tiêu phụ trợ của Cơ học đất. Độ ẩm toàn phần của đất nghĩa là độ ẩm về lý thuyết ứng với lúc nước chứa đầy các lỗ rỗng trong đất, do đó có biểu thức xác định là:

$$W_{tf} = \frac{Q_n(bãohòa)}{Q_h} = \frac{n.V.\gamma_0}{(1-n).V.\Delta.\gamma_0} = e.\frac{\gamma_0}{\gamma_h} \qquad \text{(I - 12)}$$

4.2.5. Độ bão hòa của đất:

Theo định nghĩa, độ bão hòa là tỷ số giữa thể tích nước trong một khối đất và thể tích lỗ rỗng của đất trong khối đất đó, hay cũng có thể định nghĩa như sau. Độ bão hòa là tỷ số giữa độ ẩm tự nhiên và độ ẩm toàn phần, chỉ tiêu này thường được biểu thị bằng số thập phân, theo định nghĩa có thể viết:

$$G = \frac{V_n}{V_r}$$

$$\text{Hoặc } G = \frac{W}{W_{tf}} = \frac{W.\gamma_h}{e.\gamma_0} \qquad \text{(I- 13)}$$

4.2.6. Dung trọng bão hòa của đất

Dung trọng bão hòa là dung trọng của đất khi các lỗ rỗng của đất chứa đầy nước. Trong trường hợp này đất chỉ gồm hai thành phần tạo nên, đó là hạt rắn và nước, dó đó ta có biểu thức xác định như sau:

$$\gamma_{bh} = \frac{Q_h + Q_n(bãohòa)}{V} \qquad \text{(I- 14)}$$

4.2.7. Dung trọng đẩy nổi của đất

Dung trọng đẩy của đất là dung trọng của đất khi bị ngập dưới mặt nước tự do, tức là bằng tỷ số giữa trọng lượng nổi của phần thể rắn trong khối đất và thể tích của khối đất đó:

$$\gamma_{đn} = \frac{Q_h - \gamma_0.V_h}{V} = \frac{\gamma_0(\Delta - \Delta_0)}{1+e} \qquad \text{(I -15)}$$

Nói chung tất cả các chỉ tiêu trên đều có thể dựa vào các định nghĩa về các chỉ tiêu và sự liên hệ về thể tích và trọng lượng giữa các thành phần để rút ra các biểu thức cần thiết. Để đơn giản hóa trong vấn đề tính toán người ta đã lập sẵn cho một số các biểu thức hay ứng dụng như trong bảng (I -3).

Bảng I- 3: Biểu thức tính đổi các chỉ tiêu thường dùng

STT	Chỉ tiêu cần xác định	Công thức
1	Hệ số rỗng	$e = \frac{\Delta\gamma_o(1+0,01w)}{\gamma} - 1$
2		$e = \frac{\gamma_h}{\gamma_k} - 1$
3		$e = \frac{n}{1-n}$
4	Độ rỗng	$n = \frac{e}{1+e}$
5	Độ bão hòa	$G = \frac{\Delta\gamma \ .0,01W}{\Delta\gamma_0(1+0,01W)-\gamma}$
6		$G = \frac{0,01W.\Delta}{e}$
7	Trọng lương riêng hạt	$\gamma_h = \frac{\gamma_k}{1-n}$
8		$\gamma_h = \Delta.\gamma_o$
9	Trọng lượng riêng khô	$\gamma_k = \gamma_h(1-n)$
10		$\gamma_k = \frac{\gamma}{1+0,01W}$
11	Trọng lượng riêng đẩy nổi	$\gamma_{đn} = \frac{(\Delta-1)\gamma_o}{1+e}$
12		$\gamma_{đn} = \gamma_{nn} - \gamma_o$

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

4.3. Các chỉ tiêu đánh giá trạng thái của đất:

Trước khi xây dựng các công trình trên một nền đất nào đó công việc đầu tiên đối với chúng ta là cần phải tìm hiểu trạng thái vật lý của nền đất đó, để đánh giá sơ bộ tính chất của nó về các mặt như cường độ và biến dạng, v.v....

Hiện nay người ta thường dùng hai khái niệm cơ bản để nói lên trạng thái vật lý của đất nền là: độ chặt đối với đất rời và độ sệt đối với đất dính.

4.3.1. Đối với đất rời:

4.3.1.1. Chỉ tiêu đánh giá độ chặt của đất rời:

Độ chặt tự nhiên của các đất rời là chỉ tiêu quan trọng để đánh giá trạng thái của đất rời khi làm nền cho các công trình. Vì những loại đất rời này hoàn toàn không có tính dẻo, cho nên trạng thái vật lý của nó được biểu thị bằng độ chặt là hợp lý nhất, nó được xác định từ các số liệu thí nghiệm trong phòng và hiện trường.

Theo các tài liệu tính toán và thống kê các hệ số rỗng ở trạng thái chặt nhất và xốp nhất được xác định trong phòng thí nghiệm đối với các loại cát thạch anh thuộc các nguồn gốc khác nhau, sau đó đối chiếu và điều chỉnh lại với độ chặt tự nhiên của nó người ta lập bảng (I-4) để phân loại độ chặt của đất cát theo hệ số rỗng như sau:

Bảng I - 4: Tiêu chuẩn và độ chặt của đất cát

Loại cát	Độ chặt		
	Chặt	Chặt vừa	Xốp
Cát sỏi, cát to, cát vừa	e < 0,55	0,55 ≤ e ≤ 0,70	e > 0,70
Cát nhỏ	e < 0,60	0,60 ≤ e ≤ 0,75	e > 0,75
Cát bụi	e < 0,60	0,60 ≤ e ≤ 0,80	e > 0,80

Ngoài ra người ta còn đưa ra chỉ tiêu độ chặt tương đối ký hiệu là D để đánh giá trạng thái của đất cát và được định nghĩa như sau:

$$D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \qquad \text{(I - 16)}$$

Trong đó: e_{max} - Là hệ số rỗng của đất cát ở trạng thái xốp nhất, được xác định trong phòng thí nghiệm bằng cách đổ nhẹ cát khô vào bình có vạch đo dung tích không có chấn động, từ đó xác định được γ^k_{min} và tính e_{max}.

e_{min} - Là hệ số rỗng của đất cát đó ở trạng thái chặt nhất được xác định trong phòng thí nghiệm, bằng cách đổ cát vào bình có vạch đo dung tích, rung chặt từ đó xác định được γ^k_{max} và tính e_{min}.

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

Căn cứ vào độ chặt tương đối D người ta đánh giá độ chặt của đất cát như sau:

D ≤1/3	Đất cát xốp
1/3< D ≤2/3	Đất cát chặt vừa
2/3< D ≤ 1	Đất cát chặt

Việc xác định độ chặt của đất cát bằng thí nghiệm trong phòng vẫn còn nhiều nhược điểm do biện pháp thực hiện trạng thái xốp nhất, chặt nhất chưa đảm bảo chính xác, còn mang tính chủ quan. Hơn nữa hệ số rỗng tự nhiên e_o của cát cũng khó xác định được vì không lấy được mẫu đất nguyên dạng. Khi đó có thể dùng các phương pháp thí nghiệm tại hiện trường để xác định độ chặt của đất cát ở trạng thái tự nhiên của nó, trong thực tế thường dùng các phương pháp thí nghiệm xuyên động và xuyên tĩnh sẽ được giới thiệu ở chương VI.

Bảng (I-5) và (I-6) giới thiệu trạng thái (độ chặt) của đất thông qua kết quả thí nghiệm ở hiện trường bằng xuyên động và xuyên tĩnh.

Bảng I - 5 : Độ chặt theo thí nghiệm xuyên động

Số lần búa rơi (N)	Độ chặt tương đối (D)	Trạng thái của đất
1 — 4	< 0,2	Rất xốp
5 — 9	0,2 ÷ 0,33	Xốp
10 — 29	0,33 ÷ 0,66	Chặt vừa
30 — 50	0,66 ÷ 1,0	Chặt
> 50	> 1	Rất chặt

Bảng I - 6 : Sức kháng mũi xuyên theo độ chặt của đất cát (100 Kpa)

Độ sâu (m)	Cát thô		Cát vừa		Cát nhỏ	
	Chặt	Chặt vừa	Chặt	Chặt vừa	Chặt	Chặt vừa
5	150	150 - 100	100	100 - 60	60	60 - 30
10	220	220 - 150	150	150 - 90	90	90 - 40

4.3.1.2. Chỉ tiêu đánh giá độ ẩm của đất rời

Đối với đất rời, mức độ khô hay ẩm, ít ảnh hưởng đến cường độ của đất, nên nó giữ nguyên được kết cấu tự nhiên của nó khi độ ẩm thay đổi. Tuy vậy, để chọn độ sâu đặt móng các công trình trên nền đất cát thì đặc trưng này lại rất cần. Vì vậy theo qui phạm về nền dùng độ bão hòa để phân loại trạng thái của đất cát như sau:

