

Đánh giá cường độ chịu uốn và chịu nén của trụ đất xi măng đối với đất sét dẻo mềm

Evaluation of flexural strength and compressive strength of cement column for flexible soft clay

> THS LÊ THỊ THU HẰNG, THS LÊ QUỐC TIẾN, THS ĐOÀN VĂN ĐỆT

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

Email: lethithuhang@mtu.edu.vn, lequoctien@mtu.edu.vn, doanvandet@mtu.edu.vn

TÓM TẮT

Thực nghiệm trình bày kết quả nghiên cứu hàm lượng XM và tỷ lệ N/XM hợp lý tương ứng là 15% và $\leq 1,0$; 0,45 đến 0,57 là tỷ số giữa cường độ chịu uốn và cường độ chịu nén tương ứng. Tỷ số giữa cường độ chịu uốn và cường độ chịu nén từ 0,36 đến 0,84 dựa trên đánh giá mối quan hệ giữa cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn của hỗn hợp XM đất đối với loại đất sét dẻo mềm phụ thuộc vào hàm lượng XM và tỷ lệ N/XM. Nghiên cứu được tiến hành thực nghiệm trên mẫu tiêu chuẩn đánh giá cường độ chịu uốn. Mẫu được chế bị trong phòng theo phương pháp trộn ướt, 5, 10, 15 và 20% lần lượt là hàm lượng XM được thay đổi. Tương ứng với mỗi hàm lượng XM, tỷ lệ N/XM thu được các giá trị thay đổi lần lượt là 0; 0,5; 1,0; 1,5 và 2,0. Kết quả thực nghiệm là cơ sở lựa chọn thông số sức kháng uốn hợp lý, kinh tế, đảm bảo kỹ thuật và dễ dàng khi thi công.

Từ khóa: Nền đất yếu; trụ đất xi măng; hỗn hợp xi măng-đất; tỷ lệ nước/xi măng; hàm lượng xi măng; khả năng chịu uốn của trụ đất xi măng; sét dẻo mềm.

ABSTRACT

This paper presents the results of research on cement content and reasonable water/cement ratio of 15% and ≤ 1.0 , respectively. With the amount of cement, this optimal water/cement ratio, the ratio between the functional strength and compressive strength has values from 0.45 to 0.57. Depending on the cement content and the water/cement ratio, the ratio between the bearing strength and the compressive strength ranges from 0.36 to 0.84 based on the equivalence assessment between the bearing strength and the tensile strength. compressive strength compressive strength of soil-cement mixtures for ductile soils. In addition to depending on the cement content, the strength also depends on the water/cement ratio. The study was conducted through the stress strength test on the standard sample. The sampling process was carried out in the room according to the fusion method when changing the cement content by 5%, 10%, 15% and 20%, respectively. For each cement content, the water/cement ratio will be changed to 0 values respectively; 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0. Research results are the basis for designers to choose reasonable bending resistance parameters, both ensuring technical and economic factors and ensuring favorable factors in the construction process.

Keywords: Soft soil; deep cement mixing piles; cement soil mixed; water/cement ratio; cement content; bending resistance of cement column.

1. GIỚI THIỆU

Trụ đất xi măng (XM) từ lâu được áp dụng rộng rãi trong lĩnh vực xử lý nền đất yếu như: tường chắn trong công trình ngầm, công trình giao thông và nhà cao tầng trong các khu dân cư. Công trình hầm Thủ Thiêm nối với đại lộ Đông Tây, đường vào sân đỗ cảng hàng không Cần Thơ, đường băng sân bay Cần Thơ, móng bốn đầu tại Tổng kho xăng dầu Cần Thơ, ... là những công trình sử dụng giải pháp trụ đất XM để gia cố nền. Trong kết cấu này tường chắn ngoài chịu cắt, nền còn chịu uốn do áp lực đất tác dụng ngang lên lưng tường.

Lớp đất nền yếu có thể gây ra nhiều tác động tiêu cực đến khả năng sử dụng của công trình như: mất ổn định, lún sập, xuất hiện vết nứt, ... đồng thời mực nước ngầm cao cũng sẽ gây nguy hiểm cho

công trình [1]. Công tác thiết kế và giai đoạn thi công tại khu vực có nền đất yếu đòi hỏi người quản lý dự án, thiết kế và nhà thầu thi công phải lựa chọn phương án xử lý nền phù hợp. Một số công trình nghiên cứu trong và ngoài nước về vấn đề này đã chỉ ra cường độ chịu uốn (σ_b) nhỏ hơn nhiều so với cường độ chịu nén (q_u). Tương quan giữa σ_b và q_u đối với loại đất sét vùng Kawasaki với mẫu nén ở thời điểm 28 ngày tuổi cho thấy, tùy theo hàm lượng XM (hay vôi) và tỷ lệ nước/xi măng (N/XM) mà tỷ số lần lượt là $\sigma_b/q_u = 0,1$ (đối với đất trộn XM) và 0,6 (đối với đất trộn vôi) [2]. Thí nghiệm trên mẫu uốn có đường kính 2cm, chiều dài 20cm; mẫu nén có kích thước đường kính 2cm, chiều cao 4cm tại thời điểm 28 ngày tuổi đối với đất sét cao lanh, kết quả cho tỷ số

