

ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA HỖN HỢP ĐẤT YẾU – XI MĂNG – SỢI XƠ DỪA

Châu Ngọc Ân

Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 15 tháng 02 năm 2005)

TÓM TẮT: Bài báo trình bày phương pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc đất trộn xi măng, đồng thời giới thiệu ứng xử cơ học và kết quả thí nghiệm của hỗn hợp đất - xi măng - sợi xơ dừa, nhằm đến khả năng tăng cường ổn định hơn nữa của hệ cọc đất trộn, là phương án nền móng rất hữu hiệu đang bắt đầu được sử dụng ở Việt nam.

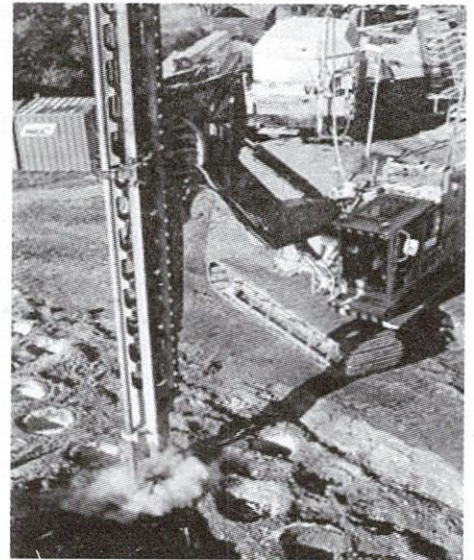
1. TỔNG QUAN VỀ CỘT ĐẤT TRỘN - XI MĂNG

Có nhiều biện pháp khác nhau để xử lý nền đất yếu đang được sử dụng hiện nay nhằm tăng độ bền của đất, giảm độ lún công trình như: đệm vật liệu rời; đệm đất trộn xi măng hoặc vôi (trộn nông); gia tải trước có kết hợp thiết bị thoát nước thẳng đứng (giếng cát, bấc thấm; cọc vật liệu rời được sử dụng gia cố cát rời hoặc á cát yếu, nhưng không thích hợp cho á sét hoặc sét yếu vì hệ số thấm quá bé thời gian thoát nước để giảm lỗ rỗng quá lâu nên hệ quả giảm thể tích lỗ rỗng đất trong quá trình thi công không đáng kể; trong khi đó, cọc hoặc cọc đất trộn xi măng (trộn sâu) [3],[4] thích hợp cho sét yếu. Kỹ thuật đất gia cố xi măng - đất được áp dụng và phát triển mạnh mẽ tại Thụy Điển trong việc xây dựng các lớp móng đường, ổn định hố đào, nền đê đập, nền cho các móng bồn chứa, nền nhà có tầng cao trung bình.

Vật liệu gia cố trong cọc đất - xi măng là xi măng hoặc vôi bột chưa tôi có cỡ hạt 0.2mm. Tác dụng của xi măng hoặc vôi chủ yếu là để tăng sức chống cắt và giảm tính nén lún của đất. Những thay đổi này về tính chất cơ học của đất xảy ra rất nhanh, do quá trình trao đổi ion và tôi vôi ở trong đất hoặc quá trình thủy hóa xi măng và silicat hóa. Quá trình thủy hoá xi măng và tạo ra khung cứng trong đất là chủ yếu và xảy ra ngay sau khi khuấy trộn. Kết quả nghiên cứu cho thấy sau 3 tháng, đất gia cố vôi đạt được 80% giá trị cường độ cần có, đối với đất gia cố xi măng thì giá trị trên đạt được trong vòng 1 tháng. Lượng vật liệu gia cố với một số vùng đất nền thường gặp ở Việt Nam vào khoảng 8 - 10% khối lượng đất khô. Cường độ chống cắt của đất sét yếu sau gia cố xi măng/vôi tăng hơn 20 lần so với đất chưa gia cố.[1]