$G \le 0,5$: Thuộc đất hơi ẩm

$0,5 < G \le 0,8$: Thuộc đất ẩm

$G > 0,8$: Thuộc đất bão hòa nước

4.3.2. Đối với đất dính

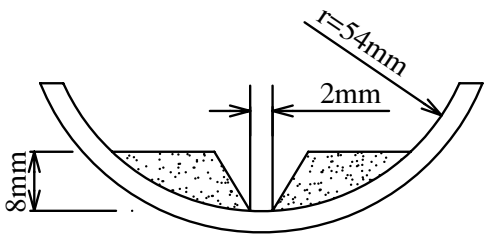
Đối với đất dính thì không thể tách rời trạng thái độ chặt riêng rẽ với trạng thái độ ẩm, đối với đất dính khi lượng nước chứa trong đất thay đổi thì trạng thái vật lý của đất sẽ thay đổi. Các loại đất dính có thể tồn tại ở trạng thái cứng khi độ ẩm rất nhỏ, và khi độ ẩm tăng dần lên thì đất bớt cứng chuyển dần sang trạng thái dẻo, độ ẩm tiếp tục tăng nữa thì đất sẽ dẫn đến trạng thái chảy nhão. Các trạng thái vật lý đó của đất đã phản ánh mật độ phân bố của hạt đất trong môi trường nước. Để đánh giá trạng thái của đất dính người ta dùng đặc trưng độ sệt (hay độ đặc), ký hiệu là B. Công thức định nghĩa của độ sệt là:

$$B = \frac{W - W_d}{W_{nh} - W_d} \qquad (I - 17)$$

Trong đó : W, W_{nh}, W_d - Là độ ẩm tự nhiên, giới hạn nhão và giới hạn dẻo của đất

- Giới hạn nhão (W_{nh}): là độ ẩm ranh giới giữa trạng thái dẻo và trạng thái nhão. Nó được xác định bằng cách nhào đất tự nhiên với nước cho đến trạng thái mà khi thả quả chuỳ tiêu chuẩn nặng 76gam, đầu nhọn 30^0. Mũi chùy lún sâu vào đất 10mm trong 5 giây. Hoặc ở Tây Âu và Mỹ thì dùng cách làm của Casagrande: Cho

đất đã nhào trộn vào một bát chỏm cầu (r = 54mm, đất dày 8mm), cắt đất thành hai phần một rãnh hình chữ V, làm rung bằng cách nâng lên thả rơi xuống. Nếu sau 25 lần như vậy hai má đất vừa chập vào nhau thì đất đã tới giới hạn nhão, đem xác định độ ẩm của đất ấy thì đó là giới hạn nhão của đất (Hình I - 9).



Hình I-9

- Giới hạn dẻo (W_d) là độ ẩm ranh giới giữa trạng thái cứng và trạng thái dẻo. Nó được xác định bằng độ ẩm của đất mà ta có thể lăn đất trên một tấm kính mờ cho khô dần và hình thành các dây đất có đường kính 3mm, dài 10cm khi các dây đất này bắt đầu rạn nứt.

Theo quy phạm hiện nay người ta phân trạng thái của đất dính theo các trạng thái như bảng (I - 7).

Bảng I - 7 : Đánh giá trạng thái của đất dính

Đất và trạng thái	Độ sệt B
Đất cát pha (á cát) :	
- Rắn	$B < 0$
- Dẻo	$0 \le B \le 1$
- Chảy (nhão)	$B > 1$
Đất sét pha và sét (á sét, sét):	
- Rắn	$B < 0$
- Nửa rắn	$0 \le B \le 0,25$
- Dẻo	$0,25 < B \le 0,5$
- Dẻo mềm	$0,5 < B \le 0,75$
- Dẻo chảy	$0,75 < B \le 1$
- Chảy (nhão)	$B > 1$

Trạng thái của dính đất còn có thể xác định bằng phương pháp xuyên tĩnh hiện trường. Tuy vậy, khi sử dụng các kết quả đó cũng cần phải kiểm tra lại theo chỉ tiêu độ sệt xác định qua độ ẩm.

Bảng I - 8: Xác định trạng thái của đất theo kết quả xuyên tĩnh

Sức kháng mũi xuyên (Kpa)	Trạng thái của đất
10.000	Cứng
10.000 - 5.000	Nửa cứng
5.000 - 2.000	Dẻo
2.000 - 1.000	Dẻo mềm
< 1.000	Dẻo chảy

§5. PHÂN LOẠI ĐẤT

Đất được thành tạo trong tự nhiên rất khác nhau về nguồn gốc, thành phần, cấu trúc và tính chất của nó. Do đó không thể nghiên cứu và xác định các tính chất của đất nếu không hệ thống hóa chúng lại theo một quy định nhất định, tức không phân loại chúng. Vì nếu có phân loại chúng, thì mới có cơ sở lựa chọn các phương pháp nghiên cứu phù hợp với thực tế tự nhiên hơn, từ đó có phương hướng đúng đắn sử dụng đất vào mục đích xây dựng các công trình. Để phân loại đất, khi chọn các đặc trưng cần phải chú ý làm sao cho các đặc trưng này thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Phản ánh được một cách khách quan và đầy đủ các đặc điểm của đất là một sản vật tự nhiên, thường xuyên chịu ảnh hưởng của môi trường xung quanh.

- Phải thích hợp với mục đích sử dụng đất vào xây dựng công trình.

Để phân loại đất rời và đất dính, hiện nay người ta đều xuất phát từ quan điểm cho rằng, các loại đất dù có lịch sử hình thành khác nhau, nhưng chúng có thành phần hạt hoặc chỉ số dẻo giống nhau thì chúng có nhiều tính chất cơ lý giống nhau, các tính chất cơ lý này cho phép cung cấp được đặc trưng xác định về chất lượng xây dựng đối với từng loại.

Đối với đất rời, do tính dính không có nên độ lớn và thành phần cấp phối của hạt đất có khả năng phản ánh được đầy đủ các tính chất cơ lý của đất như tính thấm, tính nén lún và cường độ chống cắt, v.v... Do đó theo qui phạm hiện nay, việc phân loại đất rời theo bảng (I - 9).

Đối với đất dính: Như đã phân tích ở trên, trạng thái dẻo là một trạng thái đặc biệt quan trọng của các loại đất dính, tính dẻo của đất dính là kết quả tác dụng tương hỗ giữa hạt đất và nước. Do đó khi phân loại đất dính làm nền công trình người ta dựa vào chỉ tiêu chỉ số dẻo là thích hợp nhất, chỉ số dẻo ký hiệu là ϕ hoặc là IP (Index plastic) theo bảng phân loại (I - 9)

$$\phi = IP = W_{nh} - W_d \qquad (I - 18)$$

Trong đó: W_{nh} , W_d - là độ ẩm giới hạn nhão và độ ẩm giới hạn dẻo của đất.

Bảng I - 9 : Phân loại đất theo quy phạm Việt Nam QPXD 45-78 (CHNTTI 15-74)

Số thứ tự	Tên đất	Căn cứ để phân loại
Đất rời		Hàm lượng cỡ hạt
1	Tảng lăn	Cát hạt có d > 200mm chiếm trên 50%
2	Dăm cuội	Cát hạt có d > 10mm chiếm trên 50%
3	Sỏi sạn	Cát hạt có d > 2mm chiếm trên 50%
4	Cát sạn	Cát hạt có d > 2mm chiếm trên 25%
5	Cát thô	Cát hạt có d > 0,5mm chiếm trên 50%
6	Cát vừa	Cát hạt có d > 0,25mm chiếm trên 50%
7	Cát nhỏ	Cát hạt có d > 0,1mm chiếm trên 75%
8	Cát bụi	Cát hạt có d > 0,1mm chiếm ít hơn 75%

Đất dính		Chỉ số dẻo IP
9	á cát	IP < 7
10	á sét	7 ≤ IP < 17
11	Sét	IP ≥ 17

Trong đất thiên nhiên còn gặp một loại đất có kết cấu kém ổn định gọi là đất bùn. Đặc điểm của loại đất này là có kết cấu dễ bị phá hoại khi chịu tác dụng của tải trọng ngoài còn rất nhỏ.

Vì vậy trong tiêu chuẩn xây dựng, các đất này được xếp thành một loại riêng biệt, bao gồm các đất dính ở giai đoạn đầu hình thành, được tạo bởi trầm tích kết cấu trong nước có các quá trình vi sinh vật và ở trạng thái tự nhiên có độ ẩm vượt quá độ ẩm giới hạn nhão và hệ số rỗng vượt quá các trị số trong bảng (I - 10). Tên bùn được qui định theo chỉ số dẻo nêu ở phần trên.

Bảng I - 10 : Phân loại đất bùn

Loại bùn	**Hệ số rỗng**
- Bùn á cát	e ≥ 0,9
- Bùn á sét	e ≥ 1,0
- Bùn sét	e ≥ 1,5

Việc phân loại đất có thể khác nhau với các nước khác nhau, và ngay cùng một nước, các nghành khác nhau. Với mục đích sử dụng đất khác nhau, có thể có nhiều cách phân loại khác nhau.

Theo AASHTO (American Association of State Highway and Transportion officials): Các đất được chia thành 8 nhóm, đất vô cơ được chia thành 7 nhóm tương tự từ A-1 đến A-7. Các nhóm này được chia thành 12 nhóm phụ. Đất có thành phần hữu cơ cao được xếp loại A-8. Các đất có chứa vật liệu hạt mịn đều được định rõ thêm bằng các chỉ số nhóm của nó, chỉ số càng cao, đất càng kém thích hợp tức là kém ổn định.

