

Đất xây dựng - Phương pháp xác định tính nén lún trong phòng thí nghiệm

Soil – Laboratory method of determination of compressibility

Tiêu chuẩn này định phương pháp xác định tính nén lún (trong điều kiện không nở hông) của đất loại cát và đất loại sét có kết cấu nguyên hoặc bị phá hoại, ở độ ẩm tự nhiên hoặc hoà nước, trong phòng thí nghiệm dùng cho xây dựng.

1. Quy định chung

- 1.1. Tính nén lún của đất là khả năng giảm thể tích của nó (do giảm độ rỗng, biểu hiện ở sự giảm chiều cao) dưới tác dụng của tải trọng ngoài.
- 1.2. Việc xác định tính nén lún của đất bao gồm: tìm hệ số nén lún, modun tổng biến dạng, hệ số cố kết của đất có kết cấu nguyên hoặc chế bị, ở độ ẩm tự nhiên hoặc bằng hoàn toàn bão hoà nước.
- 1.3. Để làm bão hoà mẫu đất, nên dùng nước cất hoặc nước uống được. Để thí nghiệm các mẫu đất có chứa muối hòa tan, nên dùng nước dưới đất tại nơi lấy mẫu hoặc bằng nước có thành phần hóa học tương tự.
- 1.4. Mẫu đất thí nghiệm có hình trụ tròn, với tỉ số giữa đường kính và chiều cao khoảng 3/4. Đối với đất loại sét và đất loại cát (không lẫn sỏi sạn), đường kính mẫu cho phép không nhỏ hơn 50mm. Đối với đất có lẫn sỏi sạn, đường kính mẫu không nên nhỏ hơn 70mm.
- 1.5. Tải trọng tác dụng lên mẫu theo từng cấp và phải bảo đảm thẳng đứng. Sai số cho phép của mỗi cấp áp dụng trong thời gian thí nghiệm không vượt quá 3% .
Để có thể xác định những trị số lún ban đầu sau khi đặt lực, động tác chất tải ở mỗi cấp áp lực phải được thực hiện nhẹ nhàng, tránh rung và không chậm quá 3 giây.
- 1.6. Cấp tải trọng ban đầu để thí nghiệm mẫu có kết cấu nguyên nên lấy bằng hoặc nhỏ hơn áp lực thiên nhiên tác dụng lên mẫu đất.

Nếu lớp đất lấy mẫu là đồng nhất và ở trên mực nước ngầm thì áp lực thiên nhiên (σ_m) tính bằng Niuton trên mét vuông hay (KG/cm²) theo công thức (1) hay (1a) :

$$\sigma_m = 10^4 H \gamma_w \quad (1) ;$$

$$\sigma_m = 0,1H.\gamma_w \quad (1a).$$

Nếu lớp đất lấy mẫu nằm dưới mực nước ngầm, thì áp lực thiên nhiên được tính bằng Niuton trên mét vuông hay (KG/cm²) theo công thức (2) hoặc (2a)

$$\sigma_m = 10^4 .[(H - H_1).(y_w - 1) - H_1 \gamma_w] \quad (2)$$

$$\sigma_m = 0,1 .[(H - H_1).(y_w - 1) - H_1 \gamma_w] \quad (2a) .$$

Trong đó :

H - độ sâu lấy mẫu, tính bằng mét ;

H₁ - độ sâu mực nước ngầm kể từ mặt đất, tính bằng mét ;

γ_w - khối lượng thể tích của đất nằm trên mực nước ngầm, tính bằng tấn trên mét khối ;

10⁴ hay 0,1 - hệ số tính đổi thứ nguyên (để chuyển đơn vị T/m² thành N/m² hay (KG/cm²)).

Đối với đất có kết cấu không nguyên (chế bị) thì giá trị cấp tải trọng ban đầu được xác định trên cơ sở độ chặt và trạng thái của mẫu.

Chú thích : Đối với đất nén chặt bình thường, độ chặt (hệ số rỗng) luôn luôn tương ứng với áp lực thiên nhiên.

Đối với đất nén chưa đến chặt thì độ chặt nhỏ hơn, còn đối với đất nén quá chặt thì tương ứng với áp lực thiên nhiên.

Phương pháp hợp lí nhất xác định trị tải trọng nén đầu tiên là căn cứ vào độ bền kiến trúc thực tế của đất thí nghiệm : giá trị áp lực nhỏ nhất gây ra biến dạng nén thời 0,01mm.

1.7. Áp lực lớn nhất dùng để thí nghiệm nén lún mẫu có kết cấu nguyên phải lớn hơn ít nhất 15% so với tổng áp lực do công trình và áp lực thiên nhiên ở độ sâu lấy mẫu (hay trị độ bền kiến trúc thực tế của đất), còn đối với đất không nguyên trạng thái phải lớn hơn áp lực của công trình khoảng từ 1 đến 2×10^5 N/m² (1 đến 2 KG/cm²).

1.8. Trị số các cấp áp lực nén thí nghiệm được xác định theo tính chất của đất và yêu cầu thực tế của công trình trong từng trường hợp cụ thể. Thông thường, cấp sau lớn gấp hai lần cấp trước.

Đối với đất loại sét ở trạng thái dẻo chảy và chảy, sử dụng các cấp 0,1 ; 0,25; 0,50; 1,0 ; 2,0 KG/cm² ;

Đối với sét, sét pha ở trạng thái dẻo mềm và dẻo cứng dùng các cấp 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 ; 4,0 KG/cm² ;

Đối với đất cứng và nửa cứng, dùng các cấp 0,5 ; 1,0 , 2,0 ; 4,0 và 6,0 KG/m

Số lượng cấp áp lực không nhỏ hơn 5 cho một mẫu nén.

1.9. Mỗi cấp áp lực tác dụng, lên mẫu được giữ cho đến khi đất ổn định biến dạng nén. Trong những thí nghiệm thông thường thì biến dạng nén được xem là ổn định, nếu không vượt quá 0,01mm trong thời gian không ít hơn 30 phút đối với đất cát; 3 giờ đối với đất cát pha; 12 giờ đối với đất sét pha và đất sét có chỉ số dẻo I_p nhỏ hơn 30.

Chú thích :

1. Đối với sét pha, nếu thời gian tác dụng áp lực lên mẫu không ít hơn 24 giờ, thì có thể xem là ổn định về biến dạng. Đối với sét có chỉ số dẻo I_p lớn hơn 30 về sét mềm yếu thì biến dạng chỉ được coi là ổn định, nếu không vượt quá 0,01mm trong 24 giờ.

2. Được phép dùng phương pháp nén như trong các trường hợp sau :

a) Đối với những công trình không quan trọng, không đòi hỏi phải xác định chính xác độ lún được sự đồng ý của cơ quan thiết kế,

b) Đất có chỉ số dẻo $I_p < 30$ và độ sét $I_s < 0,50$.