$\sigma_b/q_u = 0,4$ có tỷ lệ N/XM là 1,2 và $\sigma_b/q_u = 0,28$ tỷ lệ N/XM là 1,6 [3]. Nhóm tác giả tại Đà Nẵng đã nghiên cứu trên loại đất cát, tùy theo thành phần hạt của cát mà tỷ lệ $\sigma_b/q_u = (0,29 \div 0,65)$ [4]. Với loại đất bùn sét thay đổi theo hàm lượng XM và tỷ lệ N/XM, tác giả Đoàn Văn Đệ đề xuất kết quả tương qua giữa σ_b và q_u từ 0,3-0,8 [5, 6].

Tại khu vực ĐBSCL khảo sát địa chất cho thấy đa phần là bùn sét có chiều dày lớn, xen kẽ bùn sét hữu cơ, bùn sét pha và các lớp sét dẻo mềm phân bố rải rác ở các độ sâu khác nhau, chiều dày lớp đất yếu lớn (từ khoảng -7m đến khoảng -30m) làm cho công trình dễ mất ổn định, chịu lực kém, mực nước ngầm cao dễ gây đẩy nổi cũng là tác nhân gây mất ổn định và nguy hiểm cho công trình.

Để có cơ sở cho người thiết kế lựa chọn thông số sức kháng uốn hợp lý, vừa đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và tính kinh tế, quá trình thí công thuận tiện cần nghiên cứu tương quan giữa σ_b và q_u của loại đất sét dẻo mềm cũng như đề xuất hàm lượng XM và tỷ lệ N/XM hợp lý trong thiết kế trụ đất XM gia cố nền bằng phương pháp trộn ướt.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu trong bài báo, tác giả đề xuất là loại đất sét trạng thái dẻo mềm, được lấy tại mố cầu Đường Trôm 2 - xã Quới An, Vũng Liêm, tỉnh Vĩnh Long và mố cầu Trung Hiệp - xã Trung Hiệp, Vũng Liêm, tỉnh Vĩnh Long giai đoạn chưa thi công.

2.1. Tính chất của mẫu đất và vật liệu thí nghiệm

Mẫu đất nguyên dạng được lấy tại 02 hố khoan nêu trên, mẫu đất được chọn để tiến hành thí nghiệm là loại đất sét dẻo mềm. Mẫu sau khi lấy được bảo quản đảm bảo tính nguyên dạng và tránh thay đổi độ ẩm. Sau đó được thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý như lực dính, góc ma sát, dung trọng, độ ẩm... Kết quả được trình bày trong bảng 1 [7].

Bảng 1: Các chỉ tiêu cơ - lý của đất nguyên dạng

TT	Tính chất cơ lý	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Thành phần hạt			
	Sỏi sạn		%	
	Cát		%	9,3
	Bụi		%	40,5
	Sét		%	50,2
2	Độ ẩm tự nhiên	w	%	49,3
3	Dung trọng tự nhiên	γ	g/cm ³	1,71
4	Dung trọng khô	γ_d	g/cm ³	1,15
5	Tỷ trọng	G_s		2,66
6	Giới hạn chảy	w_L	%	61,2
7	Giới hạn dẻo	w_d	%	29,9
8	Chỉ số dẻo	I_p	%	31,3
9	Độ sệt	I_L	%	0,62

Mẫu đất còn lại tác giả sử dụng để trộn chế bị mẫu đất XM với các hàm lượng XM và tỷ lệ N/XM khác nhau. Thí nghiệm xác định σ_b và q_u lần lượt là 7 ngày, 14 ngày, 28 ngày, 56 ngày và 90 ngày tuổi.

2.2. Xi măng

XM được sử dụng là loại XM đa dụng Hà Tiên PCB40, có các chỉ tiêu và đặc tính đạt tiêu chuẩn yêu cầu (TCVN 6260:2009). Bảng 2 trình bày các đặc tính cơ bản của XM.

Bảng 2: Các đặc tính của XM nghiên cứu [7]

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm	Yêu cầu (Theo TCVN 6260:2009)
1	Thời gian đông kết	Bắt đầu	Phút	Min 45
		Kết thúc	Phút	Max 420
2	Cường độ nén	3 ngày	MPa	25,5
		7 ngày	MPa	31,7
		28 ngày	MPa	42,8
3	Cường độ uốn	3 ngày	MPa	4,3
		7 ngày	MPa	5,2
		28 ngày	MPa	6,8

2.3. Nước sử dụng

Nước sử dụng làm thực nghiệm được lấy trực tiếp từ nguồn nước sinh hoạt tại Trung tâm Thí nghiệm xây dựng và Môi trường - Trường Đại học Xây dựng Miền Tây do Công ty Cổ phần Cấp nước Vĩnh Long cung cấp đạt các tiêu chuẩn theo quy định hiện hành.

