

# LỰA CHỌN MÔ HÌNH VẬT LIỆU TRONG PHẦN MỀM PLAXIS 3D ĐỂ MÔ PHỎNG LẠI KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM TRÊN MÔ HÌNH VẬT LÝ PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU HỢP LÝ HÌNH DẠNG KHỐI NÊM

NGUYỄN VŨ VIỆT - Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam  
ĐỖ THỂ QUYNH - Viện Thủy công

**Tóm tắt:** Trong tính toán địa kỹ thuật bằng phần mềm Plaxis3D, việc lựa chọn phù hợp mô hình vật liệu hết sức quan trọng bởi ảnh hưởng rất lớn đến tính chính xác của kết quả. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu lựa chọn mô hình vật liệu trên phần mềm Plaxis3D để mô phỏng lại kết quả thí nghiệm trên mô hình vật lý móng khối nêm phục vụ nghiên cứu hợp lý hình dạng khối nêm để làm móng đê biển Nam Bộ.

**Từ khóa:** mô hình vật liệu, thí nghiệm mô hình vật lý móng khối nêm.

**Summary:** It is very important for solving geotechnical problems to choose suitable material model in Plaxis3D, which influences significantly on the accuracy of results. This paper recommends the results gained from material models of Plaxis3D in comparison with results created by wedge block foundation physical model test. After that, the most reasonable material model of Plaxis3D will be used in calculations to find out suitable shapes of wedge blocks that will be applied to build the foundations of sea dykes in Southern Viet Nam.

**Keywords:** Material model, wedge block foundation physical model test.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong nghiên cứu khoa học, tính toán thiết kế các bài toán địa kỹ thuật mà cụ thể là tính toán ứng suất, biến dạng là điều rất quan trọng, là cơ sở để đánh giá tối ưu của giải pháp, kiểm tra ổn định, biến dạng theo yêu cầu trong các tiêu chuẩn hiện hành của nhà nước.

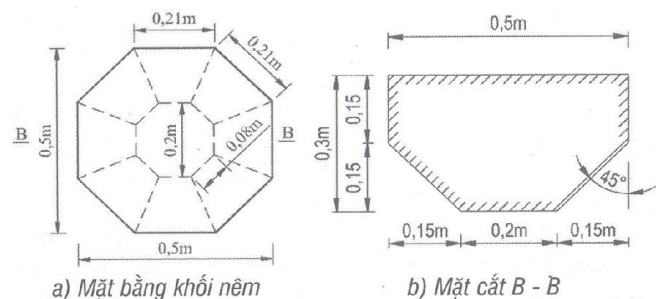
Móng khối nêm bao gồm các khối nêm xếp cạnh nhau, khoảng hở giữa chúng được chèn chặt bằng cát, trên móng có thể được phủ một lớp vải chịu kéo để liên kết các khối lại với nhau. Theo [1], móng khối nêm được các nhà khoa học thuộc Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam đề xuất nghiên cứu đầu tiên vào năm 2014 để phục vụ xây dựng đê biển trên nền đất yếu. Kết cấu móng ban đầu đưa vào nghiên cứu ứng suất, biến dạng trên mô hình vật lý gồm 06 khối nêm hình bát giác có kích thước mặt bằng đỉnh khối nêm bằng 50cm, đáy khối nêm bằng 20cm và chiều cao khối nêm bằng 30cm (chính là chiều cao móng khối nêm), góc vát khối nêm bằng 45°, khoảng hở giữa các khối nêm được chèn chặt bằng cát. Khối nêm được làm từ đất yếu tại chỗ trộn với xi măng và phụ gia Rovo theo tỷ lệ nhất định, cường độ chịu nén nở hông của khối nêm đạt cường độ khi đưa vào thí nghiệm. Nghiên cứu thực hiện chất tải lên móng với 8 cấp tác dụng để tiến hành đo ứng suất đáy móng và độ lún của tấm nén trên móng, mỗi cấp tải bằng 4kPa, thời gian duy trì mỗi cấp cho đến khi đạt trạng thái ổn định về lún thì tiến hành chất cấp tải tiếp theo. Kết quả thí nghiệm trên mô hình vật lý đã chỉ ra được hiệu quả của móng khối nêm trong việc giảm lún, giảm ứng suất.