Khi nén nhanh, giữ các cấp tải trọng đầu và trung gian trong 2h ; riêng cấp cuối được giữ đến ổn định, như Điều 1.9 ; sau đó tiến hành hiệu chỉnh bằng

thích hợp.

2. Tiến hành thí nghiệm

2.1. Để xác định tính nén của mẫu đất trong điều kiện không có nở hông, có thể dùng các loại máy nén khác nhau, nhng phải bảo đảm các quy định trong tiêu chuẩn này.

Những bộ phận chủ yếu của máy nén bao gồm :

- Hộp nén;
- Bàn máy;

- Bộ phận tăng tải với hệ thống cánh tay đòn ;
- Thiết bị đo biến dạng.

2.2. Yêu cầu đối với các thiết bị thí nghiệm

Hộp nén phải có các bộ phận hãm: độ kín khít của máy phải bảo đảm ; biến dạng của máy phải ít nhất Dao vòng chứa mẫu phải nhẵn và có đường kính trong không nhỏ hơn 70mm và không lớn hơn đường kính trong của ống lấy mẫu đất; chiều cao dao vòng không nhỏ hơn 20mm và bề dày từ 0,05 đến 0,04 đường kính. Tỷ số giữa chiều cao và đường kính của dao vòng không nhỏ hơn từ 1/3 đến 1/4.

Chú thích: Đối với đất không có hạt thô (lớn hơn 2mm), đường kính trong của dao vòng được phép không nhỏ hơn 50mm.

2.3. Khi tác dụng tải trọng, phải bảo đảm lực truyền xuống tấm nén theo hướng thẳng đứng và đúng tâm mẫu. Đường kính của tấm nén phải nhỏ hơn đường kính trong của dao vòng từ 0,1 đến 0,3mm, chiều dày của tấm nén phải đảm bảo cho lực truyền qua được toàn bộ và phân bố đều trên mặt mẫu.

Đá thấm phải bảo đảm cho nước có thể thoát ra từ mẫu hay thấm vào mẫu một cách dễ dàng. Vật liệu làm đá thấm phải có độ biến dạng riêng rất nhỏ, không đáng kể (chẳng hạn, hợp chất silic-cacbon).

Ở đáy hộp thấm phải có lỗ và lắp ống để dẫn nước có áp lực khi làm bão hòa nước.

Ở thành đáy hoặc nắp hộp nén cần có lỗ thoát khí và nước.

Trước khi thí nghiệm phải kiểm tra độ kín khít của hộp nén, độ bằng phẳng của bàn máy sự cân bằng của bộ phận truyền tải. Trong quá trình thí nghiệm, máy phải được giữ trong kiện yên tĩnh, không bị ảnh hưởng của các lực rung hoặc va đập; giá máy có thể đặt cố định ở nền hay ngâm chặt vào tường.

2.4. Mỗi chiếc máy nén phải có bản hiệu chỉnh biến dạng riêng. Mỗi năm, nên tiến hành hiệu chỉnh biến dạng của từng chiếc máy và các thông số của dao vòng ít nhất hai lần.

Chú thích: Để xác định biến dạng của các bộ phận máy, cần thay mẫu đất trong dao vòng bằng một mẫu chuẩn kim loại và đặt trên đó những miếng giấy thấm đã làm ướt, sau đó, tiến hành truyền áp lực theo các cấp giống như khi thí nghiệm đất. Mỗi cấp áp lực được giữ cho đến khi hoàn toàn không có biến dạng trong 2 phút. Đối với mỗi chiếc máy cần tiến hành thử ít nhất ba lần; lấy giá trị trung bình cộng của các lần thử làm trị số hiệu chỉnh biến dạng riêng cho máy đó.

2.5. Các dụng cụ khác :

- Mẫu chuẩn bằng kim loại ;
- Dao gạt đất;
- Dao gạt bằng;
- Dụng cụ ấn mẫu vào dao vòng;
- Tủ sấy điều chỉnh được nhiệt độ ;
- Cân kỹ thuật có độ chính xác đến 0,01g ;
- Đồng hồ đo biến dạng có khác vạch đến 0,01mm.

Các dụng cụ để làm thí nghiệm lặp (song song) khi xác định độ ẩm và chỉ số dẻo khối lượng riêng.

3. Chuẩn bị mẫu đất.

3.1. Đối với mẫu đất nguyên trạng, khi chuẩn bị mẫu thí nghiệm cần hạn chế đến mức thấp nhất sự tổn thất lượng nước do bốc hơi cũng như các va chạm.

Sau khi lấy mẫu vào dao vòng, phải gạt bằng mặt trên và mặt dưới theo mép dao. Những chỗ lõm trên mặt phải được lấp đầy bằng đất dư của mẫu (chú ý không lấy đất có lẫn sỏi sạn).

Lau sạch dao vòng có mẫu đất rồi cân nó trên cân kỹ thuật với độ chính xác đến 0,01g để xác định khối lượng thể tích và độ ẩm của đất trước khi nén.

3.2. Đối với đất không nguyên trạng thì lấy mẫu trung bình có khối lượng khoảng 200g từ đất đã được nghiền sơ bộ (nếu gặp đất ẩm thì dùng tay làm tơi, nhặt bỏ sỏi sạn và tạp chất khác) để chế bị mẫu và khoảng 10g để xác định độ ẩm ban đầu W_1

Khối lượng (m_0) của đất ở độ ẩm khống chế (W_0) được tính bằng gam, theo công thức (3):

$$m_0 = \frac{W_0 \times m_1}{W_1} \quad (3)$$

Trong đó :

W_0 - độ ẩm khống chế, tính bằng phần trăm

W_1 độ ẩm ban đầu, tính bằng phần trăm ;

m_1 - khối lượng của đất lấy để chế bị, tính bằng gam.

Nếu độ ẩm ban đầu của đất thấp hơn hoặc cao hơn độ ẩm khống chế, thì thêm nước hoặc hong khô đất trong không khí để mẫu đạt được độ ẩm cần thiết. Khối lượng nước cần thêm vào hay giảm đi bằng hiệu số của m_1 và m_0

Sau khi thêm nước hay hong khô, phải nhào trộn đất lại cẩn thận.

Nhồi đất vào dao vòng theo độ chặt và độ ẩm khống chế. Khối lượng đất cần thiết để nhồi đầy vào dao vòng được tính theo công thức (4).

$$m = V \cdot \gamma_{wo}$$

Trong đó :

m - khối lượng đất cần thiết để nhồi đầy vào dao vòng, tính bằng gam.

V thể tích dao vòng, tính bằng centimét khối ;

γ_{wo} khối lượng thể tích của đất cần khống chế ở độ ẩm W_0 , tính bằng gam trên centimét khối.

Khi nhồi đất vào dao vòng, phải đầm chặt từng lớp một Khi cần chế bị số lớn mẫu đất có cùng độ chặt và độ ẩm thì cho phép nén đất trong cối có dung tích lớn hơn tổng thể tích tất cả các mẫu. Để nén đất trong cối, có thể dùng kích hoặc dụng cụ đầm chặt tiêu chuẩn.

