



EXPERIMENTAL STUDY ON COMPRESSIVE STRENGTH AND SHRINKAGE OF SOIL CONCRETE

Ngo Duc Chinh*

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 13/9/2020

Revised: 21/10/2020

Accepted: 22/10/2020

Published online: 28/10/2020

<https://doi.org/10.47869/tcsj.71.8.4>

* *Corresponding author*

Email: chinhnd@utc.edu.vn; Tel: 09 65 81 03 81

Abstract. In this study, soil concrete is composed of natural earth (clay, sand), cement, lime and hemp fibers. A series of 12 soil concrete mixtures were designed using different contents of clayey soil ranging from 0 to 40% and of hemp fibers ranging from 0 to 1.2% by mass. This study aims to optimize the composition of the soil concrete. The tests were carried out on the specimens in the laboratory for determining the compressive strength, shrinkage at two curing conditions (in box, in atmosphere). The results show that the compressive strength of soil concrete at 28 days is quite good (over 1 MPa) and continuously increases (≈ 2.5 MPa at 180 days). With only a small vibration during construction, this soil concrete is sufficient for filling application (wall of a frame building). The results also show that the shrinkage of the soil concrete depends strongly on the proportion of clayey soil and hemp fibers. The shrinkage of the soil concrete is much higher than that of traditional concrete because of the absence of large aggregates that limits total shrinkage. The porosity of this soil concrete is also higher than traditional concrete due to its large content of clayey soil and clay is a hydrophilic material

Keywords: Eco-concrete, soil concrete, hemp fibers, clayey soil, shrinkage, compressive strength.



NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CƯỜNG ĐỘ CHỊU NÉN VÀ SỰ CO NGÓT CỦA BÊ TÔNG ĐẤT

Ngô Đức Chinh*

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 13/9/2020

Ngày nhận bài sửa: 21/10/2020

Ngày chấp nhận đăng: 22/10/2020

Ngày xuất bản Online: 28/10/2020

<https://doi.org/10.47869/tcsj.71.8.4>

* Tác giả liên hệ

Email: chinhnd@utc.edu.vn; Tel: 09 65 81 03 81

Tóm tắt. Bê tông đất trong nghiên cứu này có thành phần chính là đất tự nhiên (đất sét và đất cát), một lượng nhỏ vôi, xi măng và sợi gai dầu. Mười hai hỗn hợp bê tông đất đã được chế tạo để thử nghiệm với sự thay đổi hàm lượng đất sét từ 0 đến 40% và sợi gai dầu từ 0 đến 1.2% về khối lượng. Nghiên cứu này nhằm mục tiêu tối ưu hoá thành phần của bê tông đất. Thí nghiệm nén dọc trục và co ngót của bê tông được thực hiện tại các thời điểm và trong các điều kiện bảo dưỡng khác nhau (trong thùng bảo dưỡng và trong điều kiện thường). Kết quả cho thấy, cường độ nén của bê tông khá tốt (trên 1MPa) tại thời điểm 28 ngày và không ngừng tăng lên ($\approx 2,5\text{MPa}$ ở 180 ngày). Chỉ cần rung chấn nhỏ khi thi công, bê tông đất có khả năng tự lấp đầy vào ván khuôn tốt, và do đó đủ điều kiện áp dụng làm tường cho kết cấu khung. Kết quả cũng chỉ ra rằng, độ co ngót của bê tông đất phụ thuộc rất lớn vào tỉ lệ đất sét và cốt sợi. Độ co ngót của bê tông đất cao hơn hẳn so với bê tông thường do không có cốt liệu lớn làm hạn chế sự co ngót tổng thể và độ rỗng của nó cũng cao hơn bê tông thường do chứa hàm lượng lớn đất sét và đất sét là loại vật liệu háo nước.

Từ khoá: Bê tông sinh thái, bê tông đất, sợi gai dầu, đất sét, co ngót, cường độ nén.

© 2020 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thiết kế sinh thái và phát triển bền vững ngày nay có tầm quan trọng trong ngành xây dựng nói riêng và sự phát triển nói chung. Vì vậy, vật liệu xây dựng thay thế như bê tông đất

có chứa một tỷ lệ các thành phần sinh thái khác nhau ngày càng được sử dụng nhiều trong cuộc sống. Ngày nay, việc sử dụng bê tông sinh thái trong xây dựng góp phần làm giảm lượng tiêu thụ xi măng và do đó giảm lượng khí thải CO₂, hạn chế sự cạn kiệt các nguồn tài nguyên thiên nhiên cũng như giảm tiêu thụ năng lượng trong quá trình sản xuất.