Chỉ số nhóm được xác định:

$$G_{(n)} = (F-35)[0,2+0,005(W_{nh}-40)]+0,01(F-15)(IP-10) \qquad (I-19)$$

Trong đó: F - Phần trăm qua rây N^0200 (0,074mm), biểu thị bằng một số nguyên.

W_{nh} - Giới hạn nhão (chảy)

IP - Chỉ số dẻo (Index Plastic).

Các đặc trưng của nhóm và phụ nhóm khác nhau và trình tự phân loại được trình bày theo bảng (I-11).

Theo hệ thống phân loại thống nhất cuả Mỹ USCS (Unified Soil Classification System - USCS-ASTM. D2487), các đất hạt thô được chia thành:

+ Sỏi và đất sỏi được ký hiệu là G.

+ Cát và đất cát được ký hiệu là S.

Mỗi loại sỏi và cát được chia nhỏ thành 4 nhóm:

+ Vật liệu tương đối sạch, cấp phối tốt, ký hiệu W (Well graded).

+ Vật liệu cấp phối tốt với chất gắn kết rất tốt, ký hiệu là C (Clay).

+ Vật liệu tương đối sạch, cấp phối xấu, ký hiệu P (Poor graded).

+ Vật liệu thô chứa hạt mịn, không bao gồm các nhóm trước ký hiệu M (Silt)

Đất hạt mịn chia làm ba nhóm:

+ Đất cát rất mịn và bụi không hữu cơ, ký hiệu N.

+ Đất sét không hữu cơ, ký hiệu C.

+ Đất sét và bụi hữu cơ, ký hiệu O.

Mỗi nhóm trong ba nhóm của đất hạt mịn này, lại được chia nhỏ theo giới hạn chảy:

+ Đất hạt mịn có W_{nh}< 50 có tính dẻo thấp, ký hiệu L (Low plasticity)

+ Đất hạt mịn có W_{nh}> 50 có tính dẻo cao, ký hiệu H (High plasticity)

Đất nhiều hữu cơ như đất đầm lầy, than bùn có tính nén lún lớn, không chia nhỏ mà xếp thành một nhóm, ký hiệu Pt, các đặc trưng liên quan của các nhóm khác nhau cho theo bảng (I-12).

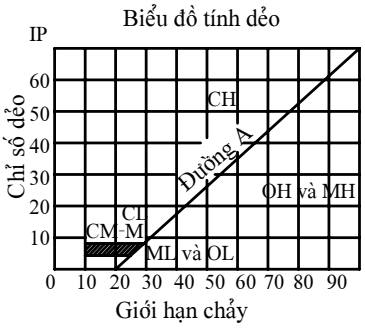
Bảng I-11: Phân loại đất và các hỗn hợp nhóm hạt đất của Hiệp hội Đường bộ quốc gia Mỹ M-145 (AASHTO).

Phân loại chung	Vật liệu hạt (35% hoặc thấp hơn qua rây N°200)							Vật liệu sét-bụi(lớn hơn 35% qua rây N°200)			
Phân loại nhóm	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Phân tích bằng rây % qua rây N° 10 N° 40 N° 200	 max 50 max 30 max 15	 max 50 max 25	 min 51 max 10	 max 35	 max 35	 max 35	 max 35	 min 36	 min 36	 min 36	 min 36
Đặc trưng của phần qua rây N° 40 Giới hạn chảy(W_{nh}) Chỉ số dẻo IP	 max 6		 không dẻo	 max 40 max 10	 min 41 max 10	 max 40 min 11	 min 41 min 11	 max 40 max 10	 min 41 max 10	 max 40 min 11	 min 41 min 11
chỉ số nhóm (G)	0		0	0		<4		<8	<12	<16	<20
các loại vật liệu hợp thành chính thường gặp	Vụn đá sỏi và cát		Cát mịn	Sỏi và cát chứa sét hoặc bụi				Đất bụi		Đất sét	
Đánh giá chung khi phân cấp	Hoàn hảo đến tốt							Trung bình đến xấu			

Bảng I □ 12:Hệ thống phân loại đất thống nhất

(Unified Soil Classification System USCS-ASTM D.2487)

Phân chia rộng			Ký hiệu	Tên gọi điển hình	Tiêu chuẩn phân loại theo phòng thí nghiệm		
Đất sỏi cuội hơn 50% trên rây N 200 (0,074mm)	Đất sỏi cuội >50 % lượng hạt có đường kính lớn hơn mắt rây N 4 (4,76mm)	Sỏi cuội sạch không hoặc ít có hạt nhỏ	GW	Sỏi cuội cấp phối tốt, sỏi cuội lẫn cát, không hoặc ít hạt nhỏ	Hàm lượng sỏi cuội, cát xác định từ đường cong cấp phối. Tuỳ theo hàm lượng hạt nhỏ hơn mắt rây N° 200 đất sỏi cuội phân biệt như sau:	$Cu=\frac{D_{60}}{D_{10}}>4$	$Cc=\frac{(D_{30})^2}{[(D_{60})x(D_{10})]}=1\div3$
			GP	Sỏi cuội cấp phối kém, sỏi cuội lẫn cát, ít hoặc không có hạt nhỏ		Không đạt những chỉ số yêu cầu cho GW	
		Sỏi cuội lẫn hạt nhỏ (hạt nhỏ đáng kể)	GM_u^d	Sỏi cuội lẫn bụi cát (trong xây dựng đường phân biệt GMd và GMu; LL≤28; IP ≤ 6 là d, LL> 28 là u)		Các giới hạn Atterberg thấp hơn đường A hoặc IP<4.	Các giới hạn Atterberg trên đường A, IP trong khoảng 4 ÷ 7 cần có tên kép.
			GC	Sỏi cuội lẫn sét cát		Các giới hạn Atterberg thấp hơn đường A với IP>7.	
Đất sỏi cuội hơn 50% trên rây N 200 (0,074mm)	Cát<50 % lượng hạt qua mắt rây N°4 (4,76mm)	Cát sạch ít hoặc không có hạt nhỏ	SW	Cát cấp phối tốt, có lẫn ít sỏi, ít hoặc không có hạt nhỏ	* Ít hơn 5%: GW, GP, SW, SP ** Lớn hơn 12%: GM, GC, SM, SC *** Từ 5% đến 12%: cần dùng một tên gọi kép	$Cu=\frac{D_{60}}{D_{10}}>6$	$Cc=\frac{(D_{30})^2}{[(D_{60})x(D_{10})]}=1\div3$
			SP	Cát cấp phối kém, cát lẫn sỏi , ít hoặc không có hạt nhỏ		Không đạt những chỉ số yêu cầu cho SW	
		Cát có lẫn hạt nhỏ	SM_u^d	Cát lẫn bụi. (Chỉ số d, u như trong loại GM)		Các giới hạn Atterberg thấp hơn đường A hoặc IP<4.	Vùng gạch chéo,IP trong khoảng 4 ÷ 7 cần có tên kép.
			SC	Sỏi cuội lẫn sét cát		Các giới hạn Atterberg thấp hơn đường A với IP>7.	

Phân chia rộng		Ký hiệu	Tên gọi điển hình	Tiêu chuẩn phân loại theo phòng thí nghiệm
Đất hạt nhỏ≥50% qua mắt rây N°200 (0,074mm)	Bụi và sét có giới hạn chảy ≤ 50	ML	Bụi vô cơ và cát rất mịn, cát nhỏ lẫn bụi sét, độ dẻo nhỏ	Biểu đồ tính dẻo 
		CL	Sét vô cơ, độ dẻo từ thấp đến trung bình, sét lẫn sỏi cuội, sét lẫn cát, sét lẫn bụi	
		OL	Bụi hữu cơ, sét lẫn bụi hữu cơ độ dẻo thấp	
	Bụi và sét có giới hạn chảy > 50	MH	Bụi vô cơ, cát nhỏ nhiều mica hoặc diatomic, đất bụi, bụi đàn hồi	
		CH	Sét vô cơ, độ dẻo cao, sét béo	
		OH	Sét vô cơ, độ dẻo từ trung bình đến cao, bụi hữu cơ	
	Đất có lượng hữu cơ cao	Pt	Than bùn hoặc các chất có hữu cơ cao	

§.6. MỘT SỐ TÍNH CHẤT CƠ - LÝ THƯỜNG XẢY RA TRONG ĐẤT

6.1. Tính dính của đất

Như chúng ta đã biết, chỉ có các loại đất dính mới có tính dính còn đối với các loại đất rời hoàn toàn không có tính dính. Tính dính là khả năng chịu lực kéo (dù rằng lực đó rất nhỏ) của các loại đất dính. Sở dĩ các loại đất này có thể chịu được lực kéo, vì giữa các hạt đất dính có những liên kết kết cấu giữ chặt nó lại với nhau, cũng chính nhờ có lực dính đó mà các khối đất sét trong thiên nhiên có thể giữ được mái dốc thẳng đứng đến một chiều cao nhất định nào đó, chiều cao này sẽ được tính toán ở chương IV. Dựa vào bản chất và nguyên nhân tạo thành nó, người ta có thể phân ra thành hai loại như sau:

Lực dính do lực hút phân tử gây ra: Dựa theo lý thuyết nước màng mỏng đã trình bày, thì lực hút phân tử có thể phát sinh trực tiếp giữa hai hạt đất với nhau, hoặc phát sinh qua các ion (cation) trung gian gắn liền hai hạt với nhau, hoặc có thể do sức căng mặt ngoài của các màng nước mao dẫn đã được trình bày ở trên. Lực dính này có đặc tính đặc biệt là có khả năng phục hồi lại sau khi bị phá hoại nếu có được những điều kiện như lúc hình thành ban đầu. Loại lực dính thứ hai là do các liên kết xi măng và các liên kết kết tinh có sẵn giữa các hạt, lực dính này được tạo thành do kết quả của sự hóa già các chất keo, sự kết tinh hoặc tái kết tinh các loại muối hòa tan trong nước, v.v... Thuộc loại lực dính này thì không có khả năng phục hồi sau khi đã bị phá hoại - loại lực dính này có tính chất cứng, dòn, ngược lại với loại lực dính do lực hút phân tử lại có tính đàn hồi và tính dẻo nhớt.