Sự ổn định dưới sâu của đất yếu bằng cọc đất - vôi hay cọc đất - xi măng đã được nghiên cứu trong thời gian khá dài ở Thụy Điển, Nhật và các nước khác. Viện Địa kỹ thuật Thụy Điển cùng với Linden – Alimak A.B và giáo sư Beng Broms đã áp dụng rộng rãi kỹ thuật cọc đất - xi măng cho nền móng và công trình đất, bao gồm cả khối đập và hố đào trong đất sét yếu từ những năm 1970. Phương pháp trộn sâu (Deep mixing method – DMM) ngay tại chỗ trong đất được bắt đầu ở Nhật từ cuối những năm 1970 (Terashi, 1979; Kawasaki, 1981; Suzuki, 1982), từ yêu cầu cải tạo đất yếu cho các công trình cảng. Ngày nay, phương pháp trộn dưới sâu DMM được dùng cho móng của các công trình xây dựng trên đất như nền đường, nhà ở, kho chứa, bồn dầu v.v...[5],[6].

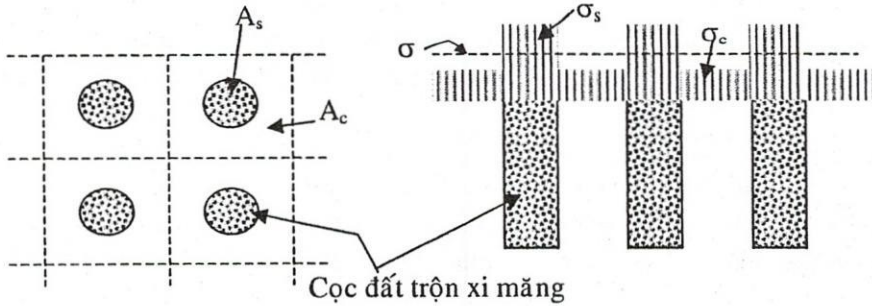
Tại Đông Nam Á, cọc đất-vôi/xi măng chưa được thông dụng vì lý do chủ yếu là thiếu các máy móc thi công, chi phí khai thác vôi sống tinh khiết cao. Nhưng ngược lại cọc đất-xi măng áp dụng cho các loại đất sét ven biển có kết thường, có kết trước nhẹ và bùn hữu cơ, thường gặp tại một số thành phố lớn như Bangkok, Manila, Jakata, Hànội, TP. Hồ Chí Minh, Cần thơ sẽ là giải pháp gia cố hấp dẫn và kinh tế.



Hình 1. Cải tạo nền đất yếu bằng phương pháp cột xi măng - đất [7]

Tại Việt Nam, công nghệ cọc đất-vôi/xi măng bắt đầu nghiên cứu vào năm 1980 với sự giúp đỡ của Viện Địa kỹ thuật Thụy Điển (SGI). Đề tài nghiên cứu được Bộ Xây Dựng nghiệm thu vào năm 1985 và đã được áp dụng cho một số công trình dân dụng và công nghiệp ở Hà Nội và Hải Phòng. Công trình đầu tiên ở phía Nam do công ty Hercules kết hợp với công ty phát triển kỹ thuật xây dựng thi công là công trình Tổng kho xăng dầu Hậu Giang tại khu công nghiệp Trà Nóc, TP.Cần Thơ vào đầu năm 2001 với khối lượng khoảng 50.000m dài cọc.

Khi tác động áp lực phân bố đều σ lên nền đất có hệ cọc đất - xi măng, vì cọc đất - xi măng cứng hơn nền đất yếu xung quanh các cọc nên hệ cọc tiếp nhận ứng suất σ_s lớn hơn nhiều lần so với ứng suất tiếp nhận bởi đất yếu σ_c [2].



Hình 2. Đơn nguyên cọc đất trộn và vùng ảnh hưởng

Gọi a_s tỷ diện tích thay thế là tỷ số giữa diện tích của cọc đất - xi măng với diện tích một đơn nguyên xem xét:

$$a_s = \frac{A_s}{A_s + A_c}$$

Trong đó: A_s - diện tích ngang của cọc đất - xi măng

A_c - diện tích ngang của đất yếu xung quanh cọc trong một đơn nguyên xem xét.