Khối nêm ban đầu đưa vào nghiên cứu là hình bát giác chưa phải là hình dạng hợp lý nên cần phải tiếp tục nghiên cứu trên phần mềm mà ở đây lựa chọn là

phần mềm Plaxis3D của Hà Lan. Tuy nhiên, trong phần mềm Plaxis3D có rất nhiều mô hình vật liệu, việc lựa chọn mô hình vật liệu nào của phần mềm để mô phỏng gần đúng nhất kết quả thí nghiệm trên mô hình vật lý trước khi thực hiện nghiên cứu hợp lý hình dạng khối nêm là điều có ý nghĩa hết sức quan trọng và sẽ được nghiên cứu giải quyết trong bài báo này.

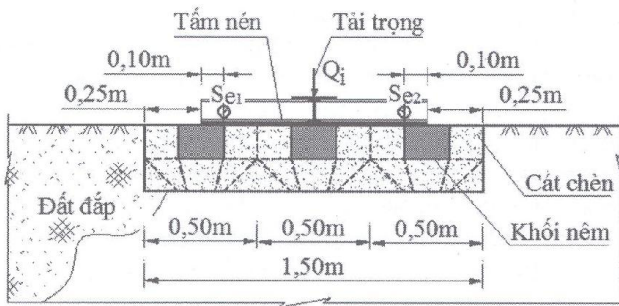
## 2. GIỚI THIỆU MÔ HÌNH VẬT LÝ MÓNG KHỐI NÊM

Cấu tạo móng khối nêm trên mô hình vật lý gồm 6 khối nêm, các khối nêm được xếp cạnh nhau, khoảng hở giữa các khối nêm được chèn chặt bằng cát. Tải trọng tác dụng lên móng được thực hiện bằng kích thủy lực thông qua khung truyền lực và tấm nén phẳng bằng thép đặt trên móng. Để đo độ lún của móng, lắp đặt 2 đồng hồ đo lún Se1 và Se1 ở 2 phía đối diện của tấm nén và nằm trên đường thẳng đi qua giữa móng. Toàn bộ móng khối nêm được đặt trên nền đất yếu của mô hình. Chi tiết khối nêm, móng khối nêm, vị trí đồng hồ đo lún, giới hạn biên và tổng thể mô hình được xem tại các Hình 1, Hình 2, Hình 3, Hình 4, Hình 5.



Hình 1 – Hình dạng và kích thước khối nêm [1].





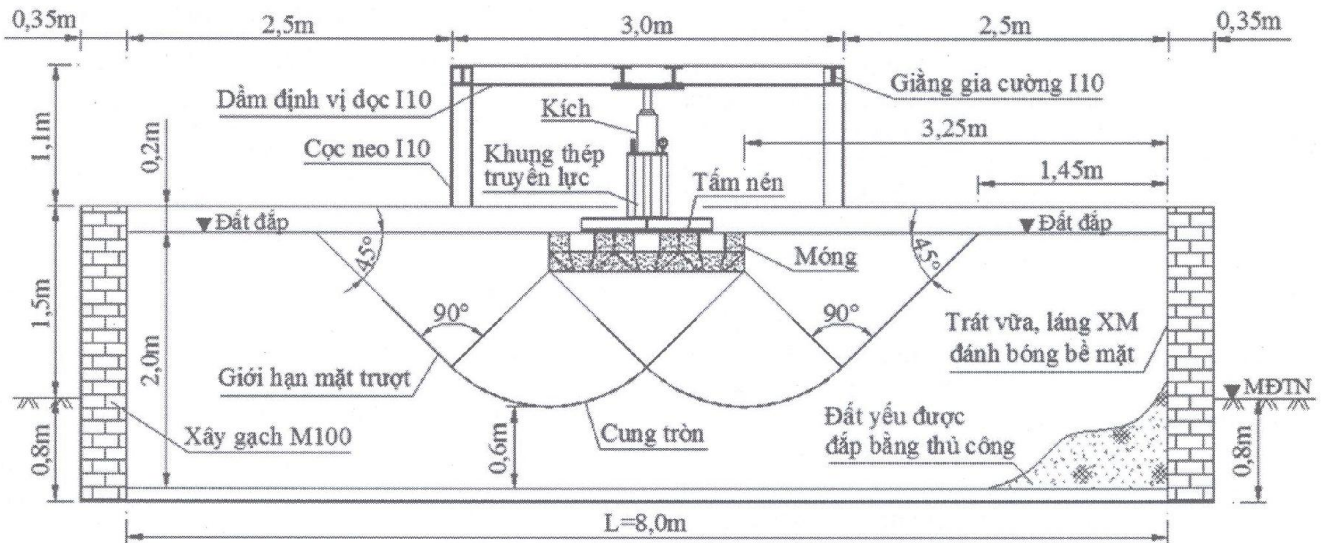
Hình 2 – Vị trí đồng hồ đo lún Se1 và Se2 [1]