6.2. Tính co và nở của đất

Tính co và nở của đất sét là hai mặt ngược nhau của một quá trình. Khi lượng nước chứa trong đất thay đổi thì sẽ sinh ra hiện tượng co và nở của đất, tức là, tính co là khả năng giảm thể tích trong quá trình bốc hơi nước, còn tính nở là khả năng tăng thể tích của đất dính khi ngậm nước.

Trong tự nhiên hiện tượng trương nở thường rất hay gặp do nước mưa, nước mặt đất, nước dưới đất chảy vào các vùng đất dính ở trạng thái khô, đặc biệt ở các vùng khí hậu khô ráo. Hiện tượng trương nở đó thường làm cho cường độ của đất giảm xuống, toàn bộ khối đất bị biến dạng và phá hỏng, do đó gây ra nhiều tác hại cho các công trình xây dựng trên nền đất đó, phá hoại tính ổn định của bờ dốc, bờ đường, gây bùng nền, v.v...

Khi đất sét bị khô thì nước trong màng nước bao quanh dần dần bị bốc hơi, trong quá trình đó, trước hết nước mao dẫn bị bốc hơi trước và khối đất bắt đầu co lại. Màng nước bao quanh mỏng dần làm tăng nồng độ ion trong tầng ion trái dấu, do đó lực hút của các ion đối với hạt sét ở xung quanh tăng lên, vượt quá lực đẩy giữa các hạt sét do tích điện cùng dấu gây ra. Vì vậy các hạt đất bị hút lại gần nhau hơn và khối đất càng co thêm nữa, và đến một lúc nào đó việc giảm thể tích ngừng lại (tương ứng với khi lực đẩy giữa chúng đạt tới một thế cân bằng mới với lực hút) thì trên mặt khối đất xuất hiện các vết nứt có hình chân chim. Đó chính là bản chất của tính chất co rút thể tích khi khô của đất loại sét. Độ ẩm của đất ứng với thời điểm đó gọi là giới hạn co. Khi đất co thì chuyển vị của các điểm trong khối đất xảy ra không giống, do đó gây ra tình hình ứng suất không đều và làm cho khối đất nứt nẻ, cường độ giảm đi, tính thấm tăng lên, vì vậy khi dùng đất đắp đê, đắp đập, hay đắp đường thì cần phải chú ý đến hiện tượng này. Ngược lại, khi đất sét khô, màng nước tại chỗ tiếp xúc giữa các hạt có chiều dày nhỏ. Sau đó nếu gặp nước có nồng độ ion thấp hơn nồng độ ion trong tầng trái dấu giữa các hạt, thì một số ion trong tầng trái dấu sẽ chạy ra ngoài nước tự do. Do tác dụng của lực hút điện phân tử của các hạt đất nên các phân tử nước sẽ thâm nhập vào những nơi màng nước có chiều

dày nhỏ và tách các hạt đất ra, gây nên hiện tượng trương nở của đất. Tác dụng nở của đất có ảnh hưởng lớn đến các công trình xây dựng, do đó cần phải được chú ý thích đáng trong khi thiết kế và xây dựng công trình. Đối với các tường chắn chẳng hạn, khi đất đắp sau tường nở ra thì sẽ xuất hiện một áp lực phụ thêm tác dụng lên tường, ảnh hưởng đến tính ổn định của nó. Tuy nhiên, không phải lúc nào hiện tượng nở của đất cũng có hại, trái lại cũng có trường hợp có thể lợi dụng tính nở của đất để phục vụ công trình. Điều này có thể thất rõ trong thực tế, người ta có thể dùng áp lực phun dung dịch sét Mônmôrêlônit có tính nở lớn vào các lỗ rỗng hoặc khe nứt ở bờ kênh và đất nền để làm giảm tính thấm cho bờ kênh và đất nền.

Tính chất trương nở và co rút có liên quan mật thiết với sự biến đổi độ dày của màng nước bao quanh hạt đất, vì vậy các nguyên nhân ảnh hưởng đến tính chất trương nở và co rút của đất sẽ bao gồm các nhân tố chủ yếu như: Thành phần khoáng vật, thành phần hạt, thành phần hóa học và nồng độ ion trong dung dịch, kết cấu, đặc điểm mối liên kết giữa các hạt và độ rỗng của đất.

6.3. Tính tan rã của đất:

Tính chất tan rã của đất là tính chất của đất khi bỏ vào nước thì phát sinh hiện tượng mất hết tính dính và trở thành một khối rời rạc. Hiện tượng tan rã có thể là do hiện tượng trương nở phát triển mà thành. Trong những điều kiện nhất định khi hiện tượng trương nở phát triển đến một lúc nào đó, thì do màng nước khuếch tán dày lên đến trị số lớn nhất, các hạt sét không còn hút chung các ion hay các phân tử nước nữa, làm mất mối liên kết keo nước giữa các hạt và các hạt sét bị rã rời trong nước.

Các loại đất sét có tính thấm nhỏ, nói chung tốc độ tan rã chậm, hiện tượng tan rã thường phát triển dần dần từ ngoài vào trong, ít khi tan rã thành từng cục. Nếu đất có lỗ rỗng lớn thì trước hết nước ngấm vào các lỗ rỗng này gây ra ứng lực không đồng đều trong khối đất và đầu tiên đất sẽ bị tan rã dọc theo các mặt mềm yếu thành từng cục to nhỏ hình dạng bất kỳ. Các đất loại sét do hàm lượng hạt sét cao nên tác động của tầng khuếch tán đến tính chất tan rã khá rõ rệt, thời gian để màng nước khếch tán đạt đến độ dày lớn nhất dài hơn, lực hút giữa các hạt còn tương đối lớn. Vì vậy, hiện tượng tan rã trong đất loại sét là một quá trình phát triển tiếp theo quá trình trương nở.

Hiện tượng tan rã có liên quan mật thiết với hiện tượng trương nở cho nên các nhân tố ảnh hưởng của nó cũng là thành phần khoáng vật, thành phần hạt, thành phần hóa học và nồng độ ion trong trong dung dịch chứa trong đất và nước, kết cấu và cơ cấu của đất.

Khi đánh giá tính chất tan rã của đất người ta thường dùng các chỉ tiêu sau:

- Thời gian tan rã: là thời gian tan rã hoàn toàn của một mẫu đất nhất định.
- Đặc điểm và các hiện tượng xảy ra trong quá trình tan rã.
- Tốc độ tan rã, tính bằng hàm lượng phần trăm phần đất bị tan rã so với mẫu đất ban đầu để trong một đơn vị thời gian.

Tính tan rã của đất có một ý nghĩa thực tế rất lớn khi đánh giá đất làm vật liệu đắp đập, đắp đê, đắp đường, đánh giá ổn định của bờ dốc, bờ kênh đào, đánh giá tính chất chống xói lở của đất v.v... Căn cứ vào đặc tính tan rã của đất ta có thể phán đoán mức độ ảnh hưởng đến việc thi công, sử dụng các công trình mà từ đó đề ra biện pháp xử lý, đề phòng cho thích hợp.

6.4. Hiện tượng Tikxotrofia trong đất:

Trong thực tế có thể gặp trường hợp: Khi dưới ảnh hưởng tác dụng của một tải trọng động, một số đất sét và đất bùn có thể chuyển sang trạng thái chảy nhão rồi biến thành dung dịch, lúc này đất hoàn toàn mất hết lực dính kết cấu, và nếu để sau một thời gian không tác dụng tải trọng động nữa, các đất ấy lại hoàn toàn phục hồi các đặc tính cũ như là kết cấu, độ sệt, độ rỗng, v.v... Quá trình đó có thể lặp đi lặp

lại nhiều lần. Hiện tượng xảy ra như trên gọi là hiện tượng Tikxotrofia. Đất mang tính chất này gọi là đất Tikxotrofia.

Qua thực nghiệm người ta đã nhận thấy rằng, hiện tượng Tikxotrofia chỉ xảy ra khi có đầy đủ các điều kiện sau:

- Đất chứa nhiều hạt phân tán nhỏ như hạt keo, đặc biệt là chứa nhiều Bentônít hay nói rõ hơn là chứa nhiều loại khoáng vật Mônmôrilônit.
- Đất đó phải bão hòa nước.
- Đất đó chịu tác dụng của tải trọng động.