Các công trình xây dựng bằng đất có chi phí thấp, cách nhiệt và âm tốt hơn so với công trình bằng bê tông thông thường [1]. Sự ổn định của đất có thể được tăng cường bằng cách sử dụng các loại chất kết dính khác nhau như vôi và xi măng [2, 3]. Ổn định đất bằng xử lý vôi là do phản ứng pozzolanic, nơi các khoáng chất nhôm và silic trong đất sét phản ứng với vôi để tạo ra các silicat canxi và aluminat liên kết các hạt với nhau. Việc bổ sung xi măng làm tăng tính chất cơ học nhanh hơn nhưng có thể gây co ngót và nứt [4].

Việc bổ sung các sợi tự nhiên như sợi gai dầu làm nhẹ bê tông. Ngoài ra nó có thể tái tạo và thân thiện với môi trường [5]. Hơn nữa, sợi gai dầu được sản xuất tự nhiên, không đòi hỏi nhiều năng lượng để xử lý. Việc bổ sung các sợi thực vật làm giảm sự co ngót và cải thiện các tính chất cách nhiệt [6]. Ngoài ra sử dụng cây gai dầu và đất pha sét có thể làm cho các đặc tính âm và nhiệt của bê tông đất có thể tốt hơn bê tông thường [7].

Thay đổi thể tích bê tông là một hiện tượng không thể tránh khỏi ảnh hưởng đến khả năng của bê tông tươi đến khi trưởng thành [8] và hiện tượng này trở nên rõ rệt hơn với bê tông đất chứa một tỷ lệ hạt mịn lớn [9]. Khi nước bị mất do bay hơi (co ngót khô) hoặc phản ứng bên trong (co ngót tự sinh) dẫn đến giảm thể tích. Sự co ngót tự sinh phụ thuộc chủ yếu vào thành phần của bê tông và phát triển nhanh hơn theo thời gian so với độ co ngót khô [10]. Độ co ngót khô phụ thuộc vào độ tuổi bắt đầu sấy khô và các thông số bên ngoài như độ ẩm tương đối và kích thước mẫu thử. Vì vậy, sự hiểu biết về quá trình co ngót và đặc biệt là co ngót khô, được biết đến như là nguyên nhân chính của phá huỷ là điều cần thiết.

Trong nghiên cứu này, 12 hỗn hợp bê tông đất đã được thử nghiệm nén và co ngót ở các thời điểm 7 ngày, 28 ngày và 180 ngày trong các điều kiện bảo dưỡng khác nhau (điều kiện thường và điều kiện bọc kín bằng giấy nhôm mỏng (giấy alumin)).

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Năm loại vật liệu khác nhau được sử dụng để chế tạo bê tông là đất sét, đất cát, xi măng, vôi và sợi gai dầu. Hai loại đất được sử dụng trong nghiên cứu này được lấy từ hai địa điểm xây dựng địa phương, thành phần hạt được xác định bằng rây sàng và phương pháp lắng đọng.

2.1. Đất sét

Đất sét được phân tích trong phòng thí nghiệm. Bảng 1 trình bày các kết quả thu được bằng phương pháp hạt và lắng đọng, thu được các giá trị giới hạn Atterberg và các thử nghiệm màu mêtylen theo tiêu chuẩn Mỹ ASTM D2487-17.

Bảng 1. Các chỉ số của đất sét.

Thí nghiệm	Chỉ số	Giá trị (%)
Giới hạn Atterberg	Giới hạn chảy W_L	51,74
	Giới hạn dẻo W_P	30,08
	Chỉ số dẻo I_P	21,66
Lắng đọng và sàng hạt	Sét (< 0,002 mm)	25,06
	Bùn (0,002 – 0,06 mm)	55,94
	Cát (0,06 – 2 mm)	19,00
	Sỏi (>2 mm)	0,00
Thí nghiệm Mêtylen	VBS	5,72

2.2. Đất cát

Các đặc điểm chính của đất cát sử dụng trong nghiên cứu được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Các chỉ số của đất cát.