### 3. MÔ HÌNH VẬT LIỆU TRONG PLAXIS 3D VÀ CHỈ TIÊU TÍNH TOÁN

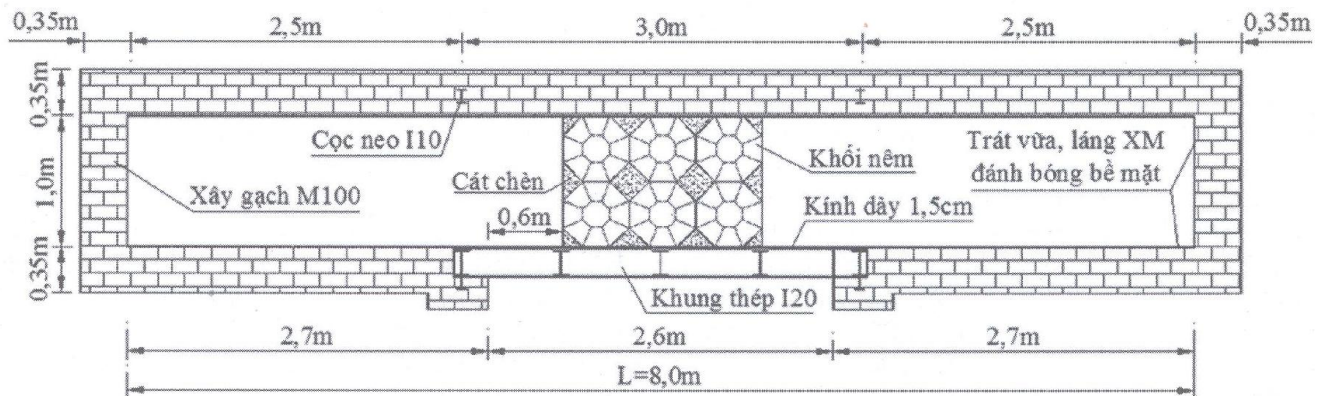
#### 3.1. Mô hình vật liệu trong Plaxis3D:

Phần mềm Plaxis3D do Hà Lan sản xuất để tính toán trong địa kỹ thuật. Trong phần mềm Plaxis3D có 11 mô hình [7]. Độ chính xác của bài toán phụ thuộc vào người sử dụng mô hình bài toán, lựa chọn mô hình vật liệu phù hợp.