Khi nền đất - cọc cùng chịu tải, ứng suất trung bình σ trên diện tích một đơn nguyên tương ứng với tỷ diện tích thay thế đã cho a_s , được biểu thị như sau:

$$\sigma(A_s + A_c) = \sigma_s A_s + \sigma_c A_c = \sigma_s A_s + \sigma_c (A - A_s)$$

$$\sigma = \frac{\sigma_s A_s}{(A_s + A_c)} + \frac{\sigma_c (A - A_s)}{(A_s + A_c)} = \sigma_s a_s + \sigma_c (1 - a_s)$$

$$\sigma = \sigma_s a_s + \sigma_c (1 - a_s)$$

Chia cả hai vế cho σ_c ta có được: $\frac{\sigma}{\sigma_c} = \frac{\sigma_s}{\sigma_c} a_s + (1 - a_s) = n a_s + 1 - a_s$

với n là hệ số tập trung ứng suất: $n = \frac{\sigma_s}{\sigma_c}$

Nếu móng đủ cứng toàn đơn nguyên xem xét có cùng độ lún, theo phương pháp tính lún nền đàn hồi có thể suy ra: $n = \frac{\sigma_s}{\sigma_c} = \frac{E_s}{E_c}$

Dễ dàng suy ra quan hệ ứng suất trung bình và ứng suất σ_s tác động lên cọc và σ_c trên đất yếu xung quanh cọc theo các biểu thức sau:

$$\sigma_c = \frac{\sigma}{[1 + (n-1)a_s]} \quad \text{và} \quad \sigma_s = \frac{n\sigma}{[1 + (n-1)a_s]}$$

Từ đây, độ lún của nền đất sau gia cố được tính:

$$S = \frac{\beta}{E_c} \sum \sigma_{ci} h_i \quad \text{cho tải phân bố trên diện tích hữu hạn}$$

và $S = \frac{\beta}{E_c} \sigma_c H$ cho tải phân bố đều kín khắp, [2].

Nếu một nền đất yếu dày 20m, module biến dạng 800 kPa, chịu một tải phân bố đều kín khắp 100 kPa. Độ lún của nền đất yếu không có gia cố và có gia cố cọc đất trộn xi măng với các mật độ cọc và tính chất đất trộn khác nhau được giới thiệu trong bảng 1.

Bảng 1. Độ lún nền đất không gia cố và có gia cố cọc đất trộn xi măng

a_s	n	σ_c (kPa)	Độ lún S (cm)
0	1	100	200
0,1	5	71,43	143
0,2	10	35,71	71
0,3	20	14,93	30

Khuyết điểm của cọc đất trộn xi măng/vôi là khi nền sét nặng sẽ kém tác dụng do hạt sét và hạt xi măng có cùng kích thước nên tác dụng liên kết không thật tốt, cần phải có sợi xúc tác sẽ tốt hơn, sợi xúc tác có thể là sợi polymer hoặc sợi xơ dừa, là sản phẩm sẵn có rất nhiều ở Nam bộ.

2. ĐẤT TRỘN XI MĂNG – SỢI XƠ DỪA.

Để có thể gia tăng thêm nữa sức chống cắt và ổn định khối đất gia cố xi măng, chúng tôi đã thử trộn thêm sợi xơ dừa vào hỗn hợp đất – xi măng, nhằm có một hệ cọc đất trộn cứng hơn khi chỉ trộn với chất kết dính xi măng hoặc vôi, kết quả thu nhận được rất tốt và có khả năng ứng dụng vào thi công gia cố nền.