Thí nghiệm	Chỉ số	(%)
Kích thước hạt	Bùn (0,002 – 0,06 mm)	0,64
	Cát (0,06 – 2 mm)	72,54
	Sỏi (> 2 mm)	26,82
Thí nghiệm Mêtylen	VBS	0,67

2.3. Sợi gai dầu

Trong nghiên cứu này, sợi gai dầu được sử dụng làm vật liệu tăng cường. Độ dài của chúng thay đổi từ 5 đến 25 mm với đường kính nhỏ hơn 2 mm. Khối lượng riêng sợi gai dầu khoảng 100 kg/m³ trong điều kiện môi trường bình thường. Độ dẫn nhiệt bằng $\lambda = 0,05$ W/m.K. Sợi gai dầu có tính thấm nước cao và có thể hấp thụ nước tới 2,5 lần trọng lượng của chúng [11].

2.4 Vôi

Vôi 100NHL5 được lựa chọn theo tiêu chuẩn Châu Âu EN 459-1.

2.5. Xi măng

Xi măng CEM V (SV) 42,5 N được chọn dựa trên hai tiêu chí chính là tỷ lệ clinker và độ giảm chất thải CO₂. Các thành phần chính của xi măng được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Thành phần khoáng của xi măng.

Loại xi măng	Thành phần chính (% theo khối lượng)			Thành phần phụ
	Clinker Portland	Xi lò cao	Tro bay	
CEM V/A (S-V)	40 - 64	18 - 30	18 - 30	0 - 5

2.6. Thành phần bê tông

Nhiều nghiên cứu cho thấy khi đất xử lý vôi với khối lượng từ 2% đến 4%, giới hạn Atterberg tăng nhẹ, sau đó ổn định và giảm khi lượng vôi đạt 8%. Sự gia tăng tỷ lệ vôi và xi măng làm tăng cường độ nén. Các nghiên cứu trên đất xử lý vôi cho thấy tỷ lệ vôi tối ưu là khoảng 3-6% sẽ làm thay đổi đáng kể tính chất cơ học và vật lý của đất [12].

Nghiên cứu của Makki-Szymkiewicz [13] cho thấy, việc xử lý đất với 8% xi măng, 3% vôi và 0,4% sợi lanh cho phép đúc bê tông đất có các tính chất cơ học đáng chú ý. Dựa theo các kết quả nghiên cứu đất xử lý vôi và xi măng thu được, một loạt các thử nghiệm đã được tiến hành trên các hỗn hợp bê tông đất khác nhau để nghiên cứu khả năng tăng tỷ lệ đất sét.

Trong đó tỷ lệ đất sét (A) thay đổi từ 0% đến 40% (0A, 20A, 30A, 40A), khối lượng của sợi gai dầu (F) thay đổi từ 0% đến 1,2% (0F; 0,6F; 1,2F) thay thế cho khối lượng đất, 12 hỗn hợp được trình bày trong bảng 4.

Bảng 4. Thành phần của hỗn hợp bê tông.

Số TT	Tên	Đất sét (kg/m ³)	Đất cát (kg/m ³)	Xi măng (kg/m ³)	Vôi (kg/m ³)	Cốt sợi (kg/m ³)	Nước (kg/m ³)	Độ sụt (cm)
1	0A0F	0,00	1386,80	151,80	45,00	0,00	330,60	16,50
2	0A0,6F	0,00	1306,20	144,30	42,80	12,00	314,20	16,20
3	0A1,2F	0,00	1238,20	138,00	40,90	22,90	300,60	15,70
4	20A0F	247,80	991,40	135,60	40,20	0,00	398,90	10,50
5	20A0,6F	241,40	965,70	133,30	39,50	11,10	392,10	14,80
6	20A1,2F	236,60	946,70	131,90	39,10	21,90	388,00	9,50
7	30A0F	368,30	859,50	134,40	39,90	0,00	417,60	9,50
8	30A0,6F	356,30	831,50	131,20	38,90	10,90	407,70	6,50
9	30A1,2F	345,30	805,70	128,30	38,10	21,30	398,70	14,00
10	40A0F	501,10	751,70	137,10	40,70	0,00	466,10	12,50
11	40A0,6F	476,60	714,90	131,60	38,80	10,90	447,30	7,30
12	40A1,2F	454,40	681,60	126,60	37,60	21,00	430,50	10,50

Độ sụt của các hỗn hợp này thay đổi từ 6,5 cm đến 16,5 cm tùy theo tỷ lệ của đất sét và sợi gai dầu. Khi tỷ lệ nước được giữ ổn định, việc đúc bê tông đất khó khăn hơn với việc tăng tỷ lệ đất sét và sợi gai dầu. Vì lý do này, nước được thêm vào để đảm bảo khả năng dễ thi công (độ sụt > 6 cm).