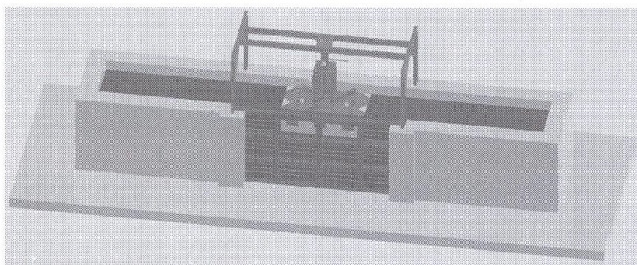
- Mô hình đàn hồi tuyến tính (LE): Là mô hình dựa vào định luật Hooke viết cho vật liệu đàn hồi tuyến



Hình 3 - Giới hạn biên và kết cấu mô hình [1]



Hình 4 – Kích thước và kết cấu mặt bằng mô hình [1]



Hình 5 – Phối cảnh 3D mô hình thí nghiệm sau khi hoàn thành

Qua mô hình vật lý thấy rằng, yếu tố ảnh hưởng đến độ lún của móng khối nêm chủ yếu là do nền đất yếu dưới móng. Việc lựa chọn mô hình vật liệu cho nền đất yếu này có ý nghĩa hết sức quan trọng trước

tính. Mô hình này không phù hợp với đất, nhưng có thể sử dụng để mô hình những khối cứng trong đất, nên nó được sử dụng cho tấm nền phẳng bằng thép của mô hình vật lý.

- Mô hình Mohr-Coulomb (MC): Là mô hình đàn hồi - dẻo hoàn toàn, mô phỏng ứng xử bậc nhất của vật liệu. Ứng xử vật liệu làm khối nêm đã được nghiên cứu và thấy rằng phù hợp với mô hình này [2], [9]. Ngoài ra, do cát có cường độ cao hơn đất yếu, nên khả năng phá hoại của cát trong móng không xảy ra. Khi chịu tải trọng, biến dạng của cát chỉ do thu hẹp lỗ rỗng nên quan hệ ứng suất với biến dạng gần tuyến tính, vì thế có thể áp dụng mô hình vật liệu Mohr-Coulomb.



- *Mô hình tầng bền (HS)*: Là mô hình tiên tiến trong mô phỏng ứng xử đất. Mô hình này đã xét đến sự phụ thuộc của độ cứng vào ứng suất.

- *Mô hình tầng bền biến dạng nhỏ (HSsmall)*: Mô hình này là sự hiệu chỉnh của mô hình HS và có xét được độ cứng tăng thêm của đất tại các biến dạng nhỏ. Khi biến dạng của đất nhỏ thì hầu hết các loại đất đều cho thấy độ cứng lớn hơn và độ cứng này thay đổi phi tuyến với biến dạng. Mô hình HSsmall cho chuyển vị xác thực hơn so với mô hình HS, tuy nhiên mô hình vật lý không có số liệu thí nghiệm  $G_{0}^{ref}$  và  $\gamma_{0,7}$  để sử dụng mô hình này.

- *Mô hình đất yếu (SS)*: Là mô hình kiểu Cam – Clay, quan hệ ứng suất hiệu quả trung bình và biến dạng thể tích có dạng hàm logarit, mô hình này dành cho tính nén lún của đất loại sét cổ kết bình thường.

- *Mô hình đất yếu từ biến (SSC)*: Mô hình này được phát triển để tính lún cho móng, khối đắp,... có xét đến tính từ biến của đất yếu. Bài báo này không áp dụng mô hình này vì không nghiên cứu ảnh hưởng của từ biến.

- *Mô hình đá phân lớp (JR)*: Là mô hình đàn dẻo dị hướng, đặc biệt dùng cho mô phỏng trạng thái của các lớp đá, trong mô hình vật lý không có đá nên không thể dùng mô hình này.

- *Mô hình Cam Clay cải tiến (MCC)*: Mô hình này tương tự như mô hình SS. Mô hình được thêm vào Plaxis để so sánh với tiêu chuẩn khác. Vì tương tự với mô hình SS, nên không cần thiết sử dụng mô hình này nếu đã sử dụng mô hình SS rồi.

- *Mô hình NGI – ADP*: Là mô hình sức kháng cắt không thoát nước dị hướng, dùng để tính cho công trình trên bờ và xa bờ trong điều kiện không thoát nước. Vì vậy, nó không thích hợp để tính khi nền thoát nước và không thích hợp khi dùng trong mô hình vật lý.