Sau khi nhồi đầy đất vào dao vòng, cân gọt phần đất thừa ở hai đầu cho bằng với mép dao, rồi lau sạch và cân trên cân kỹ thuật với độ chính xác đến 0,01g để xác định khối lượng thể tích và độ ẩm ban đầu của mẫu đất. Độ ẩm ban đầu được xác định bằng hiệu số giữa khối lượng đất trước và sau khi thí nghiệm nén.

Chú thích: Có thể lấy đất còn thừa sau khi cho vào dao vòng để xác định độ ẩm của đất trước khi thí nghiệm.

4. Tiến hành thí nghiệm.

4.1. Sau khi mẫu đất được chuẩn bị xong như ở Điều 3, lấy hộp nén ra khỏi bàn máy và lấy vào mẫu. Trước khi lắp mẫu, phải bôi một lớp dầu máy hoặc vadolin ở mặt ngoài dao vòng và thành hộp nén. Trên hai mặt mẫu đất phải đặt hai tờ giấy thấm đã được làm ẩm trước (đặt giấy thấm trước khi cân mẫu). Mẫu được đặt ở giữa, tấm đá thấm cũng được thấm ướt trước và phía trên cùng là tấm nén truyền tải trọng.

4.2. Đặt hộp nén đã lắp xong mẫu lên bàn nén, cân bằng hệ thống tăng tải bằng đối trọng và đặt hộp đúng vào điểm truyền lực; lắp đồng hồ đo biến dạng và điều chỉnh kim về vị trí ban đầu hoặc về vị trí "0".

Chú thích : Để các bộ phận của máy nén tiếp xúc tốt và hoạt động chính xác khi lắp dao vòng và đặt vào hộp nén, cần phải xoay để có sự tiếp xúc chặt nhất ; trước khi thí nghiệm nên tác dụng lên mẫu đất một áp lực khoảng $0,1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ($0,01 \text{ KG/cm}^2$) và chỉnh kim đồng hồ đo biến dạng về vị trí ban đầu hoặc số "0".

4.3. Tăng tải trọng và theo dõi biến dạng của mẫu

Tăng tải trọng lên mẫu đất theo chỉ dẫn ở các Điều từ 1.5 đến 1.9 của tiêu chuẩn này.

Theo dõi biến dạng nén trên đồng hồ đo biến dạng dưới mỗi cấp tải trọng ngay sau 15 giây tăng tải. Khoảng thời gian đọc biến dạng nén lần sau được lấy gấp đôi so với lần đọc trước : 15 ; 30 giây ; 1 ; 2 ; 4,8 ; 15 ; 30 phút, 1 ; 2 ; 3 ; 6 ; 12 ; 24 giờ kể từ lúc bắt đầu thí nghiệm cho đến khi đạt ổn định quy ước theo Điều 1.9 của tiêu chuẩn này.

Khi không cần đo tốc độ lún, thì có thể đọc biến dạng nén ứng với mỗi cấp tải trọng ở các thời điểm 10 ; 20 ; 30 phút, 1 ; 2 ; 3 ; 4 giờ cho đến khi đạt ổn định quy ước.

4.4. Tải trọng cần thiết để tác dụng lên mẫu ở mỗi cấp áp lực, được tính bằng N (hay KG) theo công thức (5) :

$$P = \frac{\sigma \cdot F - m_c}{f}$$

Trong đó :

m_c – khối lượng của tấm nén, hòn bi và viên đá thấm trên mẫu, tính bằng kilôgam ,

F- diện tích mẫu, tính bằng centimét vuông ; ,

σ - áp lực tác dụng lên mẫu, tính bằng 10^5 Niuton trên mét vuông hay (KG/cm^2) ,

f- tỉ lệ cánh tay đòn của hệ thống truyền lực.

4.5. Nếu cần làm bão hòa mẫu thì đổ nước theo ống dẫn qua đế hộp nén, cho thấm dần từ dưới lên và giữ trong khoảng thời gian không ít hơn 10 phút đối với cát; 6 giờ đối với cát sét pha có chỉ số dẻo (I_p) không lớn hơn 12 ; 12 giờ đối với sét pha có I_p lớn hơn 12 và sét có I_p không lớn hơn 22; 24 giờ đối với sét có I_p từ 22 đến 35; 48 giờ đối với sét có I_p lớn hơn 35.

Trong thời gian bão hòa, phải hãm không cho đất nở và theo dõi số đọc ở đồng hồ đo biến dạng. Nếu kim đồng hồ đo biến dạng dịch chuyển thì chứng tỏ mẫu bị nở; lúc đó phải chỉnh lại vít hãm để đưa kim trở lại vị trí ban đầu trước khi làm ẩm mẫu.

Dùng bông ướt phủ lên mẫu để khỏi bị khô. Nếu mẫu trong tự nhiên là bão hoà nước, thì đổ thêm nước cho ngập mẫu.

- 4.6. Sau khi đã đạt ổn định lún ở cấp cuối cùng thì thấm và hút hết nước trong hộp nén đỡ tải trọng trên giá treo, nâng hệ thống truyền lực lên, lấy hộp nén ra, nhắc tấm truyền lực và đá thấm bên trên mẫu đất, sau đó lấy dao vòng có đất ra khỏi hộp nén.
- 4.7. Xác định khối lượng thể tích và độ ẩm của mẫu đất sau khi nén : dùng vải hoặc giấy thấm khô lau sạch nước ; đem cân dao vòng có đất ẩm và đo thể tích của mẫu đất, sau đó sấy khô toàn bộ mẫu (gồm cả dao vòng, đất và giấy thấm); đem cân lại trên cân kỹ thuật với độ chính xác tới 0,01g để tìm khối lượng khô.
Độ ẩm và khối lượng thể tích được xác định bằng phương pháp cân.
- 4.8. Nếu cần xác định biến dạng khôi phục của đất, phải đợi cho đến khi sự lún của mẫu đất dưới tải trọng đã ngừng hẳn mới bắt đầu đỡ tải lần lượt từng cấp cho đến cấp cuối cùng, và lấy số đọc trên đồng hồ đo biến dạng. Khi chỉ quan tâm đến biến dạng khôi phục cuối cùng, không nhất thiết phải đỡ tải lần lượt từng cấp ; có thể đỡ mỗi lần 2 cấp. Nếu có yêu cầu, có thể đỡ tải một cấp nào đó, rồi lại tăng tiếp, hoặc tăng và đỡ tải theo một số chu kỳ. Thời gian theo dõi biến dạng khôi phục của đất cát, pha và sét pha được phép giảm bớt hai lần so với lúc tăng tải. Đối với đất sét thì tiêu chuẩn ổn định về biến dạng khôi phục cũng được lấy như biến dạng nén lún.
- 4.9. Sau khi đã đỡ hết cấp cuối cùng và biến dạng khôi phục đã ổn định, lấy dao vòng có đất ra khỏi máy nén. Thí nghiệm xong, phải kiểm tra và bôi trơn dầu mỡ tất cả các chi tiết của máy để chống gỉ.
Chú thích : Các trị hiệu chỉnh biến dạng của máy nén chỉ có giá trị cho từng chiếc cụ thể, với cùng loại giấy thấm, cùng điều kiện chất và đỡ tải hoàn toàn giống như khi thí nghiệm. Biến dạng thực tế của mẫu đất ứng với mỗi cấp tải bằng hiệu số giữa tổng biến dạng ghi được khi thí nghiệm và biến dạng riêng tương ứng của từng máy các trị hiệu chỉnh theo Điều 2.4 của tiêu chuẩn này).
- 4.10. Khi cần xác định độ lún ướt tương đối của đất (lún do tẩm ướt, lún sập) thì sau khi ổn định độ lún dưới áp lực bằng tổng tải trọng công trình và áp lực thiên nhiên của cột đất ở một độ sâu nào đó, tiến hành tẩm ướt mẫu và theo dõi độ lún do bị bão hòa nước. Tiếp đó, lại tăng tải thêm từng cấp cho đến trị bổ sung cuối cùng từ 1 đến 3 KG/cm² (tùy yêu cầu). Lượng biến đổi chiều cao (độ lún) của mẫu đất ở cấp tải trọng trước và sau khi tẩm ướt phải được theo dõi và ghi chép đầy đủ.