2.4. Chế bị và thí nghiệm mẫu hỗn hợp xi măng đất

Hỗn hợp đất và XM được trộn với các tỷ lệ khác nhau lần lượt là 5, 10, 15 và 20%. Tương ứng với mỗi hàm lượng XM, tỷ lệ N/XM được thay đổi lần lượt: 0; 0,5; 1,0; 1,5 và 2,0. Các hỗn hợp này được chế bị trên các khuôn có kích thước 7,07x7,07x7,07(cm) dùng để thí nghiệm σ_b và các mẫu trên các khuôn 4x4x16(cm) dùng để thí nghiệm cường độ chịu uốn.

Hỗn hợp XM đất được chế bị bằng phương pháp trộn ướt [7]. Tỷ lệ thành phần cấp phối được xác định:

$$\text{- Khối lượng XM: } W_c = \frac{1+w}{1+w_0} \times a_w \times W_0$$

- Khối lượng nước trộn:

$$W_c = \left(\frac{w-w_0}{1+w} + \mu \times a_w \right) \times \left(\frac{1+w}{1+w_0} \right) W_0$$

trong đó:

W_0 : khối lượng đất khô, (kg);

W_c : khối lượng XM, (kg);

W_w : khối lượng nước, (kg);

W : độ ẩm mẫu đất ở trạng thái tự nhiên;

w_0 : độ ẩm mẫu đất sau khi phơi khô;

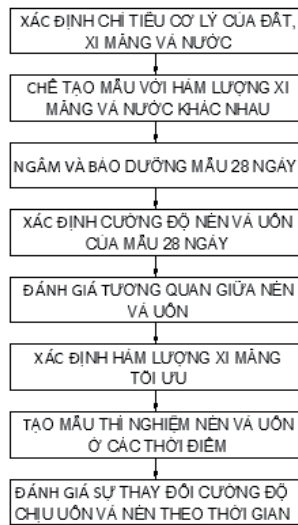
a_w : tỷ lệ trộn đất XM;

μ : tỷ lệ N/XM;



Hình 1: Thiết bị trộn và chế bị mẫu hỗn hợp XM đất

Các mẫu được tháo khuôn sau khi chế bị 3 ngày và ngâm nước bảo dưỡng theo quy định trong thời gian thí nghiệm 28 ngày.



Hình 2: Sơ đồ quy trình chế bị, bảo dưỡng mẫu và thí nghiệm đánh giá σ_b và q_u theo thời gian

Thí nghiệm nén và uốn nhằm đánh giá tương quan giữa σ_b và q_u , ảnh hưởng của tỷ lệ XM và N/XM đến σ_b và q_u của hỗn hợp XM đất sau khi mẫu được bảo dưỡng đủ thời gian 28 ngày. Từ đó xác định được hàm lượng XM hợp lý và tỷ lệ N/XM tối ưu. Tiếp tục chế bị mẫu, nén và uốn mẫu ở các thời điểm 7, 14, 56 và 90 ngày. Qua đó đánh giá sự thay đổi cường độ cũng như mối quan hệ giữa σ_b và q_u theo thời gian.

q_u của mẫu chế bị được xác định theo công thức [8]:

$$q_u = \frac{P}{A}$$

trong đó:

q_u : cường độ chịu nén của mẫu đất XM ở tuổi thí nghiệm, MPa

P: giá trị lực gây phá hoại mẫu, N

A: diện tích mặt cắt ngang mẫu, mm²

Cường độ chịu uốn xác định theo công thức [8]:

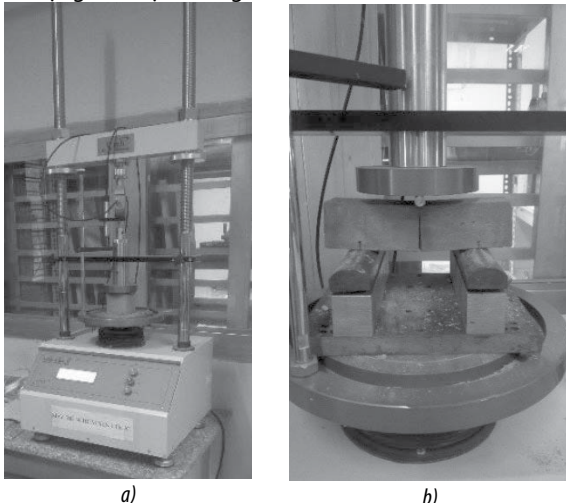
$$R_u = \frac{1,5 \times P \times L}{b^3}$$

trong đó:

P: tải trọng làm cho mẫu bị gãy, N

L: khoảng cách giữa hai gối uốn, L = 100mm

b: bề rộng tiết diện vuông của mẫu uốn, b = 40mm



Hình 3: Thí nghiệm cường độ của hỗn hợp XM đất. a) Thí nghiệm q_u , b) Thí nghiệm σ_b