Dựa vào các điều kiện trên có thể nhận thấy rằng hiện tượng Tikxotrofia thường hay xảy ra ở những loại đất trầm tích trẻ, chứa nhiều hạt keo.

Vì hiện tượng đó có ảnh hưởng rất lớn tới điều kiện ổn định của các công trình xây dựng, do đó trong xây dựng cần phải quan tâm chú ý đến, đặc biệt là khi thi công đóng cọc có thể gây ra ảnh hưởng hoặc làm hư hỏng các công trình lân cận.

6.5. Hiện tượng biến loãng của đất cát:

Hiện tượng biến loãng (chảy lỏng) của đất cát có thể gặp ở các đất cát nhỏ no nước, khi chịu tải trọng rung ở những điều kiện nhất định. Nếu các loại này được dùng làm nền cho các móng máy, hoặc làm vật liệu đắp các đê, đập thì trong những điều kiện ấy, đất nền sẽ bị đùn ra ngoài, hoặc khối đất đắp sẽ bị đổ sụp, gây ảnh hưởng tai hại cho công trình.

Hiện tượng biến loãng này đã được giáo sư N.M.Gerxevanov và giáo sư N.N.Maxlov chỉ rõ rằng: Đất cát nhỏ bão hòa nước phát sinh hiện tượng chảy lỏng (biến loãng) là vì, khi có tác dụng của tải trọng động thì áp lực nước lỗ rỗng xuất hiện đột ngột và có trị số lớn ở tại vị trí tác dụng của tải trọng động đó, rồi truyền đi rất nhanh lên toàn bộ khối đất bão hòa nước. Trong những trường hợp nếu trị số áp lực đó vượt quá trọng lượng bản thân của đất ở trong nước (ứng với dung trọng đẩy nổi), thì các điểm tiếp xúc giữa các hạt bị phá hoại và đất chuyển sang hoàn toàn như một dung dịch (hình I - 10).

Hình I-10

Cường độ chống cắt của đất cát lúc này hầu như bằng không và cả khối đất hoàn toàn mất sức chịu tải, dẫn đến sự phá hoại công trình. Và nếu như ngừng tác dụng tải trọng động thì áp lực nước lỗ rỗng của nó giảm xuống, các hạt cát lại dịch lại gần nhau và sắp xếp theo một dạng kết cấu chặt hơn trước, nghĩa là độ rỗng của nó nhỏ hơn trạng thái ban đầu. Căn cứ vào các tài liệu nghiên cứu người ta thấy rằng hiện tượng biến loảng dễ xảy ra hơn cả ở các đất cát có hình dạng tròn nhẵn, đường kính D_{10} của hạt bé hơn 0,1mm, hệ số không đồng đều $C_u < 5$ và độ rỗng (n) vào khoảng 0,44 đồng thời trong đất có chứa một ít hạt sét.

Hiện tượng biến loãng có ảnh hưởng lớn đến các công trình xây dựng, do đó việc đề phòng, tránh hiện tượng này xảy ra là sự cần thiết đối với chúng ta và hiện nay thường dùng các biện pháp sau đây:

- Giảm bớt cường độ của tải trọng động.
- Làm tăng độ chặt của đất cát.
- Tăng cường khả năng thoát nước của đất cát.
- Cải thiện tình hình phân bố ứng suất trong đất.

Nói chung các biện pháp thường không áp dụng riêng rẽ nhau, mà được áp dụng kết hợp chặt chẽ với nhau thì mới mang lại hiệu quả lớn nhất.

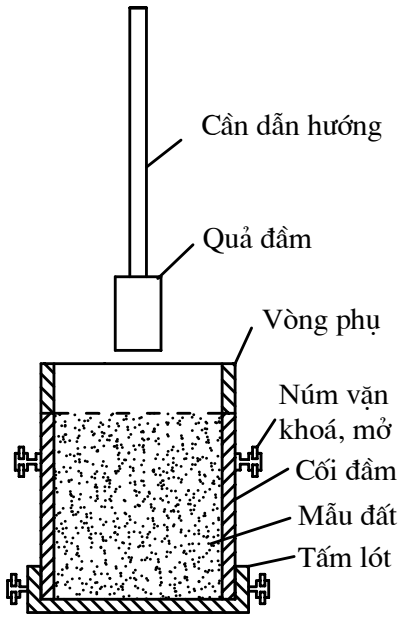
6.6. Tính đầm chặt của đất:

Đất có tính chất là: dưới tác động cơ học như rung, nén, nện các hạt đất sẽ dịch chuyển tạo thành một kết cấu mới chặt hơn. Tính chất này của đất rất thuận lợi cho việc dùng đất làm vật liệu để xây dựng những công trình bằng đất như đắp nền đường,đê,đập. Trong thực tế khi làm nền đường, đắp đập, đắp đê và gia cố nền thường cần phải đầm đất tới một độ chặt cần thiết để cho các công trình nêu trên đủ độ bền vững, ổn định và các tính thấm, tính nén lún, v.v... giảm đi. Các yếu tố chủ yếu ảnh hưởng đến việc đầm chặt đất là: cấp phối của đất, độ ẩm của đất, công đầm nén. Trong phần lớn các trường hợp người ta không thể tạo ra được một cấp phối như ý muốn (bằng cách pha trộn các cỡ hạt) mà chỉ có thể chọn bãi khai thác đất để đắp công trình. Nghĩa là chấp nhận một cấp phối tự nhiên tương đối thích hợp cho việc đầm chặt. Như vậy, việc nghiên cứu tính đầm chặt của đất chỉ còn tìm mối quan hệ giữa dung trọng khô (γ_k), độ ẩm (W) và công đầm (A), từ đó có thể chọn được dung trọng khô, độ ẩm thỏa mãn với yêu cầu của công trình, đồng thời ứng với công đầm nén nhỏ nhất. Việc lựa chọn này dựa trên kết quả thí nghiệm đầm chặt đất.

Nguyên lý thí nghiệm:

Nếu đất khô, độ ẩm nhỏ thì công đầm nén sẽ tiêu hao vào việc khắc phục ma sát giữa các hạt mà không làm cho đất chặt lại được bao nhiêu. Ngược lại nếu đất quá ướt, độ ẩm cao thì màng nước liên kết càng dày đẩy các hạt xa nhau, làm cho đất không thể chặt được. Như vậy với một công đầm nén xác định, cần phải có một độ ẩm tốt nhất để khi đầm nén đất sẽ đạt được độ chặt cao nhất.

Dụng cụ thí nghiệm trong phòng (Hình I - 11) là một hình trụ tròn bằng kim loại, ở bên dưới có tấm lót, ở bên trên có vành kéo dài có thể tháo rời được. Quả đầm có hình trụ tròn xỏ vào một cần thẳng và di động, cần có tác dụng dẫn hướng và khống chế độ cao rơi, ngoài ra là cân và các dụng cụ thí nghiệm độ ẩm.



Hình I-11

Cách thí nghiệm:

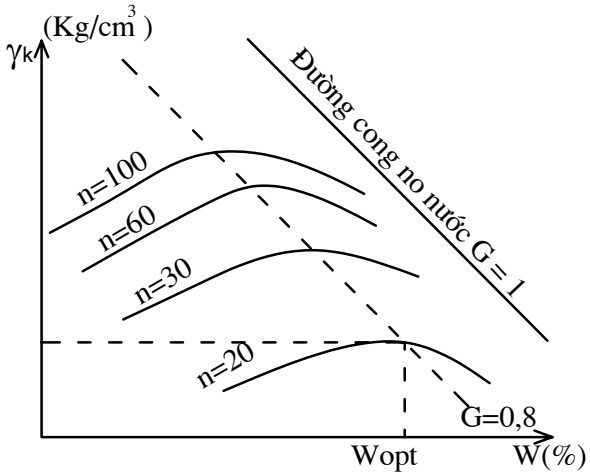
Chuẩn bị một lượng đất đủ dùng, khoảng 6-8kg, hong khô trong không khí, nghiền nhỏ (chú ý không làm vỡ hạt), loại bỏ những hạt to quá 20mm. Dùng một ống đo thể tích đo lượng nước đưa vào mẫu đất. Tưới nước vào mẫu đất bằng cách phun mưa trộn rất cẩn thận trong thời gian lâu để đảm bảo mẫu đất ẩm đều. Nếu đất là loại sét thì phủ mẫu bằng vải ẩm để trong nhiều giờ trước khi đem đầm nén.

Cân cối khi chưa có mẫu đất. Cho mẫu đất vào cối từng lớp, thường làm năm lớp. Với mỗi lớp đều đầm (bằng cách thả rơi quả đầm ở một chiều cao xác định) 55 nhát đầm, chú ý sao cho các nhát đầm phân bố đều trên mặt mẫu. Sau khi đầm xong, tháo vành kéo dài ở mặt trên, gọt mẫu đất bằng mặt cối. Cân lại cối đầm có chứa đầy đất. Cuối cùng tháo mẫu đất ra khỏi cối, lấy 2-3 mẫu nhỏ (trên - 10g), đem thí nghiệm xác định độ ẩm.