5. Tính toán kết quả thí nghiệm

- 5.1. Tính toán các đặc trưng vật lí của đất.

Độ ẩm trước khi thí nghiệm (W_0) được tính bằng phần trăm, theo công thức (6):

$$W_0 = \frac{m_1 - m_3}{m_3 - m_d} \times 100$$

Độ ẩm sau khi thí nghiệm (W_k) được tính bằng phần trăm, theo công thức (7):

$$W_k = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_d} \times 100$$

Khối lượng thể tích trước khi thí nghiệm (γ_0) được tính bằng gam trên centimét khối, theo công thức (8) :

$$\gamma_0 = \frac{m_1 - m_d}{V}$$

Khối lượng thể tích sau khi thí nghiệm (γ_k) được tính bằng gam trên centimét theo công thức (9) :

$$\gamma_k = \frac{m_2 - m_d}{V}$$

Hệ số rỗng ban đầu của đất (e_0) được tính theo công thức (10) :

$$e_0 = \frac{\rho(1 + 0,01W_0)}{\gamma_0} - 1$$

Mức độ bão hòa nước trước khi thí nghiệm (G_0) được tính bằng phần trăm, theo công thức (11):

$$G_0 = \frac{W_0 \times \rho}{e_0 \times 100} \cdot 100$$

Trong đó :

- m_d - khối lượng dao vòng, tính bằng gam ;
- m_1 - khối lượng dao vòng có đất trước khi thí nghiệm, tính bằng gam ;
- m_2 - khối lượng dao vòng có đất sau khi thí nghiệm, tính bằng gam ;
- m_3 - khối lượng dao vòng có đất sau khi sấy khô, tính bằng gam ;
- V - Thể tích dao vòng, tính bằng centimét khối ;
- ρ - khối lượng riêng của đất, tính bằng gam trên centimét khối.

5.2. Xác định biến dạng của mẫu (Δh_n) trong quá trình thí nghiệm ở cấp tải trọng thứ n theo công thức (12) :

$$\Delta h_n = r_n - r_0 - \Delta M_n$$

Trong đó :

- Δh_n - biến dạng của mẫu đất ở cấp tải trọng thứ n, tính bằng milimét ;
- ΔM_n - biến dạng của máy ở cấp tải trọng thứ n, tính bằng milimét ;
- r_0 - số đọc ban đầu ở đồng hồ đo biến dạng, tính bằng milimét ;
- r_n - số đọc ở cấp tải trọng thứ n ở đồng hồ đo khi đã ổn định biến dạng nén của mẫu đất, tính bằng milimét.

5.3. Tính toán sự thay đổi của hệ số rỗng (Δe_n) đối với mỗi áp lực theo công thức (13):

$$\Delta e_n = \frac{\Delta h_n}{h_0} (1 + e_0)$$

và hệ số rỗng (e_n) ứng với cấp áp lực đó theo công thức (14) :

$$e_n = e_0 - \Delta e_n$$

Đối với cấp áp lực cuối cùng, tương ứng có

$$\Delta e_k = \frac{\Delta h_k}{h_0} (1 + e_0)$$

$$e_k = e_0 - \Delta e_k$$

Trong đó :

h_0 - chiều cao mẫu đất trước khi thí nghiệm, tính bằng milimét;

e_0 - hệ số rỗng của đất trước khi thí nghiệm ;

h_n - biến dạng của mẫu đất dưới cấp áp lực thứ n, tính bằng milimét;

e_k - hệ số rỗng của đất ứng với cấp áp lực cuối cùng ;

Δe_k - lượng biến đổi (giảm) hệ số rỗng ứng với cấp áp lực cuối cùng;

Δh_n - biến dạng của mẫu đất dưới cấp áp lực cuối cùng, tính bằng milimét

5.4. Tính toán hệ số rỗng ở cấp áp lực cuối cùng theo độ ẩm và khối lượng thể tích của mẫu sau khi thí nghiệm.

Trường hợp thí nghiệm mẫu đất ở độ ẩm tự nhiên hoặc độ ẩm khống chế, theo công thức (17) :

$$e'_k = \frac{\rho(1 + 0,01W_k)}{\gamma_k} - 1$$

Trong đó :

e_k - hệ số rỗng của mẫu sau khi thí nghiệm ;

W_k - độ ẩm của mẫu đất sau khi thí nghiệm, tính bằng phần trăm;

y_k - khối lượng thể tích của mẫu sau khi thí nghiệm, tính bằng gam trên centimét khối

p - khối lượng riêng của đất, tính bằng gam trên centimét khối

Trường hợp thí nghiệm mẫu đất hoàn toàn bão hòa nước, theo công thức (18) :

$$e'_k = 0,01.p.W_k$$

- 5.5. So sánh giá trị cốt cùng của hệ số rỗng tính theo biến dạng (e_k) với giá trị của hệ số rỗng tính theo độ ẩm và khối lượng thể tích của mẫu sau khi thí nghiệm (e'_k).

Nếu sai số giữa e'_k và e_k nằm trong khoảng $\pm 5\%$ (xem trị số e'_k là 100%) thì có thể tiến hành vẽ đường cong nén lún từ các giá trị tính toán theo biến dạng của mẫu.

Nếu sai số giữa chúng lớn hơn $\pm 5\%$ thì hoặc phải làm lại thí nghiệm, hoặc vẽ đường cong nén lún từ các hệ số rỗng theo độ ẩm và độ chặt trước và độ chặt trước và sau khi thí nghiệm còn các hệ số rỗng trung gian được xác định theo công thức (19):

$$e'_n = \alpha \cdot e_n$$

Trong đó :

α - hệ số hiệu chỉnh, được tính bằng công thức (20) :

$$\alpha = \frac{e'_n}{e_n}$$

e'_n - hệ số ở cấp trung gian thứ n đã được hiệu chỉnh ;

e_n - hệ số rỗng ở cấp trung gian thứ n tính theo biến dạng.