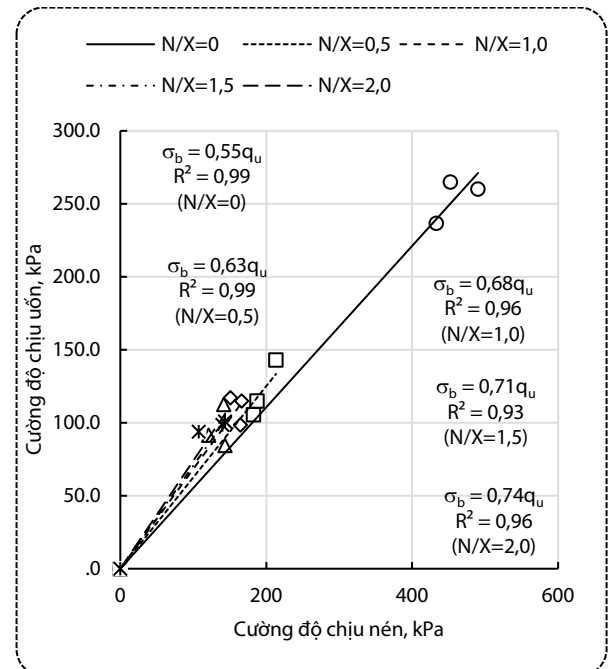
3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

3.1. Tương quan giữa cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn của hỗn hợp xi măng đất

Tương quan giữa σ_b và q_u được xem xét dựa trên kết quả thí nghiệm ở thời 28 ngày. Các kết quả thí nghiệm được tổng hợp dưới dạng bảng và biểu đồ khi thay đổi hàm lượng XM lần lượt là 5, 10, 15 và 20%. Mỗi hàm lượng XM thì tỷ lệ N/XM thay đổi tương ứng lần lượt là 0; 0,5; 1,0; 1,5 và 2,0.

Bảng 3: Cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn khi hàm lượng XM 5%

STT	Ký hiệu mẫu	Mẫu số	q_u (kPa)	σ_b (kPa)
1	5/0,0	1	490,3	260,2
2	5/0,0	2	452,6	264,8
3	5/0,0	3	433,0	236,7
4	5/0,5	1	187,5	114,8
5	5/0,5	2	182,5	105,5
6	5/0,5	3	213,3	143,0
7	5/1,0	1	164,7	98,4
8	5/1,0	2	150,9	117,2
9	5/1,0	3	166,3	114,8
10	5/1,5	1	141,8	112,5
11	5/1,5	2	121,1	91,4
12	5/1,5	3	143,7	84,4
13	5/2,0	1	140,3	98,4
14	5/2,0	2	143,7	100,8
15	5/2,0	3	107,6	93,8