2.7. Chế tạo mẫu thử

Xi măng, vôi, đất sét, đất cát và sợi gai dầu được đổ vào máy trộn. Nước sau đó được bổ sung từ từ để đảm bảo sự đồng nhất hỗn hợp trộn. Bê tông sau khi trộn được đầm chặt với một máy rung như bê tông thường. Sau 24h, các mẫu thử được tháo khỏi khuôn sau đó được bảo dưỡng ở điều kiện kiểm soát nhiệt độ 20°C và độ ẩm tương đối từ 60%, một số mẫu được bọc kín bằng giấy nhôm mỏng (giấy alumin) để thí nghiệm co ngót trong điều kiện không có sự bay hơi nước.

2.8. Thí nghiệm nén

Mẫu thử được đổ trong khuôn lập phương với kích thước 10x10x10 cm³ (theo tiêu chuẩn Pháp NF EN 12390 - 2) . Ba mẫu thử được đúc cho mỗi hỗn hợp. Lưu ý ở đây rằng các viên sỏi có kích thước lớn hơn 10 mm đã được loại bỏ trước khi trộn.

Các thí nghiệm nén được thực hiện bằng cách sử dụng một máy điện cơ có công suất 50 kN. Tải trọng nén được thực hiện bằng một tấm thép với tốc độ không đổi 0,5 mm/phút (thông số của máy thí nghiệm nén) theo phương thẳng đứng. Các mẫu thử được lắp đặt hai cảm biến để đo biến dạng dọc và hai cảm biến cho biến dạng ngang (Hình 1).



Hình 1. Thí nghiệm nén.

2.10. Đo sự co ngót của bê tông

Mẫu bê tông đất được chế tạo với khuôn lăng trụ $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ (theo tiêu chuẩn Pháp NF EN 196 - 1). Sau đó, các mẫu được đo sự co ngót ở hai điều kiện bảo dưỡng bình thường và bọc kín (Hình 2a). Đối với các mẫu bọc kín, sự trao đổi độ ẩm đã được ngăn chặn bằng cách phủ các mẫu vật bằng một lớp giấy nhôm mỏng.



(2a)



(2b)

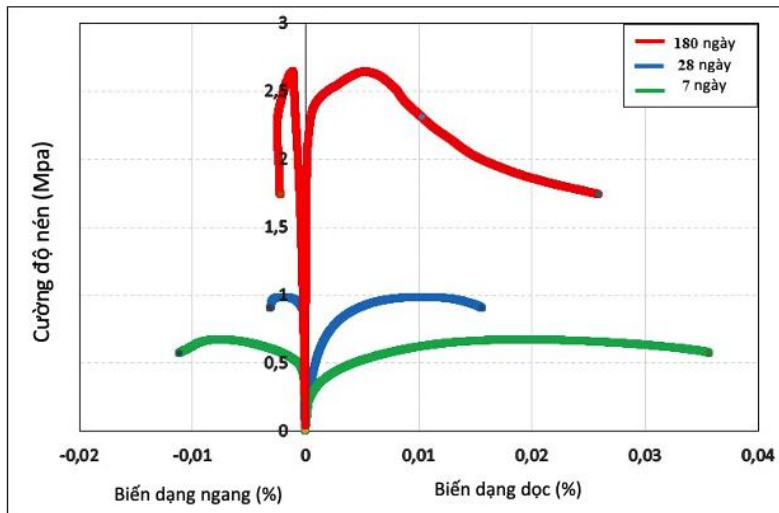
Hình 2. Mẫu đo co ngót tổng thể (2a-trái), tự sinh (2a-phải) và thiết bị đo (2b).

Độ co ngót của bê tông đất được đo bằng một thiết bị được trang bị cảm biến LVDT (Hình 2b), cho phép đo co ngót theo chiều dài của mẫu thử theo thời gian. Đồng thời mẫu được cân song song để hiểu rõ hơn sự mất khối lượng khi hiện tượng co ngót diễn ra.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cường độ nén

Ba mẫu thử đã được thử nghiệm cho mỗi hỗn hợp bê tông và kết quả là giá trị trung bình và độ lệch chuẩn. Thí nghiệm cường độ nén dọc trục của các mẫu thử được tiến hành với phần nở ngang tự do. Hình 3 biểu diễn các đường cong điển hình của cường độ nén và biến dạng ngang và biến dạng dọc ở 7 ngày, 28 ngày và 180 ngày đối với hỗn hợp N°12 (40% đất sét và 1,2% sợi gai dầu). Kết quả cho thấy các tính chất cơ học (cường độ nén và mô đun) của bê tông đất tăng mạnh ngay cả sau 28 ngày. Sự phát triển mạnh cường độ nén sau 28 ngày bảo dưỡng mẫu thử của bê tông đất là rất khác biệt so với bê tông thông thường. Kết quả còn cho thấy cường độ nén ở 180 ngày cao gấp hai lần so với cường độ nén ở 28 ngày.