Tổng quan về sợi xơ dừa

Ở Đồng bằng sông Cửu Long, nguồn nguyên liệu xơ dừa hàng năm là rất lớn mà việc sử dụng còn rất ít. Qua kính hiển vi điện tử, hình thái sợi xơ dừa có đường kính từ 100-300 μ m. Trên bề mặt sợi xơ dừa tự nhiên có nhiều lỗ rỗng li ti, đường kính lỗ rỗng khoảng 5-10 μ m. Mặt cắt ngang sợi có các vách tế bào sợi bên trong, nằm ngang và dọc trong sợi được mắt xích với nhau tạo các ống ô vuông chứa lignin, hemicellulose, pectin, (hình 3), cellulose là thành phần chính của vách tế bào. Hemicellulose và lignin liên kết các tế bào sợi lại tạo dạng vô định hình.

Tính chất cơ lý của sợi xơ dừa [7]:

Sợi xơ dừa thông thường có các đặc tính sau: chịu được nước mặn, có tính đàn hồi và nhất là cách âm tốt. Ngoài ra xơ dừa còn có tính chịu nén tốt. Do đó người ta thường dùng làm vật liệu đệm hay đóng bao cho các sản phẩm khác trong quá trình vận chuyển.

Bảng 2. Tính chất cơ lý của một vài loại sợi thực vật [7]

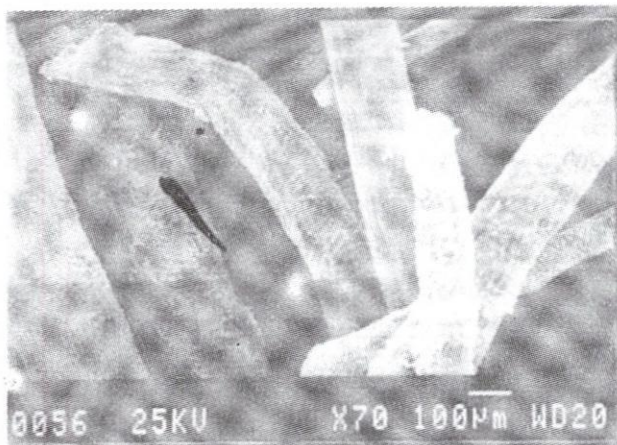
Loại sợi / Tính chất	Đơn vị	Xơ dừa	Bã mía	Tre	Đay
Chiều dài sợi	mm	50-350	-	-	-
Đường kính sợi	mm	0.1-0.4	0.2-0.4	0.05-0.4	0.1-0.2
Tỷ trọng		1.12-1.15	1.2-1.3	1.5	1.02-1.04
Modul young	GPA	19-26	35-40	26-32	
Cường độ kéo	MPA	200-120	170-290	350-500	250-350
Biến dạng phá hủy	%	10-15	-	-	1.5-1.9
Độ hút nước	%	130-180	70-75	40-45	-

Về độ bền của sợi xơ dừa: người ta đã ngâm mẫu sợi xơ dừa tự nhiên trong nước vôi bão hoà, sau đó thử cường độ kéo đạt kết quả ở bảng 3:

Bảng 3. Độ bền của sợi xơ dừa [7]

Điều kiện	Thời gian	Sợi xơ dừa
		Lực kéo (N)
Mẫu xơ dừa tự nhiên	0	9.1
Mẫu ngâm nước vôi bão hoà trong	7 ngày	9.7
	28 ngày	11.5
	90 ngày	5.8