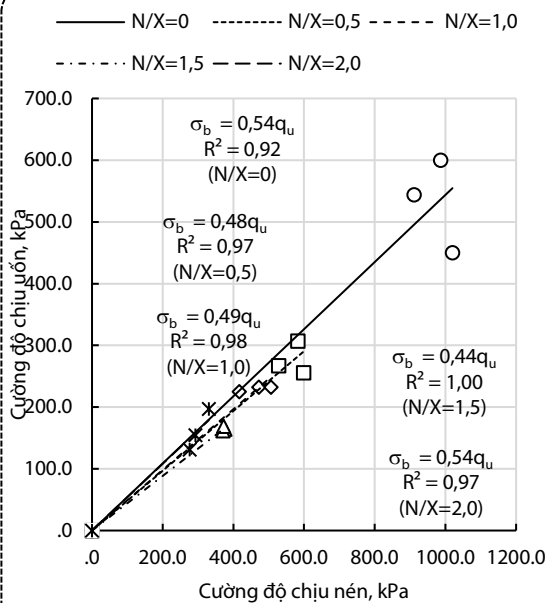


Hình 4: Biểu đồ tương quan giữa σ_b và q_u khi hàm lượng XM 5%

Bảng 4: Cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn khi hàm lượng

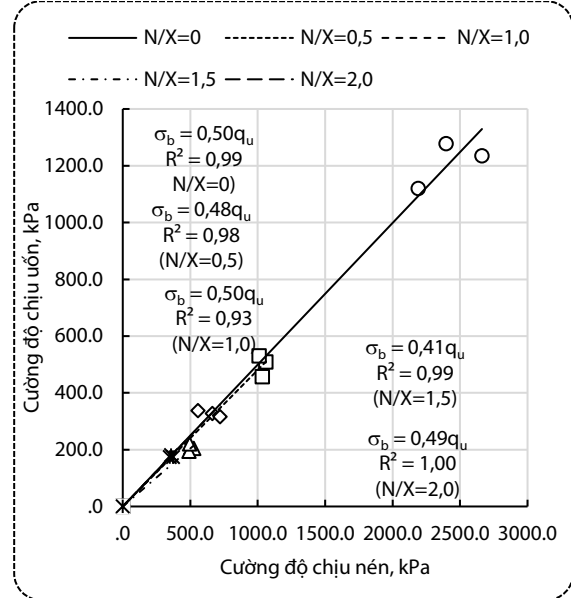
XM 10%

STT	Ký hiệu mẫu	Mẫu số	q_u (kPa)	σ_b (kPa)
1	10/0,0	1	986,5	600,0
2	10/0,0	2	911,1	543,8
3	10/0,0	3	1.020,0	450,0
4	10/0,5	1	582,8	307,0
5	10/0,5	2	527,8	267,2
6	10/0,5	3	598,5	255,5
7	10/1,0	1	416,8	225,0
8	10/1,0	2	471,5	232,0
9	10/1,0	3	506,5	232,0
10	10/1,5	1	375,9	164,1
11	10/1,5	2	370,0	161,7
12	10/1,5	3	372,1	168,8
13	10/2,0	1	275,7	131,3
14	10/2,0	2	292,2	154,7
15	10/2,0	3	330,7	196,9

**Hình 5:** Biểu đồ tương quan giữa σ_b và q_u khi hàm lượng XM 10%**Bảng 5:** Cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn khi hàm lượng

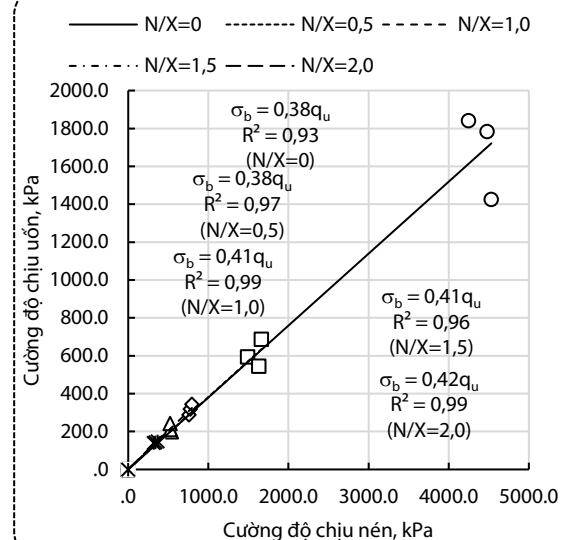
XM 15%

STT	Ký hiệu mẫu	Mẫu số	q_u (kPa)	σ_b (kPa)
1	15/0,0	1	2.397,8	1.277,3
2	15/0,0	2	2.190,3	1.120,3
3	15/0,0	3	2.662,4	1.235,2
4	15/0,5	1	1.035,4	457,0
5	15/0,5	2	1.062,0	508,6
6	15/0,5	3	1.011,8	529,7
7	15/1,0	1	665,1	327,0
8	15/1,0	2	722,2	316,4
9	15/1,0	3	558,9	337,5
10	15/1,5	1	526,2	203,9
11	15/1,5	2	492,5	194,5
12	15/1,5	3	496,5	220,3
13	15/2,0	1	373,7	173,4
14	15/2,0	2	349,3	173,4
15	15/2,0	3	359,1	180,5

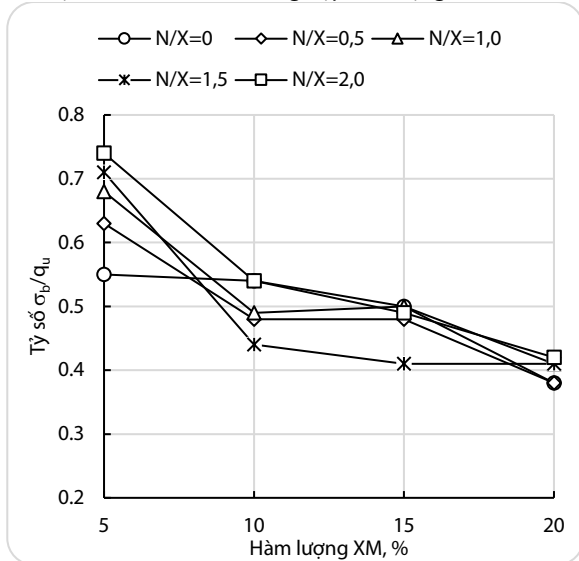
**Hình 6:** Biểu đồ tương quan giữa σ_b và q_u khi hàm lượng XM 15%**Bảng 6:** Cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn khi hàm lượng

XM 20%

STT	Ký hiệu mẫu	Mẫu số	q_u (kPa)	σ_b (kPa)
1	20/0,0	1	4.477,6	1.783,6
2	20/0,0	2	4.531,8	1.425,0
3	20/0,0	3	4.249,7	1.842,2
4	20/0,5	1	1.492,0	595,3
5	20/0,5	2	1.662,3	686,7
6	20/0,5	3	1.629,9	546,1
7	20/1,0	1	761,3	288,3
8	20/1,0	2	777,3	318,8
9	20/1,0	3	795,0	344,5
10	20/1,5	1	540,3	199,2
11	20/1,5	2	528,6	210,9
12	20/1,5	3	523,5	243,8
13	20/2,0	1	369,0	147,7
14	20/2,0	2	319,5	140,6
15	20/2,0	3	339,5	144,1

**Hình 7:** Biểu đồ tương quan giữa σ_b và q_u khi hàm lượng XM 20%

Từ số liệu hình 4 đến hình 7 tổng hợp dưới dạng biểu đồ hình 8 và 9.



