

# DỰ BÁO ẢNH HƯỞNG KÍCH THƯỚC MẪU ĐẤT LOẠI SÉT YẾU ĐẾN KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM NÉN CỐ KẾT MỘT TRỤC KHÔNG NỞ HÔNG

## FORECAST EFFECT OF SPECIMEN SIZE ON UNCONFINED COMPRESSION TEST FOR SOFT CLAY

Nguyễn Thị Bích Hạnh<sup>1</sup>, Đỗ Minh Ngọc<sup>2</sup>, Lê Văn Hiệp<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

Email: <sup>1</sup> hanhntb@utt.edu.vn <sup>2</sup> ngocdm@utt.edu.vn, <sup>3</sup> hieplv@utt.edu.vn.

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses3-2>

**TÓM TẮT:** Ở Việt Nam, các đất loại sét yếu rất phổ biến ở các đồng bằng lớn, chúng được sử dụng làm nền cho nhiều đối tượng xây dựng khác nhau. Khi sử dụng chúng làm nền (đường, đê, nhà...) thường xảy ra biến dạng lún lớn, ảnh hưởng đến sự ổn định các công trình. Nguyên nhân chính là do các thông số đầu vào, đặc biệt là các đặc trưng về biến dạng lún còn có những hạn chế. Cụ thể, chưa quan tâm đầy đủ đến khâu thí nghiệm trong phòng như kích thước mẫu khi thí nghiệm nén lún đất yếu. Để một phần làm sáng tỏ nhận định trên, báo cáo trình bày các kết quả nghiên cứu về sự ảnh hưởng của kích thước mẫu nén đến các đặc trưng cố kết của đất loại sét yếu khi thí nghiệm nén cố kết một trục không nở hông. Kết quả nghiên cứu cho đất loại sét yếu (á sét trạng thái chảy- $ambQ_2^3tb$ ) phân bố ở ven biển khu vực Nam Định cho nhận xét chung: Trong thí nghiệm cố kết thẳng đứng. Ở cả 2 cấp đường kính ( $\phi$ ), khi chiều cao ( $H$ ) tăng thì  $C_c$  giảm nhưng sự giảm không đáng kể chỉ từ 0,037 đến 0,011. Ở cả 2 chiều cao, khi  $\phi$  tăng thì  $C_c$  tăng, sự tăng nhỏ, chỉ từ 0,007 đến 0,033. Khi kích thước mẫu tăng thì hệ số cố kết của đất thì  $C_v$  đều tăng, sự tăng  $C_v$  theo sự tăng chiều cao là rất đáng kể. Cụ thể: Ở cả 2 cỡ đường kính ( $\phi$ ), khi  $H$  tăng  $C_v$  tăng tương tự nhau, dao động từ 111% đến 311%. Ở cả 2 cỡ chiều cao ( $H$ ), khi đường kính tăng từ 61,8 đến 79,8mm thì  $C_v$  ở tất cả các cấp  $\sigma'$  đều tăng, mức tăng trong khoảng 12-76%. Trong thí nghiệm cố kết hướng tâm: khi  $\phi$  tăng từ 61,8 đến 79,8mm thì ở tất cả giá trị áp lực nén ( $\sigma'$ ),  $C_v$  đều tăng nhưng lượng tăng không lớn, chỉ vài %; trị số  $C_h$  tăng nhiều hơn so với  $C_v$ , mức tăng trong khoảng từ 17 đến 67,8%. Tỷ số  $C_h/C_v$  dao động từ 2,28 đến 2,83.