- 5.6. Vẽ đường nén lún

Lập liên hệ giữa sự biến đổi trị hệ số rỗng (e) và áp lực thẳng đứng (σ) - được gọi là đường nén lún (hình 1). Thông thường, trên trục hoành đặt các giá trị áp lực (σ) theo tỉ lệ từ 1cm cho 0,2 KG/cm² đến 1 cm cho 0,5 KG/cm²; trên trục tung đặt các giá trị hệ số rỗng tương ứng (e) theo tỷ lệ từ 1cm cho 0,01 đến 1cm cho 0,05.

- 5.7. Sau khi hiệu chỉnh và vẽ đường nén lún, xác định hệ số nén lún (a) được tính bằng m²/N (cm²/KG), theo công thức (21) :

$$a_{n-1,n} = \frac{e_{n-1} - e_n}{\sigma_n - \sigma_{n-1}}$$

Trong đó :

e_{n-1} - hệ số rỗng ở cấp tải trọng thứ n - 1 ;

e_n - hệ số rỗng ở cấp tải trọng thứ n ;

σ_{n-1} - áp lực nén thẳng đứng cấp thứ n - 1, tính bằng Niuton trên mét vuông ;

σ_n - áp lực nén thẳng đứng cấp thứ n, tính bằng Niuton trên mét vuông ;

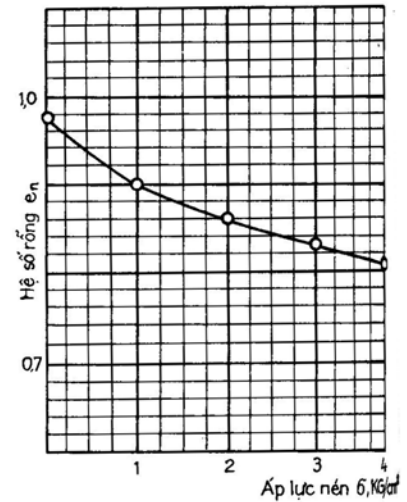
Kết quả tính toán được biểu diễn với độ chính xác đến 1×10^{-8} m²/N (0,001 cm²/KG).

- 5.8. Trị số modun tổng biến dạng $E_{n-1,n}$ theo kết quả thí nghiệm nén không nở hông được tính bằng N/m² hay (KG/cm²) theo công thức (22) :

$$E_{n-1,n} = \frac{1 + e_{n-1}}{a_{n-1,n}}$$

Để chuyển sang trạng thái ứng suất - biến dạng có nở hông, phải xét tới hệ số β (có quan hệ với hệ số nở hông, và hệ số áp lực hông ξ). Sau khi hiệu chỉnh cho β , cần

Áp lực nén σ KG/cm ²	0. 5	1.0	2.0	3.0	4.0
Các giá trị tính toán					
Biến dạng tổng cộng sau 2 giờ (x 0,01mm)		870	1300	1610	1860 1890
Biến dạng của máy (x 0,01mm)		87	143	182	20.8
Δh_n sau 2 giờ (x 0,01mm)		78.3	115.7	142.8	165.2
Δh_n sau 24 giờ (x 0,01mm)					168.2
$\Delta_{en} = \frac{\Delta h_n}{h_0} (1 + e_0)$		0.079	0.116	0.144	0.166
$e_n = e_0 - \Delta e_n$		0.896	0.859	0.831	0.809
Hệ số nén $a_n = \frac{e_{n-1} - e_n}{\sigma_n - \sigma_{n-1}}$		0.079	0.037	0.028	0.022



Hình 1 : Đường nén lún

5.9. Khi cần tính toán độ lún của công trình theo thời gian, phải tiến hành xử lý số liệu thí nghiệm theo phương pháp riêng.

Từ các kết quả đo biến dạng nén lún của mẫu đất dưới mỗi cấp áp lực ở các thời gian khác nhau, vẽ đường cố kết trong tọa độ biến dạng nén (Δh , mm) và căn số bậc hai của thời gian (\sqrt{t} , phút) - phương pháp D. Taylor, hình 2. Kéo dài đoạn thẳng lên phía trên, cho cắt trục tung tại điểm A ; điểm này được xem là điểm gốc của giai đoạn cố kết thấm, ứng với mức độ cố kết $U = 0$ theo lý thuyết. Từ điểm A vẽ đường thẳng thứ hai có hoành độ mọi điểm đều bằng 1,15 hoành độ của các điểm tương ứng trên đường thẳng thứ nhất. Điểm B, giao điểm giữa đường thẳng thứ hai và đường cong là điểm ứng với mức độ cố kết thấm $U = 90\%$ (hình 2). Điểm kết thúc của cố kết thấm ($U = 100\%$) được xác định theo phương pháp A. Casagande: lập biểu đồ liên hệ $\Delta h \dots t$ (hình 3). Giao điểm của phần dưới đường cố kết thấm (được coi là thẳng) với đoạn thẳng ứng với cố kết thứ cấp (rão của cốt đất) sẽ ứng với thời điểm t_{100} . Sau khi xác định được t_0 và t_{100} có thể suy ra các thời điểm ứng với mức độ cố kết bất kỳ, chẳng hạn t_{50} , t_{80} v.v. ; đối chiếu với t_{90} đã xác định đọc theo phương pháp D. Taylor. Hệ số cố kết (C_v) được tính bằng cm^2/s , theo công thức (23) :

$$C_v = \frac{0,848.(0,5.H)^2}{t_{90} \times 60}$$

Trong đó :

0,848 – yếu tố thời gian (thường vẫn được kí hiệu là T_{90}) ứng với mức độ cố kết thấm 90% ;

H- chiều cao của mẫu, tính bằng centimét ; .

t_{90} - thời gian ứng với 90% cố kết thấm, xác định theo phương pháp (phương pháp D. Taylor), tính bằng phút.