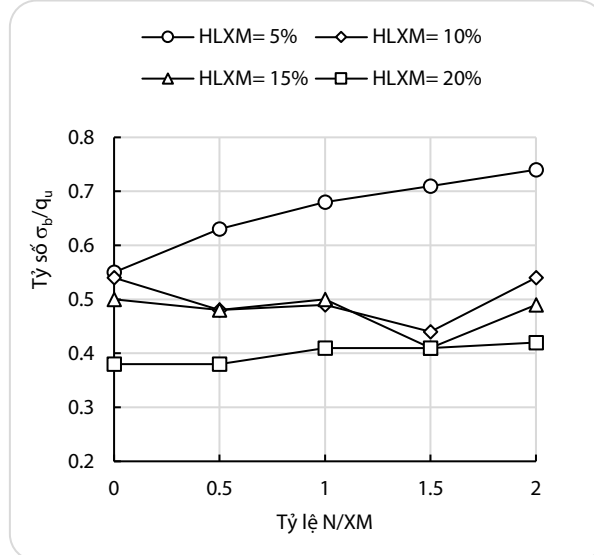
Hình 8: Ảnh hưởng của hàm lượng XM đến tỷ số σ_b/q_u của trụ đất XM

Nhìn chung, tỷ số giữa σ_b và q_u $\alpha = \left(\frac{\sigma_b}{q_u} \right)$ giảm khi tăng hàm

lượng XM. Với hàm lượng XM là 5% thì α tăng khi tăng tỷ lệ N/XM, dao động trong khoảng từ (0,55 ÷ 0,74).

Khi tăng hàm lượng XM 10% đến 15% thì α giảm và dao động trong khoảng từ (0,41 ÷ 0,49).

Hàm lượng XM là 20% thì giá trị α chênh lệch không đáng kể với các tỷ lệ N/XM khác nhau, dao động trong khoảng từ (0,38 ÷ 0,42).



Hình 9: Ảnh hưởng của tỷ lệ N/XM đến tỷ số σ_b/q_u của trụ đất XM

Khi tỷ lệ N/XM thay đổi thì α cũng thay đổi từ 0,38 đến 0,74 tùy theo hàm lượng XM.

Khi tỷ lệ N/XM = 0 thì khi tăng hàm lượng XM α giảm từ 0,55 xuống 0,38 tương ứng với hàm lượng XM 5% và 20%.

Khi tỷ lệ N/XM 0,5 thì α không thay đổi ứng với hàm lượng XM 20% và tăng với hàm lượng XM 5%, trong khi α giảm với hàm lượng XM 10% và 15%.

Khi tỷ lệ N/XM 1,0 thì hệ số α tăng với mọi hàm lượng XM nhưng không đáng kể.

Khi tỷ lệ N/XM là 1,5 thì giá trị α không thay đổi với hàm lượng XM là 20% và tăng khi hàm lượng XM là 5% và giảm tương ứng với hàm lượng XM 10% và 15%.

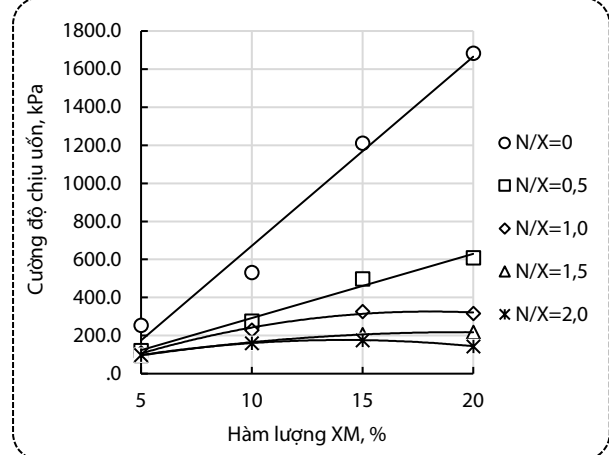
Khi tỷ lệ N/XM là 2,0 thì giá trị α tăng với mọi hàm lượng XM.

3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng và tỷ lệ nước/ xi măng đến cường độ chịu uốn

Ảnh hưởng của tỷ lệ XM và N/XM đến cường độ chịu uốn của hỗn hợp XM đất được thí nghiệm xác định ở thời điểm 28 ngày tuổi. Kết quả trình bày trong bảng 7, hình 10 và 11.