Lặp lại thí nghiệm với mẫu đất thứ hai, gia tăng lượng nước phun tưới vào mẫu đất (không quên trộn cẩn thận và thật lâu): tiếp tục thí nghiệm cho 5-6 mẫu. Với mỗi

mẫu thí nghiệm ta xác định được trọng lượng thể tích đất (ướt) γ và tương ứng với nó là độ ẩm W, hoặc trọng lượng thể tích đất (khô) γ_k và độ ẩm W.

Kết quả thí nghiệm được thể hiện bằng đường cong, trên đồ thị có trục tung biểu thị $\gamma_k = f(W)$, trục hoành biểu thị W (Hình I -12). Theo đó ta xác định được độ ẩm đầm nén tốt nhất ứng với một công đầm nén xác định. Nếu thay đổi công đầm nén ta thấy: Khi tăng công đầm nén lên thì độ ẩm tốt nhất nhỏ đi một chút (điểm cực trị dịch về bên trái), tất cả các đường cong $\gamma_k = f(W)$ đều tiệm cận một đường thẳng gọi là đường bão hòa.



Hình I-12: Các đường cong đầm chặt

Thí nghiệm đầm chặt nêu trên người ta thường gọi là thí nghiệm Proctor (tên người đã đề xuất thí nghiệm đầu tiên). Dựa vào nguyên lý thí nghiệm đầm chặt đã nêu trên, sau này người ta đã cải biến đi, nên ở các nước khác nhau có quy định khác nhau về thí nghiệm đầm chặt.

*** Thí nghiệm proctor thông thường:**

Cối đầm chặt có đường kính bằng 10cm, chiều cao cối đầm là 12,70cm, thể tích cối đầm là 1000cm^3. Đầm có đường kính đáy là 10cm, trọng lượng quả đầm 2,5kg. Tấm lót đáy có đường kính 10cm.

Cách thí nghiệm :

- Cho quả đầm rơi tự do với chiều cao 30,5cm, số lớp đất đầm là 3, chiều dày lớp đất là 4cm, số nhát chày đầm cho mỗi lớp là 25 chày, năng lượng đơn vị 5,4kG.cm/cm^3.(Năng lượng đơn vị được tính là: trọng lượng quả đầm nhân với chiều cao rơi nhân với số nhát đầm cho mỗi lớp nhân với số lớp đất đầm nén, kết quả đó chia cho thể tích cối đầm).

*** Thí nghiệm proctor cải tiến:**

Cối đầm chặt có đường kính bằng 12,5 cm, chiều cao cối đầm 12,70cm , thể tích cối đầm 2224cm^3. Đầm có đường kính đáy là 5,08cm, trọng lượng quả đầm 4,54kg.

Cách thí nghiệm:

- Cho quả đầm rơi tự do với chiều cao 45,7cm, số lớp đất đầm nén là 5, chiều dày mỗi lớp 2,5cm, số nhát đầm cho mỗi lớp là 55, năng lượng đơn vị 25KG.cm/cm^3.

*** Thí nghiệm proctor do công binh Mỹ cải tiến:**

Cối đầm chặt có đường kính là 15,24cm, chiều cao cối đầm 12,70cm, thể tích cối đầm là 2317cm^3. Đầm có đường kính đáy là 5,08cm, trọng lượng quả đầm là 4,54KG, tấm lót đáy dày 5,08cm và đường kính là 15,24cm.

Cách thí nghiệm:

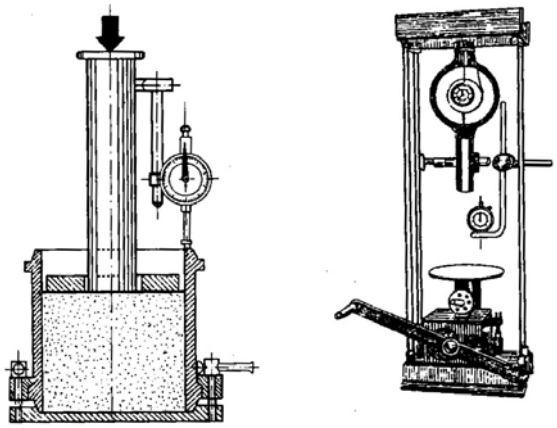
- Cho quả đầm rơi tự do với chiều cao 45,7cm, số lớp đất đầm là 5, chiều dày mỗi lớp 2,5cm, số nhát đầm 55, năng lượng đơn vị 24,5KG.cm/cm^3.

*** Thí nghiệm CBR (California Bearing Ratio)**

Ở Mỹ và một số nước, trong xây dựng đường ô tô thường dùng chỉ số CBR (viết tắt của tên California Bearing Ratio - Chỉ số chịu tải CBR), là tỷ số biểu thị bằng phần trăm giữa áp lực tạo sự xuyên ngập một trụ xuyên trong đất ta xét với áp lực tạo sự xuyên ngập như thế trong vật liệu tiêu chuẩn. Kích thước trụ xuyên, tốc độ và độ sâu xuyên được chuẩn hoá.

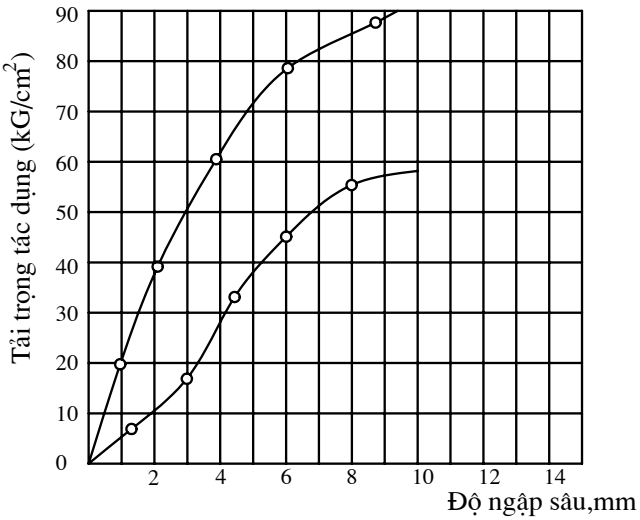
Dụng cụ thí nghiệm (hình I-13): Trụ xuyên tiết diện 3 inch^2 (19,35cm^2), dài khoảng 20cm, gắn vào một giá đỡ có gán lực kế và đồng hồ đo chuyển vị; một cơ cấu vitme với tay quay nâng hộp mẫu tạo ra sự xuyên ngập của trụ xuyên.

Hộp mẫu là một cối đầm chặt kiểu Proctor Công binh Mỹ cải tiến, nhưng chiều cao cối lớn hơn, bằng 7 inch (17,78cm); ngoài ra có những tấm cứng vành khuyên đặt trên mẫu đất trong cối đầm dùng để gia tải lên mẫu đất, trụ xuyên đi qua lỗ tâm các tấm.



Hình I-13: Dụng cụ thí nghiệm CBR

Cách thí nghiệm: Đầu tiên mẫu đất được đầm chặt như thí nghiệm Proctor Công binh Mỹ cải tiến với độ ẩm sai lệch 60,5% độ ẩm đầm nén tốt nhất. Dùng các tấm vành khuyên gia tải lên mặt mẫu bằng tải trọng đất chịu trong tự nhiên, nhưng trọng lượng tối thiểu các tấm vành khuyên là 10 lbs (4,54kG). Đưa hộp mẫu vào dưới trụ xuyên, tác dụng lực 10 lbs để trụ xuyên tiếp xúc với mẫu. Gá đồng hồ đo chuyển vị tỳ lên thành cối đầm và đưa về 0. Bắt đầu quá trình ép trụ xuyên, thao tác sao cho tốc độ xuyên là không đổi và đúng bằng tốc độ tiêu chuẩn hoá là 1/20 inch trong một phút (1,27mm/phút). Trong quá trình xuyên ghi chép áp lực xuyên ứng với các độ sâu xuyên 0,64; 1,27; 1,91; 2,54; 5,08 và 7,62mm.



Hình I - 14: Đường cong ứng suất □ biến dạng

Kết quả đo được trình bày trên đồ thị thí nghiệm CBR (Hình I - 14)

Tính được các chỉ số chịu tải:

$$\frac{p_{(2,54)}}{70,00}100\% \text{ và } \frac{P_{5,08)}}{105,00}100\%$$

Trong đó: $P_{(2,54)}$ và $P_{(5,08)}$ - áp lực làm trụ xuyên sâu 2,54 và 5,08 mm.

70,00 và 105,00 - áp lực làm trụ có cùng độ sâu xuyên như thế đối với vật liệu tiêu chuẩn lấy làm gốc so sánh.

Giá trị đầu được lấy làm trị số chịu tải CBR trừ khi giá trị sau lớn hơn. Trong trường hợp giá trị sau lớn hơn, khi đó kiến nghị làm lại thí nghiệm, nếu kết quả làm lại vẫn như vậy thì lấy giá trị thứ hai làm chỉ số chịu tải, nếu không thì lấy giá trị thứ nhất làm chỉ số chịu tải.