**TỪ KHÓA:** Sét yếu, nén một trục không nở hông, thí nghiệm cố kết thẳng đứng, thí nghiệm cố kết hướng tâm.

**ABSTRACTS:** In Vietnam, soft clay soils commonly distributing in large plains are used as the different construction foundation such as road, dike etc. Then there often occurs high settlement deformation, affecting the stability of structure. The main reason is that the input soil mechanics still have limitations especially the settlement deformation properties. Particularly, the specimen size of unconfined compression test is not much paid attention. This paper presents the research results on the influence of specimen size on unconfined compression test for soft clay. The soft clay (semi-clay  $ambQ_2^3tb$  in liquid state) distributed in the coastal area of Nam Dinh give general comments: In vertical consolidation tests: In both diameter classes ( $D$ ), when The height ( $H$ ) increases, the settlement index ( $C_c$ ) decreases but the decrease is not significant only from 0.037 to 0.011. In both heights, when  $\phi$  increases,  $C_c$  increases, the increase is small, only from 0.007 to 0.033. When the sample size increases, the consolidation coefficient of soil  $C_v$  increases, the increase of  $C_v$  with the increase of  $H$  is very significant. Specifically: In both sizes  $\phi$ , when  $H$  increases,  $C_v$  increases similarly, ranging from 84 to 311%. In both sizes  $H$ , when the diameter increased from 61.8 to 79.8mm, the  $C_v$  at all pressure levels ( $\sigma'$ ) increased, the increase was in the range of 12 to 89%. In the radial consolidation test: when  $\phi$  increased from 61,8 to 79,8mm, at all values of  $\sigma'$ ,  $C_v$  increased but the increase was not large, only a few %;  $C_h$  value increased more than  $C_v$ , the increase ranged from 17 to 76%, the ratio  $C_h/C_v$  ranged from 2.28 to 2.83.

**KEYWORDS:** Soft clay; unconfined compression, vertical consolidation test, radial consolidation test.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nghiên cứu đặc trưng biến dạng lún của đất trong phòng thí nghiệm có ý nghĩa rất quan trọng trong tính toán dự báo lún cho các công trình như nhà ở, đường giao thông... Hiện nay, ở Việt Nam, thí nghiệm nén cố kết mẫu đất trong phòng được thực hiện phổ biến bởi dụng cụ nén một trục không nở hông. Kích thước mẫu thực hiện cho đất loại sét ở tất cả các trạng thái khác nhau với chiều cao  $H = 20\text{mm}$  và đường kính  $\phi = 61,8\text{mm}$ . Đối với đất yếu, trong các tiêu chuẩn hiện hành thường sử dụng mẫu có kích thước nhỏ, đặc biệt là chiều cao mẫu. Điều này có ảnh hưởng nhiều đến kết quả thí nghiệm. Trong một số kết quả nghiên cứu của nước ngoài [2, 3, 8] khi nghiên cứu với một số loại đất đã chỉ ra: mẫu nén với kích thước lớn nhất định sẽ cho kết quả gần với thực tế hơn. Xuất phát từ những nhận định trên, bài báo bước đầu tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của kích thước mẫu đến các đặc trưng cố kết của đất yếu.

## 2. NỘI DUNG VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nội dung nghiên cứu

Nội dung nghiên cứu nhằm bước đầu làm sáng tỏ ảnh hưởng của kích thước mẫu thí nghiệm (chiều cao  $H$  và đường kính  $\phi$ ) đến các đặc trưng biến dạng lún của đất khi thí nghiệm nén cố kết một trục không nở hông (cố kết thẳng đứng) và nén cố kết thoát nước theo phương ngang (cố kết hướng tâm).

Lựa chọn chiều cao và đường kính mẫu nghiên cứu: Để kế thừa các thiết bị thí nghiệm hiện có của các phòng thí nghiệm ở Việt Nam, chúng tôi chọn các chiều cao mẫu nghiên cứu là  $H = 20\text{mm}$  và  $40\text{mm}$ ; các đường kính mẫu là  $\phi = 61,8$  và  $79,8$  mm.

### 2.2. Phương pháp tiến hành

#### 2.2.1 Lựa chọn và gia công mẫu thí nghiệm (lấy mẫu, chuẩn bị mẫu trong phòng) [9]

##### a. Công tác lấy mẫu đất thí nghiệm

Mẫu đất được lấy tại công trình than nhiệt điện  $2 \times 600\text{MW}$  Coal – Fired Thermal Power, địa điểm: Hải Ninh, Hải Hậu, Nam Định. Mẫu được lấy trong hố khoan, bằng ống mẫu thành mỏng có đường kính  $\phi = 76\text{mm}$  và  $\phi = 110\text{mm}$ . Mẫu được lấy toàn bộ dọc theo chiều sâu hố khoan cho đến hết lớp đất nghiên cứu, cụ thể là  $36,5\text{m}$ . Mẫu được bọc kín, đóng gói, bảo quản, vận chuyển về phòng thí nghiệm Địa kỹ thuật và môi trường của Trung tâm nghiên cứu Địa kỹ thuật – Trường Đại học Mở - Địa chất theo quy định. Hình ảnh lấy mẫu được trình bày ở hình 1.