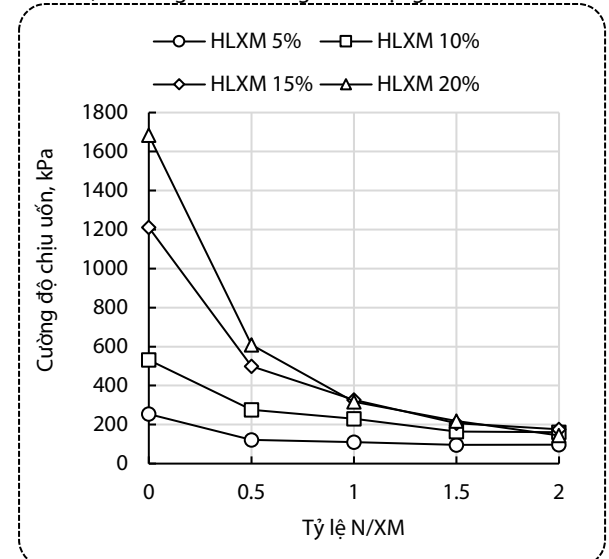
Bảng 7: Cường độ chịu uốn của hỗn hợp XM đất theo hàm lượng XM và tỷ lệ N/XM

Tỷ lệ N/XM HL XM	0	0,5	1,0	1,5	2,0
5	253,9	121,1	110,2	96,1	97,7
10	531,3	276,6	229,7	164,8	160,9
15	1.210,9	498,4	327,0	206,3	175,8
20	1.683,6	609,4	317,2	218,0	144,1



Hình 10: Ảnh hưởng của hàm lượng XM đến σ_b

Từ biểu đồ có thể nhận thấy khi hàm lượng XM là 5% thì tỷ lệ N/XM không ảnh hưởng đến σ_b . Khi tỷ lệ N/XM $\leq 0,5$ thì σ_b tăng gần như tuyến tính với mọi hàm lượng XM. Tuy nhiên, khi tỷ lệ này $\geq 1,0$ khi tăng hàm lượng XM thì σ_b chỉ tăng không đáng kể, đặc biệt khi tỷ lệ N/XM = 2,0 thì σ_b giảm khi tăng hàm lượng XM từ 15% đến 20%.



Hình 11: Ảnh hưởng của tỷ lệ N/XM đến σ_b

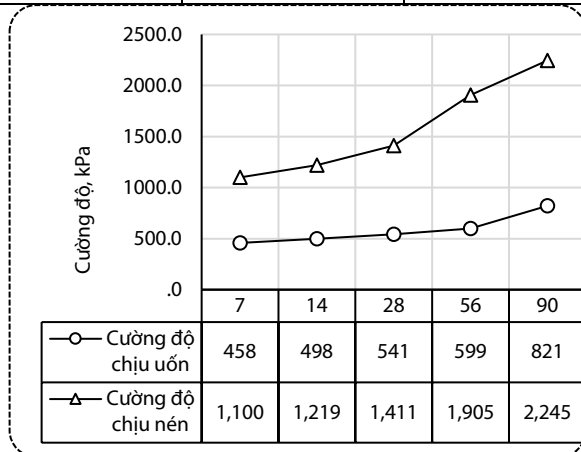
Tỷ lệ N/XM ảnh hưởng rất lớn đến σ_b hỗn hợp XM đất. Khi tỷ lệ này là 0, thì σ_b có sự chênh lệch rất lớn khi thay đổi hàm lượng XM từ 5 đến 20% tương ứng là 253,9kPa và 1.683,6kPa. Tuy nhiên, khi tỷ lệ này $\geq 1,5$ thì σ_b không đáng kể khi hàm lượng XM tăng.

3.3. Ảnh hưởng của thời gian đến cường độ chịu nén và chịu uốn của hỗn hợp xi măng đất

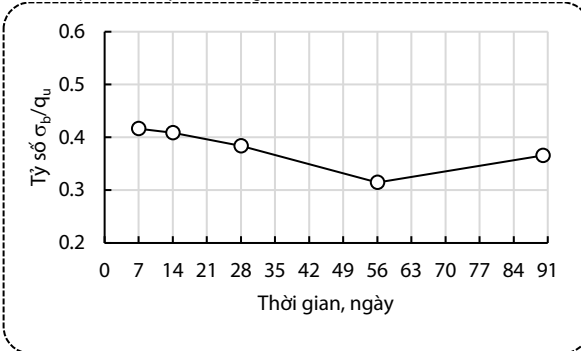
Cấp phối tối ưu (được chọn tương ứng với tỷ lệ N/XM là 0,5 và hàm lượng XM 15%) sẽ được sử dụng để chế bị mẫu nhằm đánh giá sự ảnh hưởng của thời gian đến σ_b và q_u của hỗn hợp XM đất ở các thời điểm khác nhau, gồm: 7, 14, 56 và 90 ngày. Kết quả thí nghiệm được trình bày ở bảng 8 và hình 12.