6.7. Tính thấm của đất:

Như chúng ta đã biết, tất cả các loại đất trong thiên nhiên đều có lỗ rỗng, các lỗ rỗng này thường nối liền nhau. Cho nên các loại đất trong thiên nhiên ít nhiều đều thấm nước. Tính thấm là một đặc tính quan trọng của đất, cần được chú ý đến khi nghiên cứu các tính chất cơ học của chúng. Tùy theo mức độ thấm nhiều hay ít, lưu lượng nước thấm lớn hay bé trong đất mà quá trình nén lún của đất đó kết thúc nhanh hay chậm. Trong khi nước thấm qua đất còn xuất hiện áp lực thủy động, gây ra hiện tượng xói đùn đất nền dưới các công trình xây dựng nói chung và dưới các công trình thủy lợi nói riêng, ngoài ra còn gây ra các hiện tượng sụt lở các mái dốc.

6.7.1. Định luật thấm

Qua hàng loạt các công trình nghiên cứu của X.A.RôZa, N.M. Gerxevanov, Darcy, Pavlovski.v.v.... cho thấy rằng đối với các loại đất cát vừa, cát nhỏ, cũng như các loại đất sét dẻo. Sự chuyển động của nước trong đất được liệt vào loại chảy tầng. Do đó, đối với các loại đất này, để nghiên cứu hiện tượng thấm, có thể áp dụng định luật Darcy:

$$Q = K.F.t.J \qquad (I - 19)$$

trong đó: Q - là lượng nước thấm qua mặt cắt F trong thời gian (t).
F - là diện tích mặt cắt vuông góc với dòng thấm.
t, K - là thời gian và hệ số thấm nước của đất.
J - là Gradien thủy lực.

Theo định luật thấm này, lượng nước thấm chảy qua một mặt cắt nhất định và trong thời gian nhất định là tỷ lệ với gradien thủy lực, thời gian thấm và diện tích mặt cắt ấy. Nếu ký hiệu lượng nước thấm trên một đơn vị diện tích và trong một đơn vị thời gian là : $V = \frac{Q}{F.t}$ thì ta có : V = K.J (I-19'). (Khi quá trình nước thấm trong đất diễn ra theo quy luật chảy tầng thì lưu tốc thấm V tỷ lệ thuận với gradien thủy lực J). Biểu thức (I-19') chính là biểu thức toán học của định luật thấm.

Thực tế nước chỉ thấm qua các lỗ rỗng của đất, cho nên lưu tốc thấm thực lớn hơn nhiều lưu tốc thấm V xác định theo biểu thức (I - 19'). Tuy vậy, trong tính toán công trình, để đơn giản hóa và tiện lợi người ta vẫn dùng V theo biểu thức (I -19').

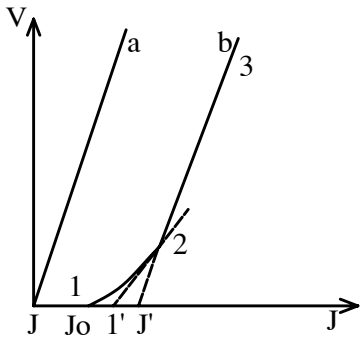
Từ biểu thức (I - 19'), ta thấy rằng, khi gradien thủy lực mà bằng một (J = 1) thì hệ số thấm K chính là lưu tốc thấm V, cho nên hệ số thấm K cũng có đơn vị tính là (cm/s) như lưu tốc thấm.

Nhiều thí nghiệm nghiên cứu cho thấy rằng, hệ số thấm K phụ thuộc rất nhiều yếu tố, như thành phần cấp phối, độ rỗng, kết cấu của đất, thành phần dung dịch nước lỗ rỗng và lượng chứa các khí kín, tức là phụ thuộc vào loại đất. Hệ số thấm của một số loại đất trong thiên nhiên có thể thay đổi như sau:

Đất cát	$K = 1.10^{-1} \div 1.10^{-4}$ m/s
A' cát	$K = 1.10^{-3} \div 1.10^{-6}$ m/s
A' cát	$K = 1.10^{-5} \div 1.10^{-8}$ m/s
Sét	$K = 1.10^{-7} \div 1.10^{-10}$ m/s

6.7.2. Gradien thủy lực ban đầu của đất sét:

Nếu theo biểu thức (I - 19') của định luật Darcy thì vận tốc thấm và gardien thủy lực được liên hệ với nhau bằng một đường thẳng (a) trên hình (I - 15). Tuy vậy, bằng nhiều công trình thực nghiệm đã cho thấy rằng đường thẳng đi qua gốc tọa độ chỉ đúng với các loại đất rời .Còn đối với các loại đất sét thì biểu đồ liên hệ giữa vận tốc thấm và gradien thủy lực là một đường cong lõm xuống và chỉ khi gradien thủy lực tương đối lớn thì quan hệ đó mới là đường thẳng (đường b trên hình I-15) . J_0 được



Hình I-15

gọi là gradien thủy lực ban đầu của đất sét. Để tiện dụng, thay cho J_0 người ta kéo dài đoạn thẳng của đường quan hệ J - V cho gặp trục J tại điểm J'. Thay cho J_0 người ta dùng J' để viết biểu thức định luật Darcy cho đất sét là:

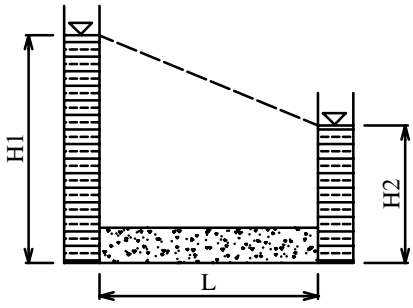
$$v = K(J - J') \qquad (I - 20)$$

Sở dĩ đất sét xảy ra hiện tượng nêu trên là vì trong đất sét có nước liên kết, cho nên quy luật thấm ở loại đất này phức tạp hơn nhiều so với đất rời, ảnh hưởng của nước liên kết này tới hiện tượng thấm rất mạnh mẽ ở các đất sét phân tán cao, có chiều dày màng nước liên kết bằng kích thước các lỗ rỗng trong đất.

6.7.3. Áp lực thủy động trong đất:

Trong quá trình thấm, do sự chuyển động của nước trong đất mà nó tạo ra một áp lực lên các hạt đất và có xu hướng cuốn các hạt đất trôi theo, do đó khi xác định nội lực trong đất nền cần phải biến áp lực đó - Gọi là áp lực thủy động. Ngược lại, đất sẽ có một lực cân bằng áp lực thủy động tác dụng lên khối nước di chuyển.

Áp lực thủy động có thể xác định một cách dễ dàng trong trường hợp nước thấm qua đất có cột nước áp không di chuyển. Giả sử có trường hợp thấm qua một ống đất có chiều dài là L và diện tích mặt cắt là F, dưới tác dụng của sự chênh lệch cột nước (H_1 - H_2) như trên hình (I - 16).



Hình: I - 16

Dựa vào hình (I - 16) có thể thiết lập phương trình cân bằng động của đất, cả các lực tác dụng lên khối nước di chuyển như sau:

$$(H_1 - H_2).F.\gamma_0 + T.F.L + J' = 0 \qquad (I-21)$$

Trong đó: $(H_1 - H_2).F.\gamma_0$ - là lực gây ra thấm

T - là lực cản đơn vị

T.F.L - là lực cản của khối đất

J' - là lực quán tính.

Do vận tốc thấm của nước trong đất rất nhỏ nên có thể bỏ qua lực quán tính J' nên ta có:

$$(H_1 - H_2).F.\gamma_0 + T.F.L = 0 \qquad (I - 21')$$

Từ đây rút ra:

$$T = -\frac{H_1 - H_2}{L}.\gamma_0 = -J.\gamma_0 \qquad (I - 22)$$

Trong đó: J - là gradien thủy lực

Vì do áp lực thủy động ký hiệu là D có cùng trị số với lực cản, nhưng ngược chiều với lực cản T nên biểu thức xác định áp lực thủy động sẽ là:

$$D = J.\gamma_0 \qquad (I - 23)$$

Trong thực tế tính toán công trình, áp lực thuỷ động được áp dụng rất nhiều, như khi tính toán ổn định mái đất trong trường hợp mực nước hai bên mái đất chênh lệch nhau, hoặc khi tính toán ổn định của đáy hố móng khi thi công bằng cách hút nước từ bên trong hố.

Bài tập : Ví dụ I - 1:

Dùng 1 dao vòng có thể tích là 50cm^3 để lấy mẫu đất nguyên dạng, trọng lượng của đất ướt là 95 gam, trọng lượng sau khi sấy khô là 75 gam, tỷ trọng hạt của đất xác định được là $\Delta = 2,68$. Tính dung trọng tự nhiên γ, độ ẩm W, hệ số rỗng và độ bão hòa G của đất.

Trình tự tính toán như sau:

- Tính dung trọng tự nhiên:

Theo công thức (I-2) ta có:

$$\gamma = \frac{Q}{V} = \frac{95}{50} = 1,9 \ (g/cm^3)$$

- Tính độ ẩm của đất:

Theo định nghĩa ta có:

$$W = \frac{Q_n}{Q_h}.100 = \frac{Q - Q_h}{Q_h}.100 = \frac{95 - 75}{75}.100 = 26,70\%$$

- Tính hệ số rỗng:

Theo công thức (1) bảng (I-3) ta có:

$$e = \frac{\Delta\gamma_0(1 + 0,01.W)}{\gamma} - 1 = \frac{2,68.1.(1 + 0,01.26,7)}{1,9} - 1 = 0,79$$

- Tính độ bão hòa G:

Theo công thức(6) bảng (I-3) ta có:

$$G = \frac{0,01.W.\Delta}{e} = \frac{0,01.26,7.2,68}{0,79} = 0,91$$

Ví dụ I-2: Một mẫu đất sét nặng 250 gam với dung trọng $\gamma = 2,0$ g/cm^3, tỷ trọng hạt $\Delta = 2,7$, độ ẩm tự nhiên $W = 32\%$.