Hệ số thấm của đất dưới mỗi cấp áp lực (K_p) được tính bằng centimét trên giây, theo công thức (24) :

$$K_p = \frac{C_v \cdot \rho_n \cdot a}{1 + e_{tb}}$$

Trong đó :

ρ_n – khối lượng riêng của nước, lấy bằng 0,001 kg/cm³ ;

C_v – hệ số cố kết tính bằng centimét vuông trên giây ;

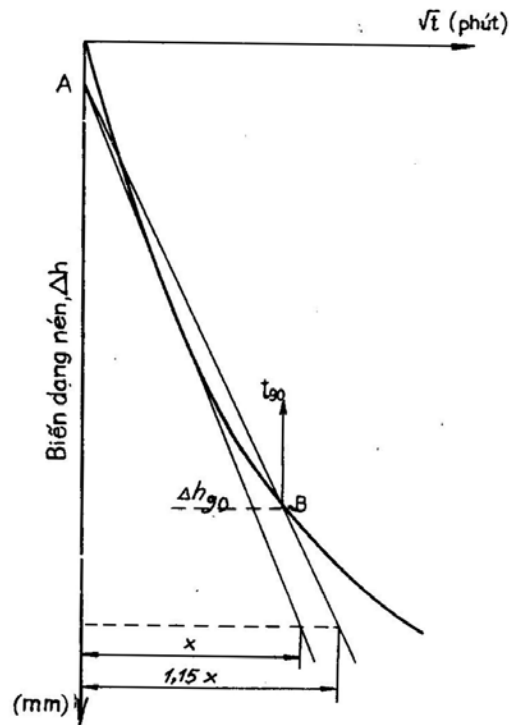
a – hệ số nén lún của đất trong khoảng áp lực thí nghiệm, tính bằng 1 x 10⁻⁵ mét vuông trên Niuton hay (cm²/KG) ;

$$e_{tb} = \frac{e_{n-1} + e_n}{2}$$

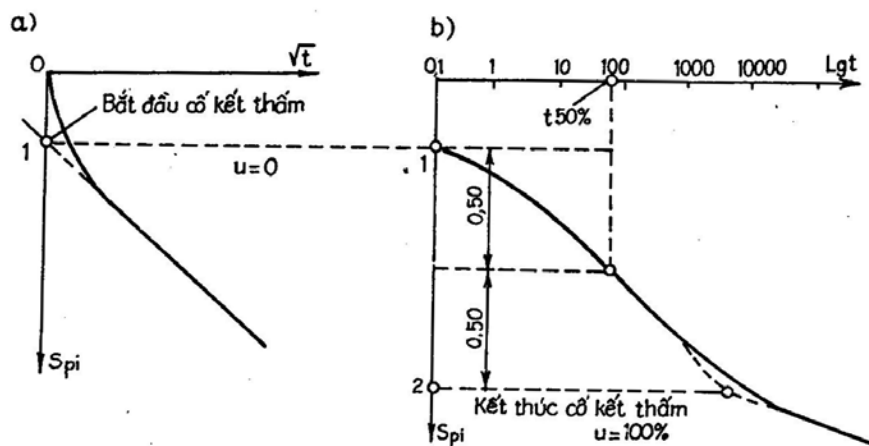
$$K_{p=}$$

e_{tb} – hệ số rỗng trung bình trong khoảng áp lực thí nghiệm.

- 5.10. Kèm theo các kết quả xác định phải ghi phương pháp thí nghiệm và các tính chất đặc biệt của đất.
- 5.11. Có thể tiến hành ghi chép và trình bày kết quả thí nghiệm theo phương pháp khác: căn cứ số liệu gốc, lần lượt lập các biểu đồ liên hệ giữa phần trăm nén lún với tải trọng; giữa hệ số rỗng (tỉ lệ khe hở) với logarit tải trọng; giữa lượng lún cộng dồn với logarit thời gian cho từng giá trị tải trọng. Từ đó xác định được thời gian bắt đầu cố kết thấm t_0 và biến dạng tương ứng d_0 ; thời gian kết thúc cố kết thấm t_{100} và biến dạng tương ứng d_{100} , thời gian đạt mức độ cố kết 50%, tức t_{50} , v.v...



Hình 2 : Đường cong cố kết.
Phương pháp xác định điểm có độ cố kết $U = 90\%$



- a - Bắt đầu cố kết thấm ;
- b - Kết thúc cố kết thấm.

Hình 3 : Xác định giai đoạn cố kết thấm của đất bão hòa nước :

Phụ lục A
Thí nghiệm cố kết

Số liệu mẫu X₁₁

Kết cấu mẫu

Số hiệu máy TN

Số hiệu dao vòng 28

Công trình:.....

Địa điểm :.....

Độ sâu:.....

Các chỉ tiêu	Trước khi thí nghiệm		Sau khi thí nghiệm
	TN	Sau B/H	
Lượng ngậm nước, %	40,8		
Dung trọng ướt, g/cm ³	1,72		
Dung trọng khô, g/cm ³	1,22		
Tỉ trọng	2,67		
Tỉ lệ khe hở	1,186		