Hình 1. Công tác khoan và lấy mẫu tại hiện trường

##### b. Công tác chuẩn bị mẫu và tiến hành thí nghiệm

Để đảm bảo cho việc nghiên cứu ảnh hưởng của kích thước mẫu đất đến kết quả thí nghiệm, đất nghiên cứu phải đồng nhất về thành phần, trạng thái và cấu trúc. Đáp ứng được yêu cầu trên, công tác chuẩn bị mẫu được thực hiện theo các bước:

*Bước 1* - Mẫu đất được xếp theo chiều sâu hố khoan, chọn ba đoạn mẫu ở đầu trên, đoạn giữa và đáy hố khoan với khối lượng mẫu dự kiến vừa đủ để thí nghiệm;

*Bước 2* - Xác định chỉ tiêu vật lý của đất;

Các phần mẫu chọn ra được xác định các đặc trưng vật lý được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Một số chỉ tiêu vật lý của đất ở trạng thái tự nhiên

TT	Kí hiệu mẫu	Độ sâu, m	Thành phần hạt, % các nhóm hạt			Độ ẩm tự nhiên $\omega_n$ , %	Khối lượng thể tích $\gamma$ , $\text{g}/\text{cm}^3$	Khối lượng thể tích khô $\gamma_s$ , $\text{g}/\text{cm}^3$	Khối lượng riêng $\gamma_s$ , $\text{g}/\text{cm}^3$	Giới hạn chảy $\omega_L$ , %	Giới hạn dẻo $\omega_p$ , %	Chỉ số dẻo $I_p$
			Cát	Bụi	Sét							
1	U1	5,0-5,9	5,2	83,4	11,4	26,3	1,96	1,55	2,67	32,6	19,3	13,4
2	U2	11,0-11,9	0,4	82,1	17,5	44,8	1,76	1,21	2,69	47,9	33,0	14,9
3	U3	19,0-19,9	1,0	85,2	13,8	43,6	1,77	1,24	2,69	46,3	32,1	14,1



**Hình 2. Một số hình ảnh mở mẫu thí nghiệm ở phòng thí nghiệm**

**Bước 3 - Chế bị mẫu để thí nghiệm:**

Các phần đất sau khi thí nghiệm xong được đem phơi khô gió, sau đó nghiền nhỏ bằng cối và chày bọc cao su, rây cho lọt toàn bộ qua rây 1mm, trộn thật đều. Xác định độ ẩm khô gió  $\omega_{kg}$ . Dựa vào độ ẩm khô gió và độ ẩm tự nhiên, tính toán lượng nước bổ sung để đất đạt được trạng thái tự nhiên, Cân toàn bộ lượng đất khô gió đem đi chế bị  $M_{đkg}$ . Xác định độ ẩm khô gió của đất chế bị  $\omega_{kg}$ . Độ ẩm tự nhiên của đất là  $\omega_m$  đã biết (bảng 1), ta tính toán được khối lượng nước cần bổ sung là  $M_{NBS}$ :  $M_{NBS} = M_s (\omega_m - \omega_{kg})$ , trong đó:  $M_s = \frac{M_{đkg}}{1 + \omega_{kg}}$

Cho toàn bộ khối lượng đất khô gió vào một chậu to, đổ lượng nước  $M_{NBS}$  (nước lấy tại lỗ khoan) vào và trộn thật đều. Mẫu được ủ và giữ ẩm 3 ngày.

Sử dụng cối của bộ dụng cụ đầm chặt tiêu chuẩn để chế bị mẫu theo độ chặt tự nhiên. Kích thước cối:  $F = 80,87\text{cm}^2$ ,  $H = 16,5\text{cm}$ ,  $D = 10,15\text{cm}$ , thể tích  $V = 1334,4\text{cm}^3$ .

**Tính lượng đất cho vào cối:**

Dựa vào khối lượng thể tích tự nhiên của đất  $\gamma$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) và thể tích cối  $V$  ( $\text{cm}^3$ ) ta tính được khối lượng đất  $M_d$  cho vào cối theo biểu thức:

$$M_d = \gamma \cdot V, \text{ gam}$$

Lượng đất trên sẽ được cho vào cối theo từng lớp, lèn chặt sao cho vừa đủ vào cối. Đất được giữ trong 1 ngày sau đó đẩy ra và lấy vào dao vòng để thí nghiệm.



**Hình 3. Cối để gia công mẫu**

Số lượng mẫu thí nghiệm: Mỗi mẫu nén thí nghiệm tiến hành với 3 mẫu.