Bảng 8: Cường độ chịu nén và uốn trung bình của hỗn hợp XM đất với hàm lượng XM 15%, tỷ lệ nước/XM 0,5

Thời gian (ngày)	σ_b trung bình (kPa)	q_u trung bình (kPa)
7	457,8	934,7
14	498,4	1.036,4
28	541,4	1.199,7
56	599,2	1.619,4
90	821,1	1.908,5



Hình 12: Sự thay đổi σ_b và q_u theo thời gian



Hình 13: Tương quan giữa σ_b và q_u theo thời gian

Từ biểu đồ cho thấy σ_b và q_u trung bình của hỗn hợp XM đất tăng nhanh ở thời điểm 7 ngày tuổi, sau đó q_u tiếp tục tăng (28,4%), trong khi σ_b tăng không đáng kể (18,3%). Sau 28 ngày tuổi, σ_b và q_u đều tăng nhưng không nhiều.

Mặc khác trên hình 13 cho thấy tương quan giữa σ_b và q_u có xu hướng giảm dần theo thời gian. Tỷ số giữa σ_b/q_u giảm trong khoảng thời gian mẫu đạt 56 ngày tuổi, do tốc độ phát triển σ_b tăng không đáng kể trong khi q_u liên tục tăng. Tuy nhiên, trong khoảng thời gian

từ 56 đến 90 ngày tuổi thì tỷ số này lại tăng, do trong thời gian này σ_b có xu hướng tăng trở lại. Tổng thể, tỷ số giữa σ_b/q_u thay đổi trong khoảng 0,31 ÷ 0,42.

4. KẾT LUẬN

Tương quan giữa σ_b và q_u của trụ đất XM đối với đất loại sét dẻo mềm thay đổi phụ thuộc vào tỷ lệ N/XM và hàm lượng XM. Tỷ số này dao động từ 0,36 đến 0,84.

Khi hàm lượng XM nhỏ hơn 5% thì tỷ lệ N/XM không ảnh hưởng đến σ_b . Ngược lại, khi tỷ lệ N/XM lớn hơn hoặc bằng 2,0 thì hàm lượng XM cũng sẽ không ảnh hưởng.

σ_b và q_u của trụ đất XM tăng nhanh trong khoảng thời gian 7 ngày tuổi, sau đó vẫn tăng cho tới 90 ngày tuổi. Tuy nhiên, σ_b tăng chậm sau thời gian 7 ngày tuổi (79,4%) so với cường độ chịu nén (104,2%).

Khi tính toán thiết kế kết cấu trụ đất XM có kể đến khả năng chịu uốn trong lớp đất sét dẻo mềm nên chọn cấp phối hợp lý với hàm lượng XM $\geq 15\%$ và tỷ lệ N/XM $< 1,0$. Khi đó tỷ số giữa σ_b/q_u có giá trị từ (0,38 ÷ 0,50).

Kết quả nghiên cứu là cơ sở tham khảo cho các nhà quản lý và người làm công tác xây dựng khi tư vấn thiết kế và thực hiện thi công các công trình gia cố nền đất sét dẻo mềm bằng trụ XM đất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn viết Trung, Vũ Minh Tuấn, *Trụ đất xi măng - Phương pháp gia cố nền đất yếu*, NXB Xây dựng, 2014.
- [2] Masaki Kitazume, Masaki Terashi, *The Deep Mixing Method*, CRC Press/Balkema, 2013.
- [3] Masaki Kitazume, Kenji Maruyama, *Internal stability of group column type deep mixing improved ground under embankment loading*, Japanese Geotechnical Society, Vol.47, No3, pp 437 - 455.
- [4] Đỗ Hữu Đạo, *Nghiên cứu sự làm việc của cọc đơn và nhóm cọc đất xi măng cho công trình nhà cao tầng*, Luận án tiến sĩ, 2015.
- [5] Đoàn Văn Đet, Đinh Hoài Luân, Võ Bá Huy, *Tương quan giữa cường độ chịu uốn và cường độ chịu nén của trụ xi măng đất theo hàm lượng xi măng và tỷ lệ nước/ xi măng đối với đất bùn sét*, Tạp chí Xây dựng số 59, trang 69-75, tháng 8/2020.
- [6] Đoàn Văn Đet, *Tương quan giữa cường độ chịu uốn và cường độ chịu nén của trụ xi măng đất theo hàm lượng xi măng và tỷ lệ nước/ xi măng đối với đất bùn pha cát*, Tạp chí Vật liệu & Xây dựng trang 27-33, tháng 2/2021.
- [7] Đoàn Văn Đet, Đinh Hoài Luân, Võ Bá Huy, *Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng xi măng và tỷ lệ nước/ xi măng đến cường độ chịu uốn của trụ đất XM*, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường, năm học 2019 - 2020.
- [8] Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9403:2012, *Gia cố đất yếu - Phương pháp trụ đất xi măng*, 2012.
- [9] Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 6016:2011, *xi măng - Phương pháp thử - Xác định cường độ*, 2011.