Các mẫu ngâm trong nước vôi bão hoà ở tuổi 7 ngày và 28 ngày có cường độ kéo đứt cao hơn mẫu sợi xơ dừa ở điều kiện tự nhiên. Điều này chứng tỏ rằng sợi xơ dừa không bị phá hủy trong thời gian đầu. Và đặc biệt, khi sợi xơ dừa thấm nước, cường độ kéo có cao hơn một ít. Nhưng sau 90 ngày, cường độ của sợi xơ dừa giảm mạnh chỉ còn 63.7% cường độ. Như vậy, khi tiếp xúc lâu dài trong môi trường kiềm, sợi bị phân huỷ. Sự phân huỷ này do Lignin và Hemicellulose có tính hút ẩm lớn, bị mềm khi có nhiệt độ cao. Lignin cũng làm giảm tính liên kết sợi đối với xi măng và sẽ bị hoà tan trong môi trường kiềm xi măng, làm hư hại sợi. Chính vì vậy khi dùng sợi xơ dừa để xử lý nền đầu tiên phải loại bỏ lignin. Theo nghiên cứu của TS Nguyễn Văn Chánh, Bộ môn Vật liệu Xây dựng Khoa KT Xây dựng, để tách lignin ra khỏi sợi ta có thể sử dụng dung dịch kiềm NaOH (5g/l), ở nhiệt độ 100°C, áp suất thường, thời gian xử lý là 60 phút. Sợi xơ dừa sau khi tách lignin sẽ có trọng lượng giảm 17.47% so với trọng lượng ban đầu. Sau xử lý, sợi xơ dừa tồn tại lâu dài trong hỗn hợp đất-xi măng - vôi - sợi xơ dừa.



Hình 3. Hình thái sợi xơ dừa qua kính hiển vi [7]

3. CÁC KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM HỖN HỢP ĐẤT - XI MĂNG - SỢI XƠ DỪA

Chúng tôi đã tiến hành thí nghiệm ở phòng thí nghiệm Cơ học đất và Vật liệu Xây dựng Khoa Kỹ thuật Xây dựng - Trường Bách khoa - đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, khá nhiều mẫu đất yếu được trộn với những hàm lượng và tỷ lệ xi măng, sợi xơ dừa khác nhau và để ninh kết sau 28 ngày. Cường độ kháng cắt được xác định bằng thí nghiệm nén đơn (nén một trục có nở hông).

CHUẨN BỊ MẪU THÍ NGHIỆM

Đất bùn sét được lấy từ khu “khí- điện- đạm” Cà mau, xi măng pooclang puzzolan, sợi xơ dừa đã xử lý, dung dịch phụ gia dẻo. Tính chất cơ lý của các vật liệu hỗn hợp trộn.

Tính chất cơ lý của đất yếu nguyên dạng có các chỉ tiêu cơ bản như sau: Thành phần hạt: sạn: 0%; cát mịn: 1.8%; đất bột: 33%; Sét: 65.2%. Tính chất cơ lý: giới hạn lỏng: 71.5%; giới hạn dẻo: 37.7%; Độ pH = 6.0; khối lượng riêng tự nhiên: $\gamma_w=1.46\text{g/cm}^3$; độ ẩm tự nhiên: $w= 76.7\%$; hệ số rỗng: $e = 2.148$; sức chịu nén một trục: $q_u= 9 \text{ kPa}$.

Đặc trưng kháng cắt cho bởi thí nghiệm cắt trực tiếp: $\phi = 3^\circ$, $c = 6 \text{ kPa}$

Đặc trưng kháng cắt cho bởi thí nghiệm nén 3 trục UU : $\phi = 3^\circ 52'$; $c = 19,6 \text{ kPa}$

Đặc trưng kháng cắt cho bởi thí nghiệm nén 3 trục CU: $\phi_u = 6^\circ 35'$; $c_u = 19,6 \text{ kPa}$; $\phi' = 24^\circ 20'$; $c' = 5,3 \text{ kPa}$

Chỉ số nén: $C_c = 0.893$; hệ số cố kết: $C_v = 2 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$;

Mô đun biến dạng: $E = 800 \text{ kPa}$

Xi măng pooclang puzzolan (Xi măng PCB40) có các tính chất như ở bảng 4.