Lưu ý: chúng tôi sử dụng bộ dụng cụ nén Tam Liên. Tuy nhiên, bộ dụng cụ này chỉ có hai cỡ dao

vòng có đường kính là 61,8mm và 79,8mm, có cùng chiều cao  $H = 20\text{mm}$ . Như vậy, để thực hiện các nội dung nghiên cứu, chúng tôi đã chế tạo bổ sung các cỡ dao vòng có chiều cao  $H = 40\text{mm}$ .

Các dao vòng có chiều cao 40mm được chế tạo bổ sung tại Xưởng Cơ khí thuộc trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải. Ngoài ra, có chế tạo thêm một số dụng cụ phụ trợ cho việc tạo mẫu cố kết hướng tâm như ở hình 4.



**Hình 4. Ảnh chụp các dao vòng và dụng cụ phụ trợ được chế tạo**

Các mẫu đất được tiến hành thí nghiệm nén cố kết theo hai phương thẳng đứng và nằm ngang theo tiêu chuẩn nh – BS 1377:1990 [9].

Việc tính toán chỉ số lún  $C_c$  và hệ số cố kết thẳng đứng  $C_v$  được xác định theo các công thức sau:

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log \sigma'_2 - \log \sigma'_1} \quad (1)$$

Trong đó:

$C_c$ : chỉ số lún;

$e_1, e_2$  lần lượt là hệ số rỗng ở cấp áp lực  $\sigma'_1, \sigma'_2$ .

$$C_v = \frac{0,197 \left( \frac{H^2}{4} \right)}{t_{50}} \quad (2)$$

Trong đó:

$C_v$ : hệ số cố kết thẳng đứng,  $\text{cm}^2/\text{s}$ ;

$H$ : chiều dày mẫu đất,  $\text{cm}$ ;

$t_{50}$ : thời gian để mẫu đạt độ cố kết 50%,  $\text{s}$ .

**2.2.2 Kết quả thí nghiệm nén cố kết thẳng đứng**

Tổng hợp tính toán kết quả thí nghiệm được trình bày ở các bảng 2a, 2b, 2c và 2d.

**Bảng 2a. Kết quả thí nghiệm cố kết thẳng đứng**  
**Hệ số  $C_v$  phụ thuộc vào chiều cao mẫu (H) khi mẫu có  $\phi = 61,8\text{mm}$**

TT	Áp lực nén $\sigma'$ , kG/cm <sup>2</sup>	Chiều cao mẫu H, mm	$C_v$ ( $10^{-3}$ cm <sup>2</sup> /s)	$\Delta C_v$ , % tăng	$C_c$ (H20/H40)	$\Delta C_c$ , % giảm
1	0,25	20	0,257	0,793		
		40	1,05	309%		
2	0,50	20	0,293	0,91		
		40	1,203	311%		
3	1,0	20	0,423	0,934	0,263/	0,037
		40	1,357	221%	0,226	16%
4	2,0	20	0,517	0,96		
		40	1,477	186%		
5	4,0	20	0,607	1,213		
		40	1,82	200%		

**Bảng 2b. Kết quả thí nghiệm cố kết thẳng đứng**  
**Hệ số  $C_v$  phụ thuộc vào chiều cao mẫu (H) khi mẫu có  $\phi = 79,8\text{mm}$**

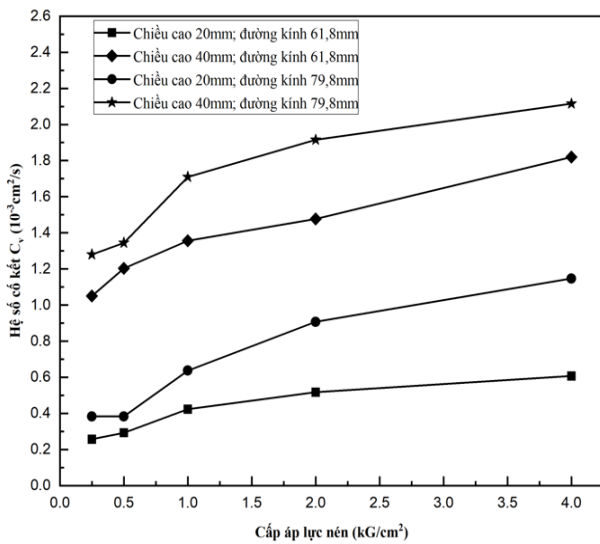
TT	Áp lực nén $\sigma'$ , kG/cm <sup>2</sup>	Chiều cao mẫu H, mm	$C_v$ ( $10^{-3}$ cm <sup>2</sup> /s)	$\Delta C_v$ , % tăng	$C_c$ (H20/H40)	$\Delta C_c$ , % giảm
1	0,25	20	0,383	0,897		
		40	1,28	234%		
2	0,50	20	0,383	0,962		
		40	1,345	251%		
3	1,0	20	0,637	1,073	0,270/	0,011
		40	1,71	168%	0,259	4%
4	2,0	20	0,907	1,008		
		40	1,915	111%		
5	4,0	20	1,147	0,968		
		40	2,115	84%		