- *Mô hình Sekiguchi – Ohta*: Mô hình này được phát triển ở Nhật và được đưa vào Plaxis, mô hình này kiểu Cam – Clay. Hai phiên bản của mô hình này: (1)- Mô hình không nhớt (tương tự như mô hình SS), (2)- mô hình nhớt (tương tự mô hình SSC). Vì là tương tự như mô hình SS và SSC, nên trong mô hình vật lý không sử dụng mô hình này nếu đã sử dụng mô hình SS.

- *Mô hình Hoek-Brown (HB)*: Mô hình này áp dụng cho đá, nên trong mô hình vật lý không áp dụng được mô hình này.

### 3.2. Chỉ tiêu tính toán cho mô hình vật liệu:

- Chỉ tiêu của mô hình LE: Mô hình này dùng 2 chỉ tiêu trong tính toán là mô đun đàn hồi và hệ số poát xông. Tấm nén phẳng là thép CT3 được dùng cho mô

**Bảng 1:** Bảng chỉ tiêu cơ lý của thép CT3 [4], [5]

TT	Chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị	Ghi chú
1	Mô đun đàn hồi	$E_0$	kN/m <sup>2</sup>	$2,1 \cdot 10^8$	Theo tài liệu [4]
2	Hệ số poát xông	$\nu$	-	0,3	Theo tài liệu [5]
3	Dung trọng đơn vị	$g$	kN/m <sup>3</sup>	78,50	

hình vật lý, nên các chỉ tiêu nêu trong Bảng 1.

- *Mô hình MC*: Đối với đất yếu, mô hình này chỉ liên quan đến 4 thông số tính toán cơ bản, đó là: Mô đun tổng biến dạng, hệ số poát xông, lực dính đơn vị, góc ma sát trong. Mô hình này được khối nê-m và cát chèn giữa các khoảng hở của khối nê-m trên mô hình vật lý. Ngoài ra, mô hình MC cũng có thể dùng cho đất yếu trên mô hình. Các chỉ tiêu của khối nê-m, cát chèn và đất yếu trên mô hình nêu trong Bảng 2, Bảng 3.

**Bảng 2:** Chỉ tiêu của vật liệu khối nê-m [1], [2], [6]

TT	Chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị	Ghi chú
1	Mô đun biến dạng	E	kN/m <sup>2</sup>	84.000	Theo tài liệu [2]
2	Hệ số poát xông	$\nu$	-	0,25	Theo tài liệu [6]
3	Lực dính	c	kN/m <sup>2</sup>	105	Theo tài liệu [2]
4	Góc ma sát trong	j	Độ	56,6	Theo tài liệu [2]
5	Dung trọng tự nhiên	$\gamma_w$	kN/m <sup>3</sup>	17	Theo tài liệu [1]
6	Dung trọng bão hòa	$\gamma_{bh}$	kN/m <sup>3</sup>	17	Theo tài liệu [1]

**Bảng 3:** Chỉ tiêu của cát chèn [1], [3], [6]

TT	Chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị	Ghi chú
1	Mô đun biến dạng	E	kN/m <sup>2</sup>	11.000	Theo tài liệu [3]
2	Hệ số poát xông	$\nu$	-	0,3	Theo tài liệu [6]
3	Lực dính	c	kN/m <sup>2</sup>	-	
4	Góc ma sát trong	j	Độ	22,3	Theo tài liệu [1]
5	Dung trọng tự nhiên	$\gamma_w$	kN/m <sup>3</sup>	17	Theo tài liệu [1]
6	Dung trọng bão hòa	$\gamma_{bh}$	kN/m <sup>3</sup>	17	Theo tài liệu [1]

Ngoài ra, với đất yếu của mô hình khi dùng mô hình MC thì ngoài các chỉ tiêu lực dính đơn vị và góc ma sát trong, phải cần thêm 2 thông số đầu vào là mô đun biến dạng và hệ số poát xông. Kết quả tính toán mô đun biến dạng từ các chỉ tiêu thí nghiệm cho đất yếu của mô hình được  $E=2876$  kN/m<sup>2</sup>, hệ số poát xông trả bằng được  $=0,4$  [1].