Chiều cao cốt đất, mm 9,15

Phương pháp TN

Điều kiện TN

Ngày TN

Người TN

Người tính vẽ

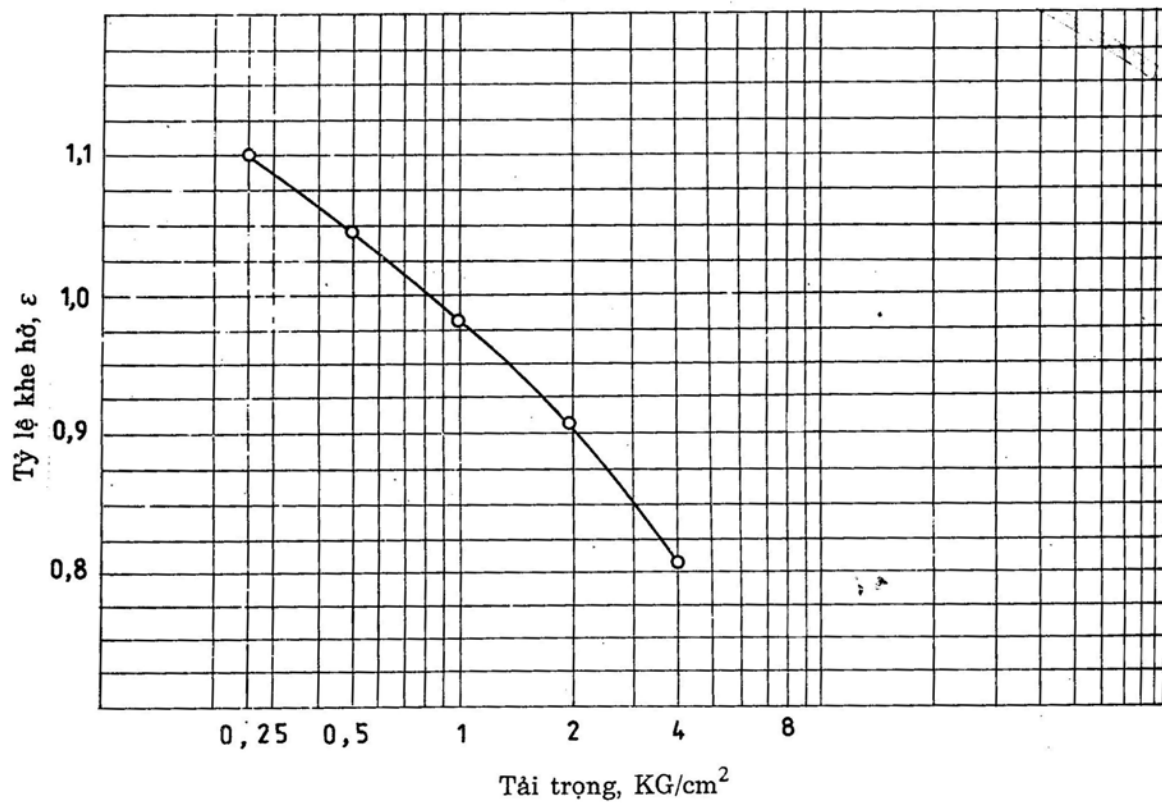
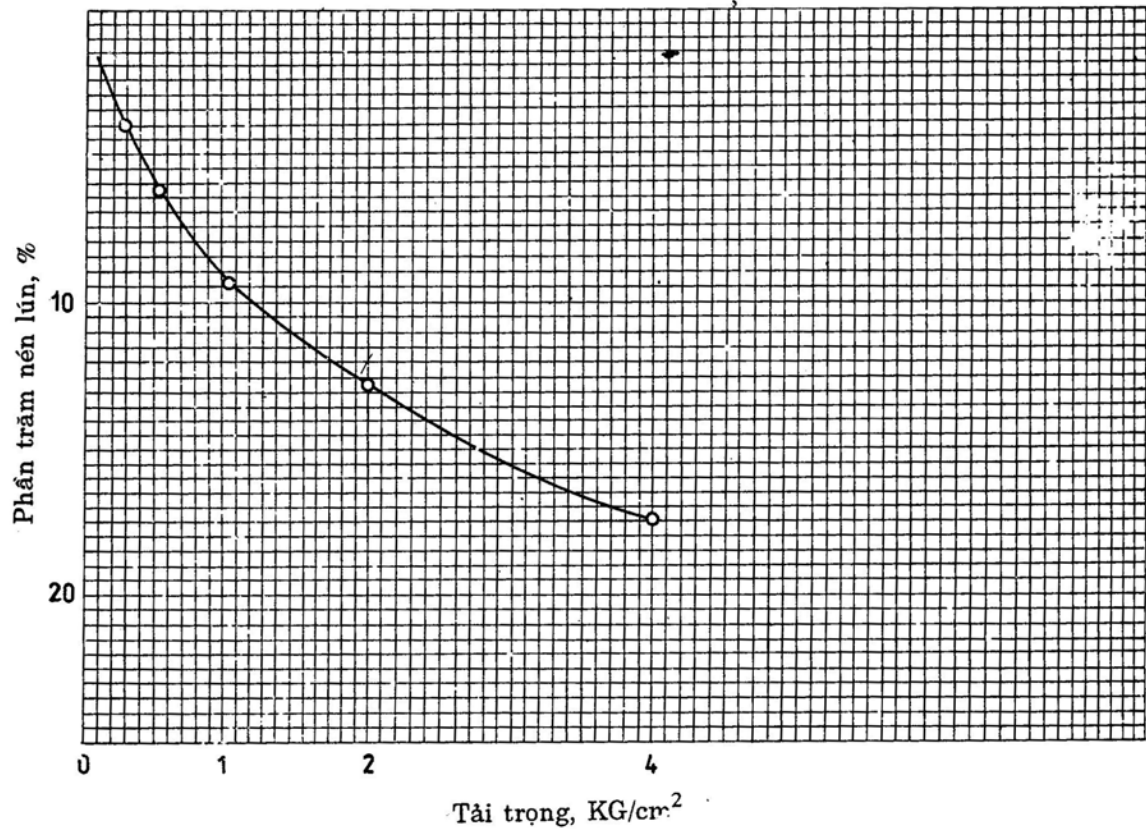
Người kiểm tra

Tải trọng	KG/cm ²	σ	0,25	0,5	1	2	4
Số đọc ban đầu	mm	d _i	0	0,825	1,340	1,960	2,660
Số hiệu chỉnh máy	mm	a _c	0,050	0,070	0,095	0,120	0,150
Số đọc ban đầu đã hiệu chỉnh	mm	d	0,050	0,845	1,365	1,985	2,690
Điểm không đã hiệu chỉnh	mm	d _o	0,460	0,900 0	1,440	2,050	2,880
Số đọc cuối	mm	d _f	0,825	1,340	1,960	2,660	3,605
Điểm 100% cố kết	mm	d ₁₀₀	0,810	1,320	1,940	2,640	3,580
Thời gian ứng với d ₅₀	mm	t ₅₀	3	3	4	4	3
Chiều cao mẫu trước gia tải	mm	H _i	20,000	19,22 5	18,73 0	18,13 5	17,46 0

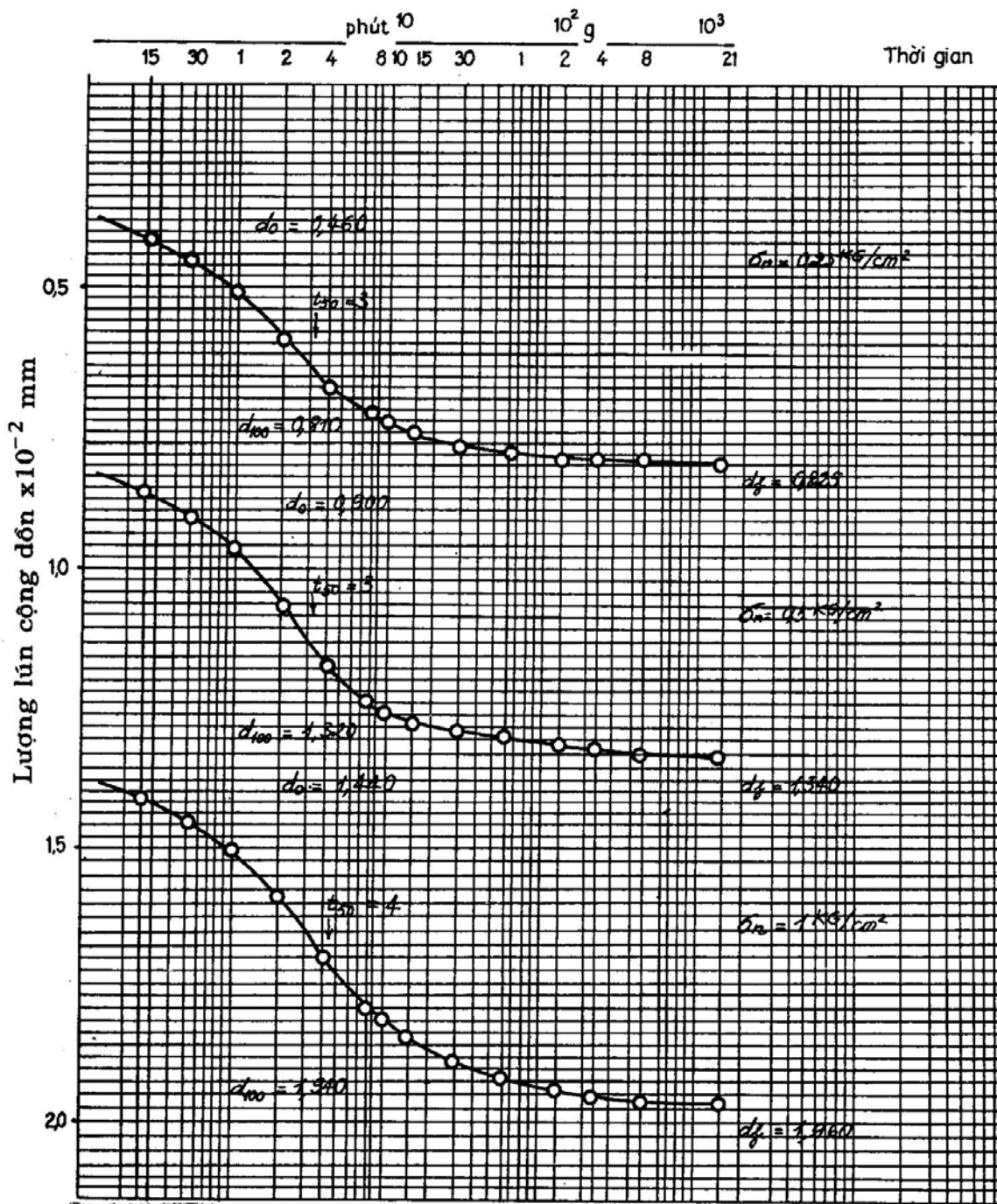
Thay đổi chiều cao	mm	ΔH	0,775	0,495	0,595	0,675	0,915
Chiều cao cuối cùng	mm	H_p	19,225	18,730	18,135	17,460	16,545
Thay đổi chiều cao cuối cùng	mm	ΔH_t	0,775	1,270	1,865	2,540	3,455
Hệ số cố kết, $\times 10^{-4}$	cm ² /sec	C_v	10,11	9,60	6,75	6,25	7,59
Phần trăm nén lún	%	e	3,9	6,3	9,3	12,7	1,73
Thay đổi tỉ lệ hở		$\Delta \varepsilon$	0,085	0,059	0,065	0,074	0,1000
Tỉ lệ khe hở (hệ số rỗng)		ε	1,101	1,047	0,982	0,908	0,808
Môđun nén không hở hông	KG/cm ²	M	6,4 4,7 15,7 26,8 38,2				
Chỉ số nén		C_c	0,179 0,216 0,246 0,332				
Hệ số nén lún	cm ² /KG	a_v	0,340 0,216 0,130 0,074 0,050				
Áp lực tiên cố kết	KG/cm ²	δ_c					
Hệ số thấm cố kết	cm/sec	K_v					