**Bảng 2c. Kết quả thí nghiệm cố kết thẳng đứng**  
**Hệ số  $C_v$  phụ thuộc vào đường kính mẫu khi mẫu có H = 20 mm**

TT	Áp lực nén $\sigma'$ , kG/cm <sup>2</sup>	Chiều cao mẫu H, mm	$C_v$ ( $10^{-3}$ cm <sup>2</sup> /s)	$\Delta C_v$ , % tăng	$C_c$ ( $\phi 61,8/\phi 79,8$ )	$\Delta C_c$ , % tăng
1	0,25	61,8	0,257	0,126		
		79,8	0,383	49%		
2	0,50	61,8	0,293	0,09		
		79,8	0,383	31%		
3	1,0	61,8	0,423	0,214	0,263/	0,007
		79,8	0,637	51%	0,270	2,7%
4	2,0	61,8	0,517	0,39		
		79,8	0,907	75%		
5	4,0	61,8	0,607	0,54		
		79,8	1,147	89%		

**Bảng 2d. Kết quả thí nghiệm cố kết thẳng đứng  
Hệ số  $C_v$  phụ thuộc vào đường kính mẫu khi mẫu có  $H=40\text{mm}$**

TT	Áp lực nén, $\sigma'$ kG/cm <sup>2</sup>	Chiều cao mẫu H, mm	$C_v$ ( $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ )	$\Delta C_v$ , % tăng	$C_c$ ( $\phi 61,8/\phi 79,8$ )	$\Delta C_c$ % tăng
1	0,25	61,8	1,05	0,23	0,226/0,259	0,033 14,6%
		79,8	1,28	22%		
2	0,50	61,8	1,203	0,142		
		79,8	1,345	12%		
3	1,0	61,8	1,357	0,353		
		79,8	1,71	26%		
4	2,0	61,8	1,477	0,438		
		79,8	1,915	30%		
5	4,0	61,8	1,82	0,295		
		79,8	2,115	16%		



**Hình 5. Quan hệ giữa hệ số cố kết  $C_v$  và áp lực nén  $\sigma'$  ở H và  $\phi$  khác nhau**

Từ các kết quả thu được ở các bảng 2 và đồ thị hình 5 cho phép rút ra nhận xét:

Ảnh hưởng của chiều cao (H) mẫu:

Ở cả 2 cấp đường kính, khi H tăng thì  $C_c$  giảm nhưng sự giảm không đáng kể chỉ từ 0,037 đến 0,011. Ở cả 2 chiều cao, khi F tăng thì  $C_c$  tăng, sự tăng nhỏ, chỉ từ 0,007 đến 0,033.

Ở cả 2 đường kính ( $\phi$ ) của mẫu và ở tất cả các cấp áp lực nén  $\sigma'$ , khi H tăng thì  $C_v$  tăng, sự tăng của  $C_v$  ở cả hai cỡ  $\phi$  khi H tăng là tương đương nhau, dao động từ 84% đến 311% tùy thuộc vào độ lớn cấp áp lực nén. Tuy nhiên, ở đường kính mẫu lớn thì giá trị  $C_v$  tăng nhiều hơn.

### 2.2.3. Cố kết hướng tâm

\* Trình tự thí nghiệm cố kết hướng tâm có một số khác biệt so với cố kết thẳng đứng, được khái quát như sau:

Ở cả hai chiều cao mẫu nghiên cứu, khi trị số áp lực nén tăng nhìn chung  $C_v$  cũng tăng lên. Ở những cấp áp lực nhỏ, đặc biệt các cấp từ 0,25 đến 0,50 kG/cm<sup>2</sup>, thậm chí đến 1 kG/cm<sup>2</sup> sự khác biệt hơi lớn, điều đó có thể giải thích do hạn chế khi thao tác thí nghiệm.