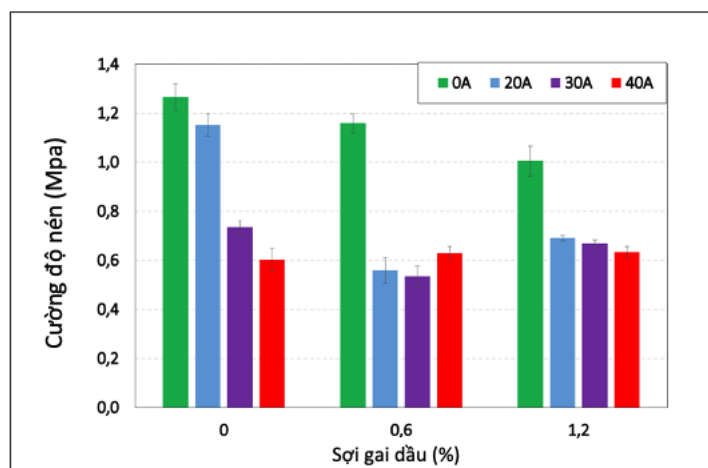


Hình 3. Đường cong ứng suất/biến dạng dọc và ngang ở 7 ngày, 28 ngày và 180 ngày của bê tông.

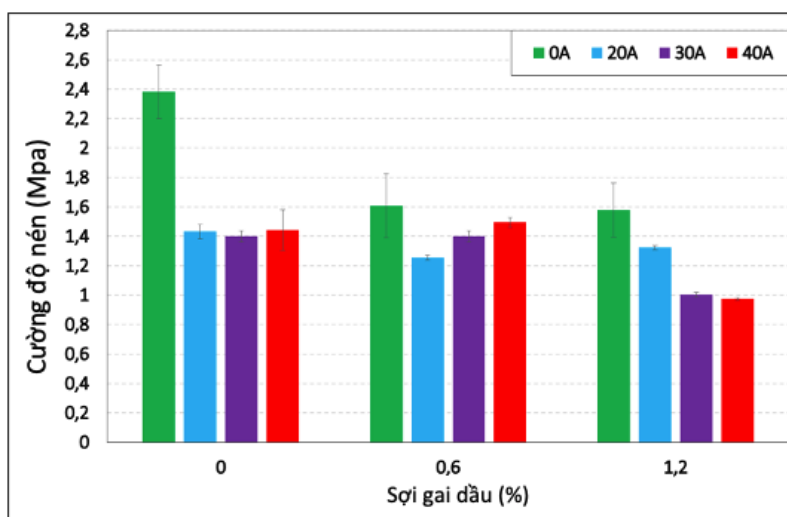
Các hình từ 4 đến 6 biểu diễn cường độ nén lần lượt ở 7, 28 và 180 ngày. Độ lệch chuẩn của các kết quả nhỏ hơn 0,025 MPa, tức là khoảng 4% ở 7 ngày. Sự thay đổi này là do tính không đồng nhất của đất cát và đất sét [14].

Kết quả cho thấy cường độ nén ở 7 ngày thay đổi từ 0,6 đến 1,2 MPa (hình 4). Cường độ nén dao động từ 1 đến 2,4 MPa ở 28 ngày và từ 2,5 đến 5 MPa ở 180 ngày (hình 5 và 6). Tuy nhiên, ảnh hưởng của tỷ lệ sét trên cường độ nén là nhỏ (nhỏ hơn 0,3 MPa) khi thay đổi phân khối lượng đất sét từ 20 đến 40%. Hiệu ứng này không đáng kể khi cường độ nén được ổn định ở 180 ngày.