- *Mô hình HS*: Mô hình này liên quan đến rất nhiều thông số của đất [7]:

+ Thông số phá hoại:

- Lực dính đơn vị;

- Góc ma sát trong.

+ Các thông số liên quan đến độ cứng của đất:

- Mô đun biến dạng cát tuyến tương ứng với 50% tải trọng phá hoại có được do thí nghiệm 3 trục ở trạng thái thoát nước,  $E_{50}^{ref}$ ;

- Mô đun biến dạng tiếp tuyến trong thí nghiệm 1 trục,  $E_{oed}^{ref}$ ;

- Mô đun nở/nén lại,  $E_{ur}^{ref}$  ( $E_{ur}^{ref} = 2,5 \cdot E_{50}^{ref}$ );

- Hệ số mũ biểu thị sự phụ thuộc của mô đun biến dạng vào ứng suất.

+ Các thông số tiên tiến:

- Hệ số poát xông nở - nén lại,  $\nu_{ur} = 0,2$ ;

- Ứng suất tham chiếu,  $p^{ref}=100$  kN/m<sup>2</sup>;

- Hệ số áp lực ngang tĩnh,  $K_0^{nc} = 1 - \sin\phi$  ( $\phi$  là góc



ma sát trong của đất);

- Hệ số phá hoại,  $R_f = 0,9$ .

Ngoài các thông số về cường độ, tổng hợp các thông số độ cứng của mô hình HS nêu trong Bảng 4.

**Bảng 4:** Các thông số độ cứng của mô hình HS

TT	Chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Mô đun biến dạng cát tuyến	$E_{50}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	985
2	Mô đun biến dạng tiếp tuyến	$E_{oed}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	2215
3	Mô đun nở/nén lại	$E_{ur}^{ref}$	kN/m <sup>2</sup>	2465
4	Hệ số mũ cho sự phụ thuộc vào ứng suất	m	-	1

- Mô hình SS: Các chỉ tiêu tính toán của mô hình này bao gồm:

+ Các thông số cơ bản: Ngoài lực dính đơn vị và góc ma sát trong, các thông số cơ bản là:

- Chỉ số nén hiệu chỉnh,  $\lambda^*$ ;

- Chỉ số nở hiệu chỉnh,  $K^*$ ;

+ Các thông số tiên tiến (được đề nghị sử dụng các giá trị mặc định):

- Hệ số thoát nước - nén lại;

- Hệ số áp lực ngang tĩnh,  $k_0^{hc} = 1 - \sin\varphi$  ( $\varphi$  là góc ma sát trong của đất).

Với đất yếu của mô hình vật lý, xác định qua tính toán từ các số liệu thí nghiệm được:  $\lambda^* = 0,127$ ,  $K^* = 0,04$ .

Mô hình MC, HS, SS đều có chung các chỉ tiêu cơ lý có được nhờ thí nghiệm đất yếu của mô hình vật lý được tổng hợp nêu trong Bảng 5.