Bảng 4. Tính chất của xi măng PCB40 dùng làm TN ([3], [7])

	Tính chất	Tiêu chuẩn
Độ mịn	85% lọt sàng N ⁰ 008	
Tỷ trọng	3.06 g/cm ³	TCVN 4030-1985
Dung trọng	1.25 g/cm ³	TCVN 4030-1985
Cường độ nén		
R ₃	210 kg/cm ²	TCVN 4032-1985
R ₇	300 kg/cm ²	
R ₂₈	410 kg/cm ²	
Thời gian bắt đầu ninh kết	1h55phút	TCVN 4031-1985

Thời gian kết thúc ninh kết	3h	
Lượng nước tiêu chuẩn	30% k/lượng XM	TCVN 4031-1985
Tỷ diện tích	2500-3000 cm ² /g	

Sợi xơ dừa lấy ở tỉnh Bến tre. Thành phần hoá học của sợi xơ dừa theo bảng 5.

Bảng 5. Thành phần của sợi xơ dừa [7]

Loại sợi %	Tro %	Cellulose %	Hemicellulose %	Lignin %	Pectin %
Xơ dừa	1.44	32-43	0.15-0.25	40-45	2.75-4

Dung dịch phụ gia dẻo Nathalen sulfonate có các tác dụng làm phân tán mạnh hạt xi măng trong đất, gắn các ion âm xung quanh bề mặt hạt đất để đẩy nước trong đất ra, tăng độ dẻo của hỗn hợp, làm tăng độ phân tán sợi xơ dừa đồng đều trong hỗn hợp đất trộn.

KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

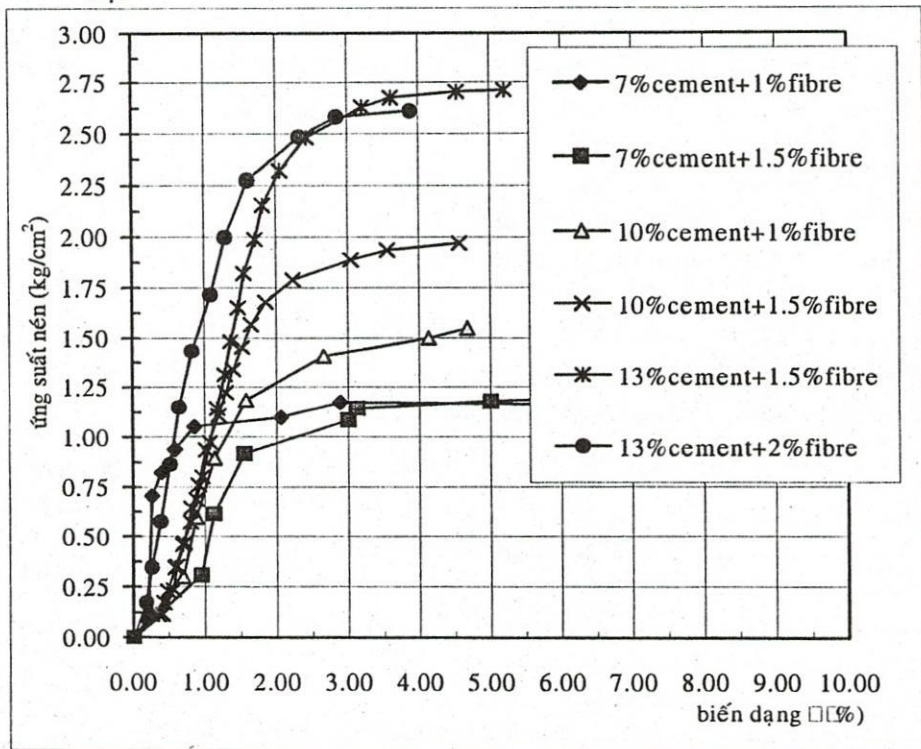
Trong bảng 6 dưới đây, chúng tôi xin giới thiệu một số kết quả thí nghiệm về quan hệ giữa lực dính c, góc ma sát φ theo những hàm lượng xi măng – sợi (X-S) khác nhau được trộn vào đất gia cố sau thời gian dưỡng hộ 28 và 35 ngày.