Ảnh hưởng của đường kính  $\phi$  mẫu:

Ở tất cả các trị số áp lực nén và ở cả hai H mẫu, khi  $\phi$  tăng thì  $C_v$  tăng. Mức tăng của  $C_v$  nằm trong khoảng 12 đến 75%.

Khi H có giá trị lớn thì  $C_v$  tăng nhiều hơn.

Ở cả 2  $\phi$  mẫu, khi giá trị các cấp áp lực nén  $\sigma'$  tăng thì nhìn chung trị số  $C_v$  tăng nhiều hơn.

Từ kết quả trên có thể thấy: kích thước H và đường kính của mẫu thí nghiệm đều ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm nén cố kết, trong đó ảnh hưởng của chiều cao H mẫu là rất đáng kể và lớn hơn nhiều so với ảnh hưởng của đường kính mẫu  $\phi$ .

Theo các tác giả nước ngoài [2, 3, 8]: các mẫu có kích thước lớn sẽ phù hợp với thực tế và độ tin cậy cao hơn. Kết quả thí nghiệm của chúng tôi, bước đầu cho nhận xét chung là: với đất nghiên cứu  $C_v$  của đất tăng lên khi kích thước mẫu tăng. Từ những nhận định trên, chúng tôi nhận thấy: đối với đất yếu cần phải thí nghiệm với mẫu có kích thước lớn hơn (trong giới hạn cho phép về thiết bị).

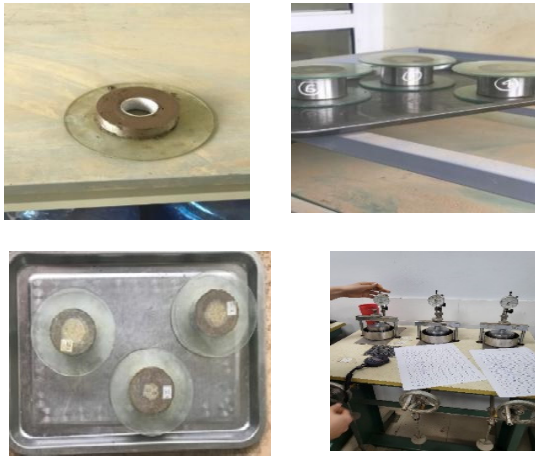
Trong phần thí nghiệm cố kết đẳng hướng, chúng tôi sẽ chọn kích thước mẫu nghiên cứu là: chiều cao mẫu  $H = 40\text{mm}$ , đường kính mẫu  $\phi = 61,8\text{mm}$  và  $\phi = 79,8\text{mm}$ .

*Bước 1-* Lấy mẫu vào dao vòng (thực hiện như phần thí nghiệm cố kết thẳng đứng).

**Bước 2 – Tạo lõi cát:** Ở đây công tác này phức tạp hơn do phải tạo lõi cát ở giữa mẫu đất. Lõi có kích thước khác nhau tùy thuộc đường kính mẫu. Cụ thể: Mẫu có đường kính  $\phi = 61,8\text{mm}$ , đường kính lõi  $\phi_1 = 10\text{mm}$ ; Mẫu có đường kính  $\phi = 79,8\text{mm}$ , đường kính lõi  $\phi_1 = 15\text{mm}$  [4-7]. Lõi được tạo bằng cát hạt trung, cấp phối hạt lấy theo Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 11713:2017 [11]. Cụ thể, cấp phối hạt của cát được trình bày ở bảng 3.

**Bảng 3. Thành phần hạt của cát sử dụng cho lõi thấm**

Nhóm hạt, mm	2÷1	1÷0,5	0,5÷0,25	0,25÷0,1	< 0,1
Hàm lượng, %	8	54	31,2	3,6	3,2



**Hình 6. Hình ảnh các dao vòng chứa mẫu đất thí nghiệm cố kết hướng tâm**

**Bước 3- Lắp dao vòng mẫu vào dụng cụ nén;** gia tải và theo dõi biến dạng lún theo thời gian và từng cấp áp lực.

Tính toán khối lượng cát cho vào lõi để cát trong lõi có độ chặt vừa. Cụ thể, với cát chặt vừa nhóm nghiên cứu chọn hệ số rỗng trung bình theo TCVN 9362 – 2012 [10],  $e = 0,6$ ; Cát khô gió, nên độ ẩm rất thấp, nhóm nghiên cứu chọn bằng độ ẩm khô gió  $\omega_{kg} = 3-5\%$  (chọn 3%); khối lượng riêng của cát lấy bằng  $\gamma_s = 2,65 \text{ g/cm}^3$ . Từ đó có khối lượng cát cho vào lõi là  $M_c = \gamma_{kg} \cdot V_{lõi}$ , trong đó:  $\gamma_{kg} = \gamma_c (1 + \omega_{kg})$ ,