**Bảng 5:** Các chỉ tiêu cơ lý trung bình về địa tầng đất yếu [1]

TT	Chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Thành phần hạt	-		
-	Hạt sét (<0,005mm)	-	%	54,3
-	Hạt bụi (0,005-0,05mm)	-	%	19,5
-	Hạt cát (0,05-2mm)	-	%	26,2
2	Độ ẩm tự nhiên	W	%	63,1
3	Dung trọng tự nhiên	$\gamma_w$	kN/m <sup>3</sup>	15,4
4	Dung trọng bão hòa	$\gamma_{bh}$	kN/m <sup>3</sup>	15,8
5	Dung trọng khô	$\gamma_G$	kN/m <sup>3</sup>	9,4
6	Tỷ trọng	$\Delta$	-	2,61
7	Độ bão hòa	G	%	92,52
8	Độ rỗng	n	%	64,03
9	Hệ số rỗng ban đầu	$e_0$	-	1,78
10	Giới hạn chảy	$W_L$	%	66,70
11	Giới hạn dẻo	$W_p$	%	36,95
12	Chỉ số dẻo	$I_p$	%	29,75
13	Độ sệt	$I_L$	-	0,88
14	Góc ma sát trong	$\varphi$	Độ	2,93
16	Lực dính đơn vị	c	kN/m <sup>2</sup>	9
17	Hệ số thấm	$k'$	m/s	$6,87 \cdot 10^{-4}$

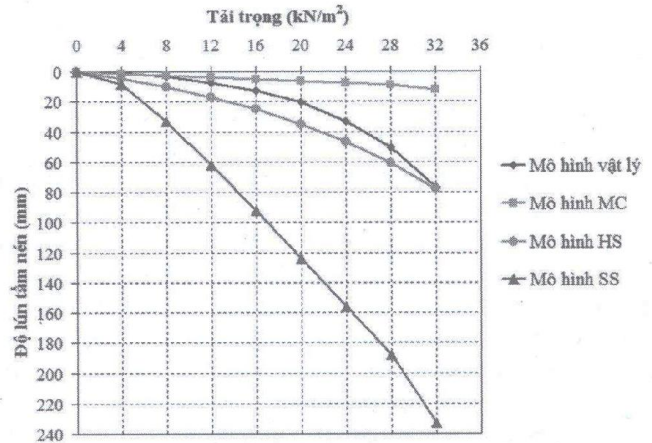
## 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ PHÂN TÍCH, BÌNH LUẬN

### 4.1. Kết quả nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu đưa ra là quan hệ giữa tải trọng và độ lún tấm nền với các mô hình đất yếu khác nhau được tổng hợp và nêu trong Bảng 6 và lập thành đồ thị (xem Hình 6).

**Bảng 6:** Độ lún tấm nền phẳng theo tải trọng

TT	Tải trọng (kN/m <sup>2</sup> )	Độ lún tấm nền (mm)				Sai số so với MHVL (%)		
		MHVL	MC	SS	HS	MC	SS	HS
0	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0	0
1	4	0,42	1,30	8,64	4,50	20	1945	965
2	8	3,40	2,44	33,00	10,00	28	872	195
3	12	7,69	3,70	62,00	17,00	-52	706	121
4	16	12,73	4,90	92,00	25,00	-61	623	96
5	20	20,78	6,13	124,00	35,00	-71	497	68
6	24	33,49	7,50	156,00	47,00	-78	366	40
7	28	50,49	9,20	188,00	61,00	-82	272	21
8	32	76,56	12,00	233,00	78,00	-84	204	2



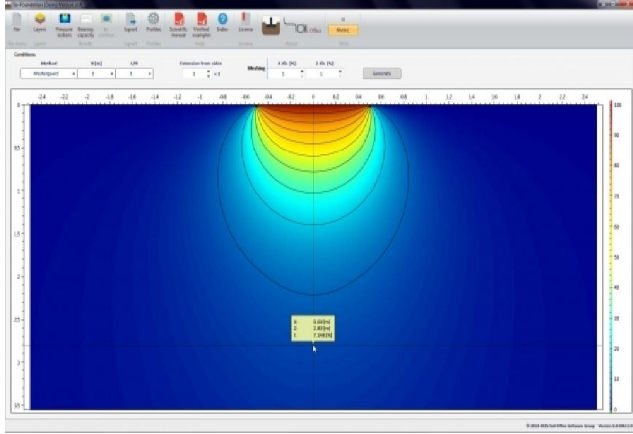
**Hình 6:** Quan hệ giữa tải trọng với độ lún tấm nền phẳng