Bảng 6. Quan hệ hàm lượng xi măng X, sợi S và đặc trưng chống cắt

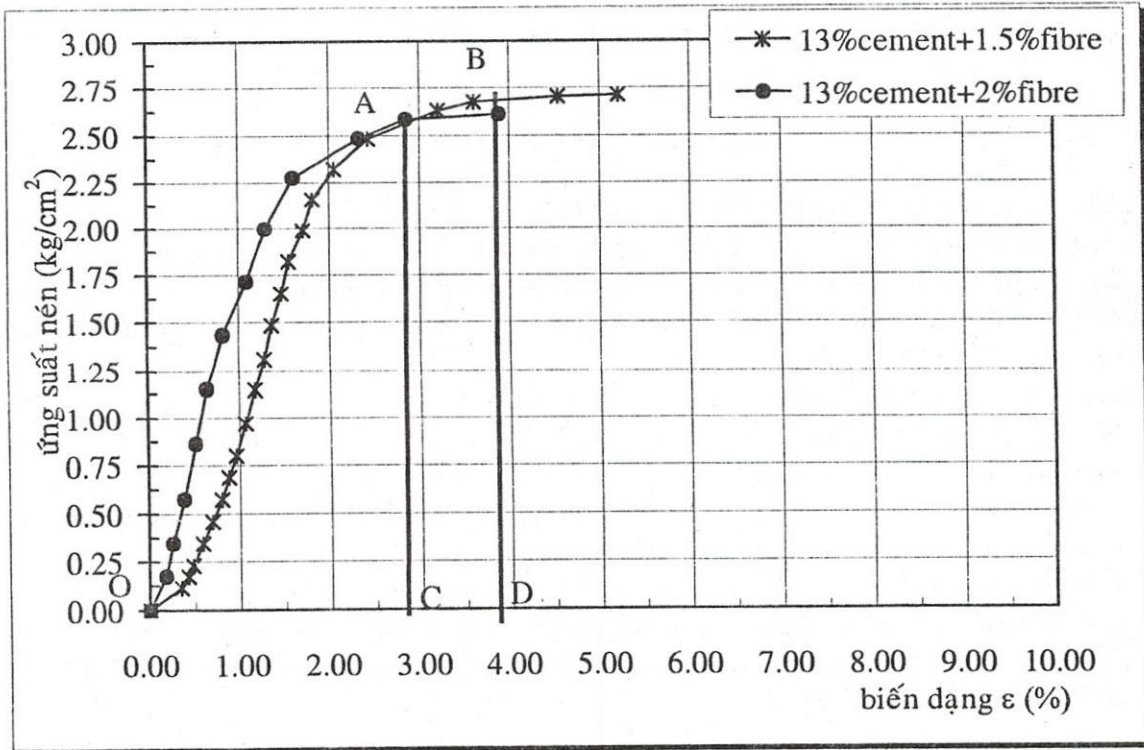
Thời gian	28 ngày			35 ngày
(Xi măng-Sợi)(%)	8	11	14.5	21.5
φ (độ)	16.73	22.63	23.94	36.59
c (kPa)	24	24	26	179

Theo kết quả trên, góc ma sát tăng rõ rệt theo hàm lượng xi măng và sợi, do sự hiện diện của sợi tạo được nới kết dính của hạt xi măng và đất.

Trong khi đó, kết quả các kết quả thí nghiệm nén đơn (nén một trục có nở hông) trên những mẫu thí nghiệm với các hàm lượng trộn khác nhau cho thấy hàm lượng trộn vào đất tối ưu là 13% xi măng và 1,5% sợi xơ dừa, (đồ thị 1), với tỷ lệ trộn này module biến dạng đạt khoảng 30 lần so với đất yếu tự nhiên, tức là gấp 1,5 lần so với đất chỉ trộn xi măng không có sợi xơ dừa.



Đồ thị 1. Quan hệ ứng suất nén và biến dạng đứng trong thí nghiệm nén đơn theo hàm lượng vật liệu gia cố



Đồ thị 2. Quan hệ ứng suất nén và biến dạng đứng trong thí nghiệm nén đơn theo hàm lượng sợi.