$$\gamma_c = \frac{\gamma_s}{e_0 + 1}$$

Tính toán kết quả thí nghiệm: Kết quả tính toán các chỉ số lún  $C_c$ , hệ số cố kết thẳng đứng  $C_v$  tương tự thí nghiệm cố kết thẳng đứng. Hệ số cố kết hướng tâm  $C_h$  được xác định theo công thức sau [1]:

$$C_h = \frac{0,131 \cdot T_{ri} \cdot D^2}{t_{50}} \quad (3)$$

Trong đó:

$C_h$ : hệ số cố kết hướng tâm,  $\text{cm}^2/\text{s}$ ;

$D$ : đường kính mẫu đất thí nghiệm,  $\text{cm}$ ;

$t_{50}$ : thời gian để mẫu đạt độ cố kết 50%,  $\text{s}$ ;

$T_{ri}$ : nhân tố thời gian trong trường hợp thoát nước hướng tâm, được xác định bằng cách tra bảng phụ thuộc tỷ số  $D/d$ , với  $d$  là đường kính lõi thấm [1].

Tổng hợp tính toán kết quả thí nghiệm được trình bày ở bảng 4.

**Bảng 4. Tổng hợp kết quả thí nghiệm cố kết hướng tâm**

Cấp áp lực nén $\sigma'$ , $\text{kG/cm}^2$	Chiều cao mẫu $H$ , $\text{mm}$	Đường kính mẫu $\phi$ , $\text{mm}$	$C_v$ ( $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ )	$\Delta C_v$ , % tăng	$C_h$ ( $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ )	$\Delta C_h$ , % tăng	$C_u/C_v$	$C_c$ ( $\phi 61,8/\phi 79,8$ )	$\Delta C_c$ , % giảm
0,25	40	61,8	3,14	0,29	7,17	4,42	2,28	0,21/0,18	0,03 17%
		79,8	3,43	9%	11,59	62%			
0,5	40	61,8	2,39	0,56	5,87	4,45	2,46		
		79,8	2,95	23%	10,32	76%			
1	40	61,8	4,44	0,21	11,29	5,81	2,54		
		79,8	4,65	5%	17,1	51%			
2	40	61,8	6,39	0,90	17,03	11,46	2,67		
		79,8	7,29	14%	28,49	67%			
4,0	40	61,8	8,38	0,20	23,7	3,94	2,83		
		79,8	8,58	2%	27,64	17%			

Từ kết quả thu được ở bảng 4, chúng tôi có nhận xét:

Các kết quả thu được về nén cố kết hướng tâm cũng tương tự như cố kết thẳng đứng (thu được ở trên): khi đường kính  $\phi$  của mẫu thay đổi từ 61,8 đến 79,8mm thì ở tất cả các cấp áp lực nén  $C_v$  đều tăng. Tuy nhiên, trong cố kết hướng tâm, lượng tăng ít hơn, chỉ vài %.

Trị số  $C_h$  tương tự, cũng tăng theo sự tăng của  $\phi$  mẫu, lượng tăng từ 17 đến xấp xỉ 76%.

Với đất nghiên cứu, tỷ số  $C_h/C_v$  thu được dao động từ xấp xỉ 2,28 đến 2,83.

### 3. KẾT LUẬN

Các kết quả nghiên cứu cho phép rút ra kết luận:

\* Trong thí nghiệm cố kết thẳng đứng, khi kích thước mẫu (H và  $\phi$ ) tăng thì các đặc trưng cố kết của đất  $C_c$ ,  $C_v$  thay đổi:

- Ở cả 2 cấp đường kính, khi H tăng thì  $C_c$  giảm nhưng sự giảm không đáng kể chỉ từ 0,037 đến 0,011. Ở cả 2 chiều cao, khi  $\phi$  tăng thì  $C_c$  tăng, sự tăng nhỏ, chỉ từ 0,007 đến 0,033.