### 4.2. Phân tích, bình luận kết quả

- Kết quả tính toán độ lún tấm nền phẳng nêu trong Bảng 6 cho thấy trong phạm vi tải trọng tác dụng, mức độ sai số độ lún khi dùng mô hình HS là ít nhất so với mô hình SS và MC và càng về những cấp tải trọng cuối thì mức độ sai số càng nhỏ. Trên Hình 7, dạng đường cong nén lún ứng với mô hình HS khá phù hợp với dạng đường cong thu được trên mô hình vật lý và cũng phù hợp nhất so với đường cong nén lún thu được từ mô hình SS và MC. Riêng đối với mô hình MC, đường cong nén lún có dạng gần như đường thẳng, kết quả này là khá phù hợp bởi trong phạm vi tải trọng phá hoại thì mô hình này có quan hệ ứng suất và biến dạng là đường thẳng (tương tự như mô hình LE).

- Sở dĩ đường cong nén lún của mô hình HS phù





hợp hơn với đường cong nén lún thu được từ mô hình vật lý so với mô hình MC và SS là vì trong mô hình HS, mô đun biến dạng của đất thể hiện sự phụ thuộc của nó vào ứng suất thực tế, nên kết quả phù hợp với thực tế hơn, đây là ưu điểm của mô hình HS mà mô hình MC và SS không có được.

- Dựa vào đường cong nén lún thu được trên phần mềm Plaxis3D và từ mô hình vật lý, thấy rằng mô hình HS cho kết quả phù hợp nhất trong số các mô hình dùng cho đất nền yếu, mức độ sai khác không nhiều so với kết quả thí nghiệm trên mô hình vật lý, vì vậy mô hình HS được lựa chọn để tiếp tục nghiên cứu hợp lý hình dạng khối nêm trên phần mềm.

### 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Qua kết quả tính toán và thí nghiệm thấy rằng hình HS là phù hợp với kết quả thí nghiệm trên mô hình vật lý;

- Dùng mô hình HS phục vụ nghiên cứu hợp lý hình dạng khối nêm trên phần mềm Plaxis3D để làm móng đê biển Nam Bộ;

- Tiếp tục thí nghiệm để xác định mô đun cắt biến

dạng nhỏ và biến dạng tương ứng với mô đun cắt bằng 70% giá trị mô đun cắt biến dạng nhỏ cho các loại đất yếu để có thể sử dụng mô hình HSsmall trong tương lai cho các công trình thực tế và trong nghiên cứu khoa học. □

### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Phùng Vĩnh An, Nguyễn Quốc Dũng, Đỗ Thế Quỳnh và nnk (2016), *Hồ sơ đề tài cấp Bộ: Nghiên cứu giải pháp công nghệ xử lý nền đất yếu bằng thiết bị trộn đất tại chỗ với chất kết dính vô cơ phục vụ xây dựng công trình thủy lợi*, Viện KHTL Việt Nam, Hà Nội.
2. Phùng Vĩnh An (2012), *Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến sức chịu tải của cọc XMD thi công theo công nghệ Jet-Grouting cho một số vùng đất yếu ở Việt Nam*, Luận án TSKT, Viện KHTL Việt Nam, Hà Nội.
3. Bộ KH-CN (2012), *TCVN 9362:2012 – Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình*, Hà Nội.
4. Vũ Thành Hải (1983), *Kết cấu thép*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
5. TS. Vũ Hoàng Hùng, PGS.TS. Nguyễn Quang Hùng (2011), *Ansys – Phân tích kết cấu công trình thủy lợi thủy điện, tập I – Các bài toán cơ bản*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
6. Nguyễn Xuân Trường (1972), *Thiết kế đập đất*, NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
7. Delf University of Technology & Plaxis bv (2013), *Plaxis3D2013-Material Models Manual*, The Netherlands.
8. H.W.R.U, D.D.M.F.C, H.E.D.P.W.D (2001), *Geotechnical modeling – Plaxis short course – Fundamentals, theory and application of software*, Ha Noi.
9. Ministry of transport public works and water Management, *Design Guide Soft soil Stabilisation*, Finland.