Bây giờ muốn tăng độ ẩm của toàn bộ mẫu đất lên tới 35%, hỏi phải đổ thêm lượng nước vào là bao nhiêu?

Giải: Muốn tính được lượng nước đổ thêm vào, ta cần tìm lượng nước ứng với độ ẩm 30% và 35%.

- Trước hết cần tìm dung trong khô (vì cần tìm trọng lượng hạt Q_h).

Theo công thức (10) bảng (I-3) ta có:

$$\gamma_K = \frac{\gamma}{1+0,01W} = \frac{2}{1+0,01.32}$$

Theo công thức (I-5) ta có thể tính được trọng lượng hạt như sau:

$$Q_h = \gamma_K.V = \gamma_K.\frac{Q}{\gamma} = \frac{2}{1+0,01.32}.\frac{250}{2} = 189,4(g)$$

- Trọng lượng nước ứng với độ ẩm 32% là:

$$Q_n\ (32\%) = Q - Q_h = 250 - 189,4 = 60,6(g)$$

Theo định nghĩa:

$W = \frac{Q_n}{Q_h}$, do đó ta có thể tính được trọng lượng nước ở 35% tức là:

$$Q_n(35\%) = 0,35.Q_h = 0,35.189,4 = 66,2\ (g)$$

Do đó trọng lượng nước phải đổ thêm là:

$$Q_n\ (35\%) - Q_n\ (32\%) = 66,2 - 60,6 = 5,6\ (g)$$

Ví dụ I - 3: Có một công trình xảy ra sự cố người ta cần phải điều tra để tìm ra nguyên nhân của sự cố đó, một trong những công tác điều tra không thể thiếu được là tìm hiểu tình hình nền đất đặt dưới công trình đó. Chẳng may vì điều kiện khách quan một trong những lớp đất dưới công trình không còn đủ số liệu mà chỉ có những chỉ tiêu sau: tỷ trọng hạt $\Delta = 2,68$, độ ẩm $W = 24\%$, chỉ số dẻo $\phi = 12$, độ sệt $B = 0,4$, độ bão hòa $G = 0,8$. Hỏi có thể xác định được dung trọng tự nhiên γ, giới hạn nhão W_{nh}, giới hạn dẻo W_d của đất đó hay không? nếu được thì trị số của chúng bằng bao nhiêu?

Giải : Để có thể xác định được dung trọng tự nhiên rút ra từ công thức tính e, trước hết ta cần xác định hệ số rỗng:

Hệ số rỗng của đất có thể xác định từ công thức :

$$G = \frac{0,01.W.\Delta}{e} \Rightarrow e = \frac{0,01.W.\Delta}{G} = \frac{0,01.24.2,68}{0,8} = 0,804$$

Mặt khác ta có:

$$e = \frac{\Delta\gamma_0(1+0,01.W)}{\gamma} - 1 \quad \Rightarrow \quad \gamma = \frac{\Delta\gamma.(1+0,01W)}{1+e} \Rightarrow$$

$$\gamma = \frac{2,68.1(1+0,01.24)}{1+0,804} = 1,84 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Từ công thức (I-17) ta có:

$$B = \frac{W - W_d}{W_{nh} - W_d} = \frac{W - W_d}{\phi}$$

Vậy giới hạn dẻo của đất sẽ là:

$$W_d = W - B.\phi = 0,24 - 0,4.0,12 = 0,192 = 19,2\%$$

Do đó ta có giới hạn nhão của đất sẽ là:

$$W_{nh} = \phi + W_d = 12 + 19,2 = 31,2\%$$

Ví dụ I-4: Xác định tên và trạng thái vật lý của một loại đất khi biết $\gamma = 2,01$ t/m^3, tỷ trọng hạt $\Delta = 2,77$, giới hạn nhão $W_{nh} = 40,8\%$, giới hạn dẻo $W_d = 19,8\%$, độ ẩm tự nhiên $W = 26,27\%$.

Trình tự tính toán như sau:

- Tính chỉ số dẻo theo công thức (I-18):

$$\phi = W_{nh} - W_d = 40,8 - 19,8 = 21,0\%$$

- Tính độ sệt theo công thức (I-17):

$$B = \frac{W - W_d}{\phi} = \frac{26,27 - 19,8}{21,0} = 0,588$$

- Tính hệ số rỗng theo công thức:

$$e = \frac{\Delta.\gamma_0(1+0,01.W)}{\gamma} - 1 = \frac{2,77.1.(1+0,01.26,27)}{2,01} - 1 = 0,74$$

Kết luận: Đất sét ở trạng thái dẻo mềm.

Ví dụ I-5: Xác định tên đất và trạng thái vật lý của một loại đất khi biết các số liệu thí nghiệm trong phòng như sau: Dung trọng của đất $\gamma = 1,89$ g/cm^3, tỷ trọng hạt $\Delta = 2,69$; độ ẩm tự nhiên $W = 13,5\%$ và số liệu cho như bảng sau:

Bảng I-13: Cỡ nhóm hạt và lượng chứa.

Đường kính hạt (mm)	>10	10-2	2-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1	Tổng cộng
Khối lượng mỗi nhóm (g)	4	6	10	13	12	5	50
Phần trăm mỗi nhóm (%)	8	12	20	26	24	10	100

Trình tự tính toán như sau:

Từ số liệu cho ở trên ta có thể khẳng định rằng đây không phải là đất dính, mà là đất rời.

1) Xác định tên đất và hệ số không đồng đều:

Từ kết quả phân tích hạt ở bảng trên ta có:

Những hạt có đường kính trung bình > 10mm chiếm 8% khối lượng

Những hạt có đường kính trung bình > 2mm chiếm 8+12=20% khối lượng

Những hạt có đường kính trung bình > 0,5mm chiếm 20+20=40% khối lượng

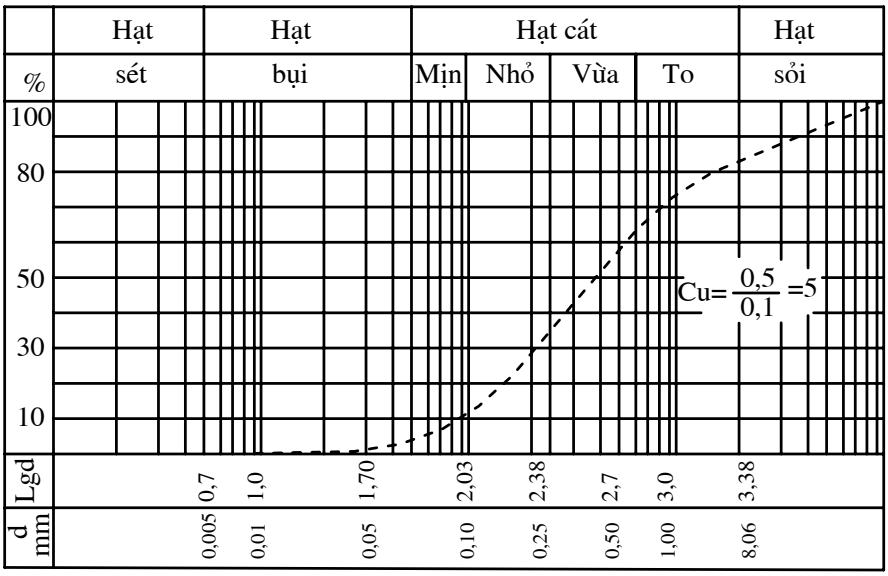
Những hạt có đường kính trung bình > 0,25mm chiếm 40+26=66% khối lượng

Những hạt có đường kính trung bình > 0,1mm chiếm 66+24=90% khối lượng

Theo bảng (I-9) và theo kết quả tích luỹ phần trăm khối lượng các nhóm hạt nêu trên, thấy khối lượng những hạt có đường kính > 0,25mm chiếm 66% tổng khối lượng (>50%), cho nên đất này là đất cát vừa.

Hình (I-17) biểu thị đường cong tích luỹ hạt của loại cát đó.

Từ hình (I-17) ta có: D_{60}=0,5mm, D_{10} = 0,1mm



Hình I-17 : Đường tích lũy hạt.

- Hệ số không đồng đều của cát đó là:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,5}{0,1} = 5 > 3$$

Như vậy cát không đều hạt.

2. Xác định của đặc trưng vật lý cần thiết

Theo công thức (I-18) ta có hệ số rỗng:

$$e = \frac{\Delta\gamma_0(1+0,01W)}{\gamma} - 1 = \frac{2,69.1(1+0,01.13,5)}{1,89} - 1 = 0,603$$

Theo công thức (6) bảng (I-3) ta có độ bão hòa:

$$G = \frac{0,01.W.\Delta}{\gamma} = \frac{0,01.13,5.2,69}{0,603} = 0,59$$

Kết luận: $0,5 < G = 0,59 < 0,8$ - cát ẩm

$0,55 < e = 0,603 < 0,65$ - cát chặt vừa