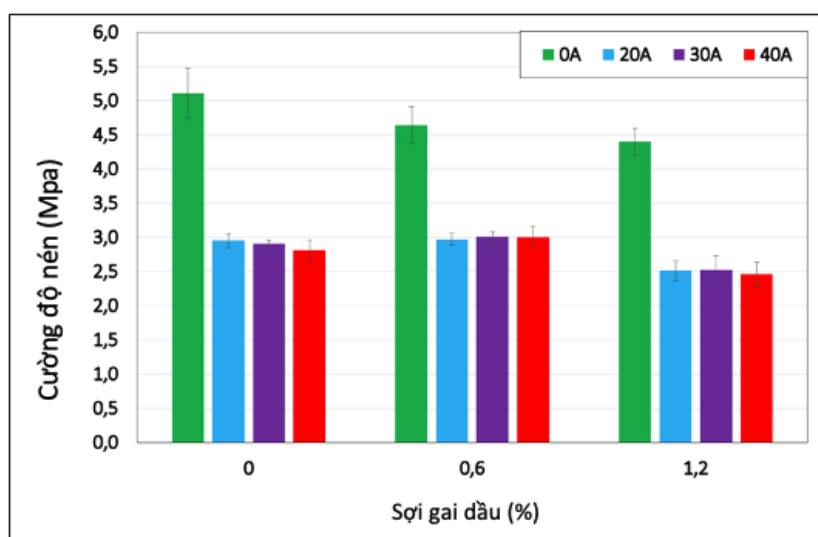
Việc bổ sung các sợi trong bê tông đất với 0% đất sét làm giảm cường độ nén ở 7, 28 và 180 ngày. Hiệu ứng này có ý nghĩa hơn ở 28 và 180 ngày (khoảng 0,8 MPa). Tuy nhiên, với việc bổ sung đất sét, ảnh hưởng của bổ sung cốt sợi là không đáng kể lên sự thay đổi của cường độ nén. Một hiệu ứng đáng kể chỉ có thể quan sát được đối với 1,2% cốt sợi ở 28 và 180 ngày, trong đó cường độ nén giảm khoảng 0,5 MPa. Tác động của cốt sợi làm thay đổi cấu trúc bê tông đất và phân bố lỗ rỗng vì tạo ra các khoảng trống và gián đoạn trong vật liệu do đó tác động lên cường độ nén. Một liên kết yếu giữa các sợi và các hạt đất cũng có thể làm tăng nứt vi mô tại vùng chuyển tiếp giữa hạt đất và cốt sợi [15].



Hình 4. Ảnh hưởng của đất sét và cốt sợi đến cường độ nén ở 7 ngày.

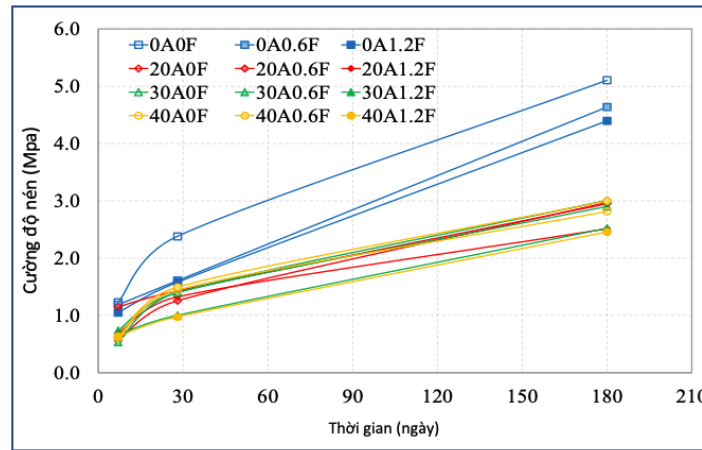


Hình 5. Ảnh hưởng của đất sét và cốt sợi đến cường độ nén ở 28 ngày.



Hình 6. Ảnh hưởng của đất sét và cốt sợi đến cường độ nén ở 180 ngày.

Sự phát triển cường độ nén của bê tông đất theo thời gian cũng được quan sát và phân tích. Hình 7 cho thấy sự phát triển của cường độ nén ở 7, 28 và 180 ngày. Kết quả cho thấy cường độ nén tăng ngay cả sau một tháng. Đây là một đặc tính quan trọng của bê tông này so với bê tông truyền thống (bê tông thường sẽ đạt khoảng 80% cường độ tối đa sau 7 ngày hoặc sớm hơn). Cường độ nén ngắn hạn chủ yếu liên quan đến sự hydrat hóa xi măng, trong khi cường độ nén dài hạn có thể được tạo nên bởi phản ứng hydrat hóa, phản ứng pozzolanic giữa khoáng sét và hydroxit canxi được tạo thành bởi xi măng hydrat hóa [16].