σ	KG/cm ²						
d_0	mm						
d_{100}	mm						
d_{50}	mm						
t_{50}	phút						
d_f	mm						

σ	KG/cm ²						
d_0	mm						
d_{100}	mm						
d_{50}	mm						
t_{50}	phút						
d_f	mm						

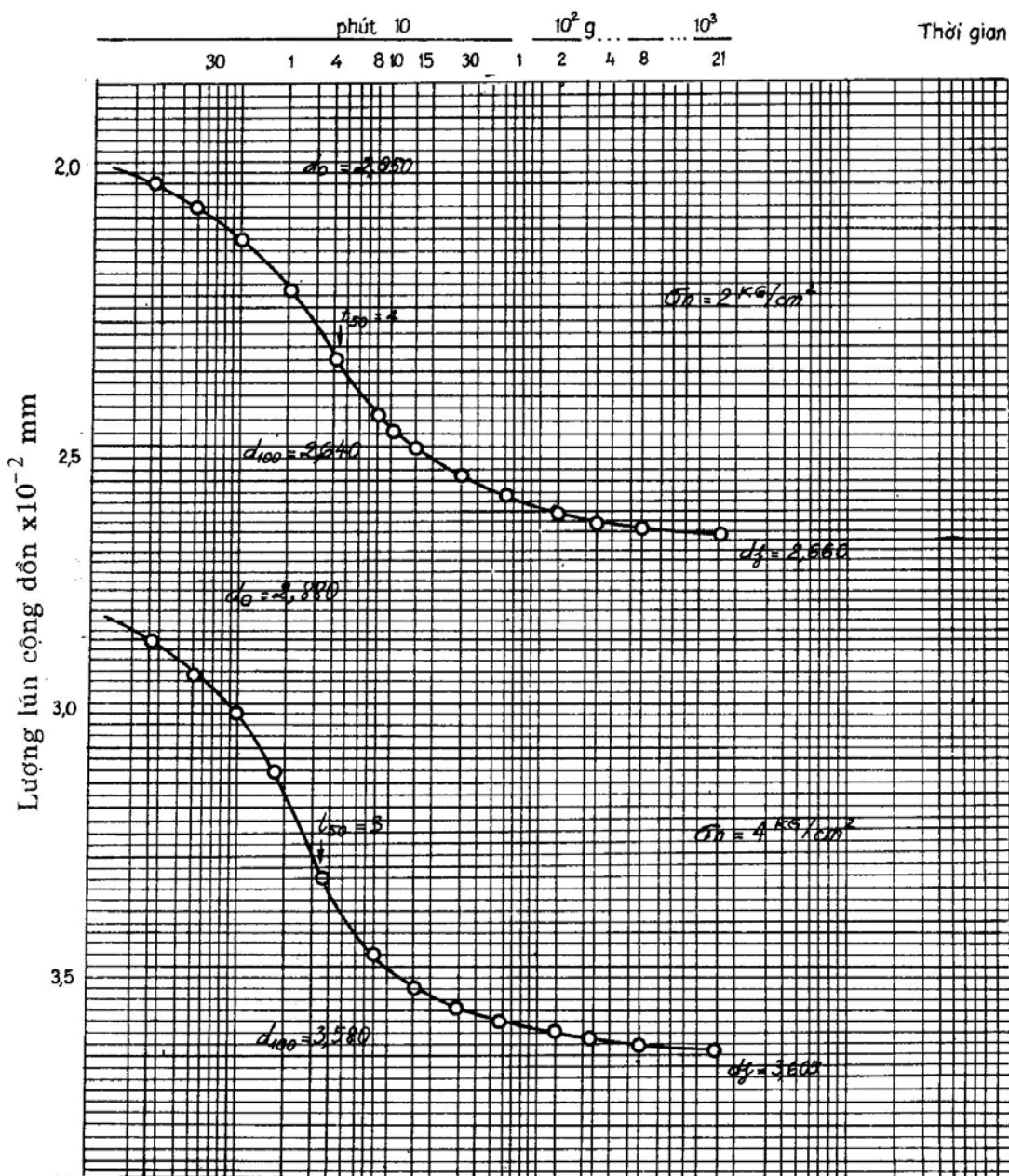


Thí nghiệm cố kết



σ	KG/cm ²						
d ₀	mm						
d ₁₀₀	mm						
d ₅₀	mm						
t ₅₀	phút						
d _f	mm						

Thí nghiệm cố kết



σ	KG/cm ²						
d_0	mm						
d_{100}	mm						
d_{50}	mm						
t_{50}	phút						
d_f	mm						