Trong đồ thị 2, cho thấy ở hàm lượng xi măng 13% tỷ lệ sợi xơ dừa 1,5% lại tốt hơn 2% sợi, điều này cho thấy cả tỷ lệ xi măng và sợi xơ dừa trộn vào đất yếu có những hàm lượng tối ưu cần phải xác định cho từng loại đất yếu, trước khi ứng dụng vào thực tế công trình.

4. KẾT LUẬN

Với hàm lượng tối ưu 13%xi măng+1,5% sợi xơ dừa+ phụ gia dẻo thì hỗn hợp gia cố có độ bền nén nở hông tăng 30 lần so với mẫu đất cùng loại ở trạng thái tự nhiên, ứng với thời gian bảo dưỡng 28 ngày. Độ bền nén nở hông của hỗn hợp gia cố cũng phát triển theo thời gian, nhưng chỉ nên chọn giá trị ở 28 ngày.

Khi gia cố đất với xi măng-sợi xơ dừa độ ẩm của hỗn hợp so với đất tự nhiên giảm đáng kể. Hàm lượng (X-S) khoảng 13%xi măng+1,5% sợi xơ dừa, thời gian dưỡng hộ 28 ngày thì độ ẩm của cọc xi măng đất-sợi giảm 27,4%. Độ ẩm giảm chủ yếu do phản ứng hydrat hoá xi măng

Tóm lại, vai trò của sợi xơ dừa làm tăng độ cứng (module biến dạng) của hỗn hợp trộn đất - xi măng rất rõ ràng với hàm lượng tối ưu là khoảng 1,5%, giúp cho giải pháp cọc đất trộn xi măng tăng lợi thế so với các giải pháp khác, đặc biệt nhờ phương pháp này giảm độ lún của nền gia cố nên lượng đất đắp bù ít hơn. Tuy nhiên, cần phải tiến hành thí nghiệm cẩn thận hàm lượng trộn cho mỗi loại đất yếu khác nhau trước khi áp dụng.

BEHAVIOUR OF SOFT SOIL-CEMENT-COCONUT FIBER MIXING

Chau Ngoc An

University of Technology - VNU-HCM

ABSTRACT: The paper was presented soft soil improvement by soil-cement column method, also the mechanical behaviour soil - cement - coconut fiber mixing and results of direct shear test and

unconfined compression test of soil – cement – coconut fiber mixing to increase strenght of soil – binders column, is a well foundation method has been used in Viet Nam

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Châu Ngọc Ẩn, Bùi Tấn Mẫn, *Tính chất cơ học hỗn hợp đất – vôi – xi măng cho cọc đất – vôi – xi măng, trang 15-21 Tuyển tập Công trình Khoa học*, NXB đại học Quốc gia Hà nội, 2001.
- [2] Châu Ngọc Ẩn, *Nền Móng*, NXB Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, 2002.
- [3] Hồ Chất, Vũ Minh Xuyên, *Nghiên cứu hoàn thiện cơ chế gia cố đất bằng chất kết dính vô cơ*, Viện khoa học kỹ thuật Hà Nội, 1976.
- [4] Bergado, J.C. Chai, M.C. Alfaro, A.S. Barasubramaniam, *Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng*, NXB Giáo dục, 1994
- [5] Bùi Tấn Mẫn, *Xử lý ổn định nền đất yếu dưới nền đường bằng giải pháp cọc đất, xi măng /vôi, cọc đất xi măng /vôi-tro trấu*, Luận văn cao học - - Đại học Bách khoa – Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2001
- [6] Swedish Geotechnical Society- Report 4:95E. *Lime and Cement Column*, 1997
- [7] Trần Hải Đăng, *Nghiên cứu xử lý nền đất yếu dưới móng công trình chịu tải phân bố đều bằng giải pháp cọc xi măng đất sợi xơ dừa*, Luận văn Thạc sĩ – Đại học Bách khoa – Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2003.