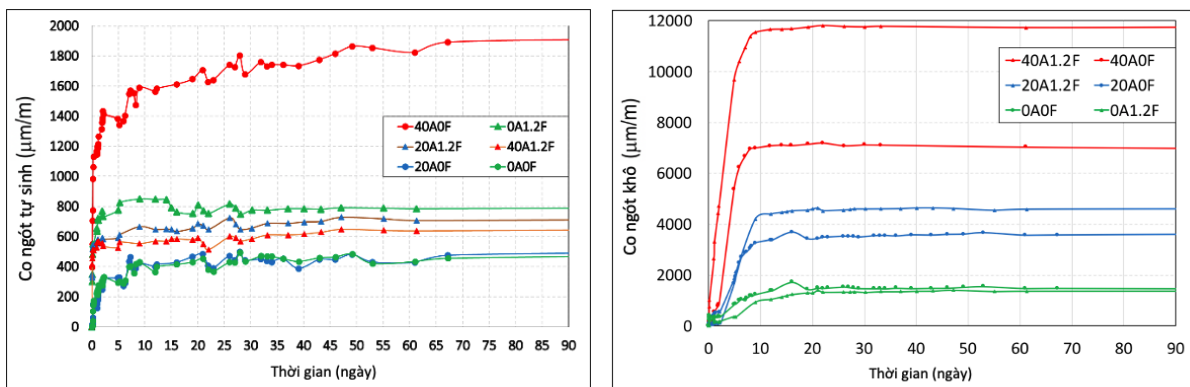


Hình 7. Cường độ nén của bê tông ở 7, 28 và 180 ngày.

Cường độ nén đo được của bê tông đất thấp (từ 1 đến 2,4 MPa ở 28 ngày) so với bê tông thông thường. Tuy nhiên, loại bê tông này có thể chấp nhận được khi sử dụng làm vật liệu phun phụt tự đầm trong những kết cấu chịu tải trọng thấp (ví dụ: tường trong kết cấu khung). Cường độ thấp là do tỷ lệ phần trăm xi măng thấp, không sử dụng cốt liệu lớn, độ rỗng cao do sử dụng lượng đất sét lớn và hàm lượng nước cao hơn cần thiết để đạt được khả năng thi công chấp nhận được.

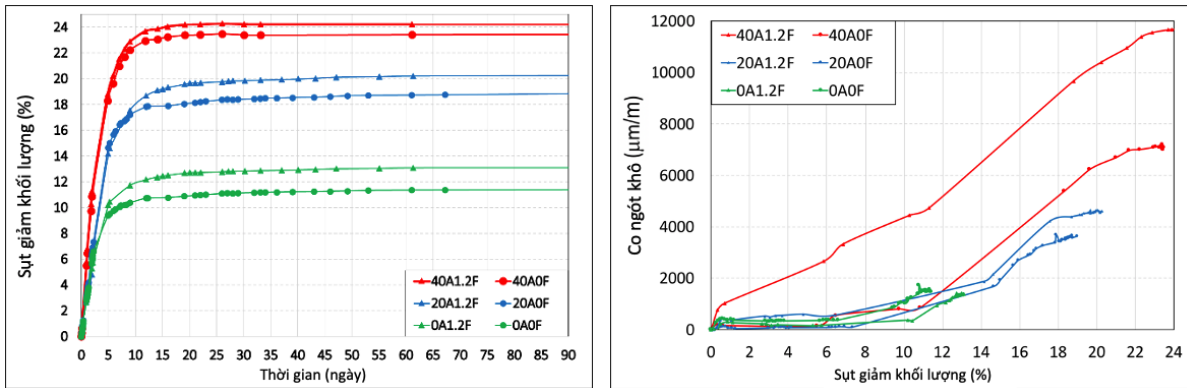
3.2. Co ngót

Hình 8 trình bày sự phát triển của độ co ngót tự nhiên theo thời gian của bê tông đất với 0%, 20% và 40% đất sét và 0% và 1,2% sợi gai dầu. Tỷ lệ co ngót tự nhiên rất lớn trong ba ngày đầu tiên và giảm dần theo thời gian (hình 8a). Sự co ngót tự sinh xảy ra độc lập với sự mất nước bên ngoài. Kết quả cho thấy sự co ngót tự sinh của bê tông đất không có cốt sợi (0F) tăng theo tỷ lệ đất sét và đạt gấp bốn lần khi lượng đất sét thay đổi từ 0% và 40%. Việc bổ sung 1,2% cốt sợi làm thay đổi đáng kể biên độ co ngót tự sinh. Điều này có thể lý giải do thể tích của sợi gai dầu chiếm phần lớn trong mẫu cùng kích thước nên mẫu 40A0F có hàm lượng đất sét nhiều hơn mẫu 40A1,2F và các phản ứng hoá học hydrat hoá và pouzzolanic trong mẫu 40A0F diễn ra mạnh mẽ hơn so với mẫu 40A1,2F; có nghĩa co ngót tự sinh của mẫu 40A0F lớn hơn co ngót tự sinh của mẫu 40A1,2F. Kết quả này liên quan đến sự thay đổi độ xốp giữa hỗn hợp bê tông đất và độ hấp thụ nước cao của sợi.