- Khi chiều cao H thay đổi từ 20 đến 40mm thì  $C_v$  ở cả 2 đường kính ( $\phi$ ) của mẫu và ở tất cả các cấp áp lực nén  $\sigma'$  đều tăng và tăng nhiều. Cụ thể, sự tăng của  $C_v$  ở cả hai cỡ  $\phi$  khi H tăng là tương đương nhau, dao động từ 111% đến 311% tùy thuộc độ lớn cấp áp lực nén. Tuy nhiên, ở đường kính mẫu lớn thì giá trị  $C_v$  tăng nhiều hơn; Ở cả hai chiều cao mẫu nghiên cứu, trong giới hạn các cấp áp lực nén thí nghiệm, khi trị số áp lực nén tăng nhìn chung  $C_v$  cũng tăng lên.

- Khi đường kính mẫu  $\phi$  thay đổi từ 61,8 đến 79,8mm thì  $C_v$  ở tất cả các trị số áp lực nén và ở cả hai H mẫu đều tăng. Mức tăng của  $C_v$  nằm trong khoảng 12 đến 76%. Khi H có giá trị lớn thì  $C_v$  tăng nhiều hơn. Ở cả 2  $\phi$  mẫu, khi giá trị các cấp áp lực nén  $\sigma'$  tăng thì nhìn chung trị số  $C_v$  tăng nhiều hơn.

Như vậy, sự ảnh hưởng của H lớn hơn rất nhiều so với ảnh hưởng của đường kính mẫu.

\* Trong thí nghiệm cố kết hướng tâm:

- Khi đường kính mẫu thay đổi từ nhỏ ( $\phi = 61,8\text{mm}$ ) đến lớn ( $\phi = 79,8\text{mm}$ ): thì ở tất cả các cấp áp lực nén  $C_v$  đều tăng. Tuy nhiên, trong cố kết hướng tâm, lượng tăng ít hơn, chỉ vài %. Trị số  $C_h$  tương tự, cũng tăng theo sự tăng của  $\phi$  mẫu, lượng tăng từ 17 đến xấp xỉ 76%.

- Với đất nghiên cứu, tỷ số  $C_h/C_v$  thu được dao động từ xấp xỉ 2,28 đến 2,83.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Head K, H. (2006), *Manual of Soil Laboratory Testing*, Vol, 3, Pentech Press, London, UK.
- [2] Li Fang (2016), *Thiết bị nén cố kết thích ứng với các kích thước khác nhau của mẫu đất*, Đại học Xây dựng đô thị Thiên Tân - Trung Quốc, 适应不同土样尺寸的气压固结仪 - 道客巴巴 (doc88, com).
- [3] Lei Hua Yang, He Cai Feng, Jiu Wang Wei, Chen Li (2016), *Experimental Research on Size Effect Upon Consolidation Property of Hydraulic Reclamation*, Journal of Tianjin University (Science and Technology).
- [4] Nu Nguyen Thi, Bui Truong Son, Do Minh Ngoc (2020), *Research on Horizontal Coefficient of Consolidation of Vietnam's Soft Soil*, Hindawi Journal of Engineering.
- [5] Seah, T, H. at al (2004), *Horizontal coefficient of consolidation of soft Bangkok clay*, Geotechnical Testing Journal, Geotechnical Testing Journal.
- [6] Sridhar G., and Robinson R., (2011), *Determination of radial coefficient of consolidation using log t method*, International Journal of Geotechnical Engineering, vol, 5, no, 4, pp, 373–381.
- [7] Trautwein S, J., Olson R, E., and Thomas R, L., (1981), *Radial flow consolidation testing*, in Proceedings of the 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Balkema, Stockholm, Sweden, pp, 811–814.
- [8] Zhou Cui Ying, Zeng Qiang, Li Ya Sheng (2005), *Research on Consolidation Deformation Test of Large Size Soft Clay Samples*, ACTA Scientiarum Naturalium Univeritatis Sunyatseni.
- [9] Tiêu chuẩn Anh - BS 1377: Part 6: 1990, *Các phương pháp thí nghiệm đất xây dựng* (Bản dịch Tiếng Việt), Tập 2, Nhà xuất bản Giáo dục.
- [10] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9362 – 2012, *Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình*.
- [11] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 11713: 2017, *Gia cố nền đất yếu bằng giếng cát – Thi công và nghiệm thu*.