Hình 8. Ảnh hưởng của cốt sợi và đất sét đến sự phát triển của co ngót tự sinh (hình trái) và co ngót khô (hình phải).

Hình 8b thể hiện độ co ngót khô được tính bằng phép trừ của co ngót tổng thể và co ngót tự sinh. Biến dạng co ngót tăng theo tỷ lệ đất sét và tăng mạnh với 40% đất sét (cao hơn 6 lần so với 0% đất sét).



Hình 9. Quan hệ giữa độ sụt giảm khối lượng và độ co ngót theo thời gian.

Độ sụt giảm khối lượng cũng được đo trong quá trình co ngót và được trình bày trong hình 9a. Sự biến đổi của khối lượng chứng tỏ khả năng mất nước của vật liệu do bay hơi. Độ sụt giảm khối lượng trong 15 ngày đầu tiên rất lớn và sự sụt giảm trọng lượng nước tăng theo tỷ lệ đất sét. Sự mất khối lượng của bê tông đất càng tăng lên phụ thuộc vào tỉ trọng càng lớn của đất sét và sợi gai dầu (Hình 9a). Việc sụt giảm khối lượng này cho thấy một mối liên hệ tốt với biên độ co ngót (Hình 9b). Độ co ngót của bê tông đất rất cao so với bê tông thông thường do không có cốt liệu lớn làm hạn chế sự co rút tổng thể và độ rỗng cao hơn do chứa hàm lượng lớn đất sét và đất sét là một loại vật liệu rất háo nước (đồng nghĩa mẫu chứa % đất sét lớn sẽ càng hút nhiều nước khi chế tạo và khi bảo dưỡng trong điều kiện bình thường mẫu đó hơi nước sẽ bay hơi nhiều hơn mẫu chứa ít % đất sét hơn).

4. KẾT LUẬN

Bê tông đất là một vật liệu thân thiện môi trường do sử dụng đất tại địa phương là thành phần chính và do đó làm giảm chi phí vận chuyển và khai thác.

Kết quả cho thấy cường độ nén của bê tông giảm khi tăng tỷ lệ sợi gai dầu và đất sét, liên quan đến sự gia tăng độ rỗng của bê tông đất. Tác động giảm nhẹ cường độ nén khi thêm cốt sợi là do sự thay đổi cấu trúc bê tông đất, sự thay đổi phân bố lỗ rỗng là do tạo ra các khoảng trống và gián đoạn. Ngoài ra, cường độ nén tiếp tục tăng cao gấp hai lần so với giá trị đo được ở 28 ngày. Cường độ nén đo được thay đổi từ 1 MPa đến 5 MPa với độ sụt > 6,5 cm tùy thuộc vào điều kiện bảo dưỡng, tỷ lệ đất sét và tỷ lệ sợi gai dầu.

Sự co ngót tự sinh tăng cùng với sự gia tăng tỷ lệ đất sét. Độ co ngót khô tăng theo tỷ lệ đất sét và với 40% đất sét giá trị này cao hơn từ 5 đến 6 lần so với 0% đất sét. Việc bổ sung 1,2% cốt sợi ảnh hưởng không đáng kể đến biên độ co ngót khi 0% và 20% đất sét, tuy nhiên nó làm tăng biên độ co ngót khô cho hỗn hợp có 40% đất sét với tỷ lệ lớn. Điều này là do sự thay đổi cấu trúc lỗ rỗng làm thay đổi tốc độ bay hơi và do đó mức độ co ngót được thể hiện rõ rệt.

Các thí nghiệm bổ sung cần được tiến hành để nghiên cứu sự ổn định của bê tông đất liên quan đến sự co ngót ở giai đoạn đầu và trạng thái ẩm/sấy khô. Các tính chất truyền dẫn như độ thấm, truyền sóng âm cũng cần được nghiên cứu như là các chỉ số về độ bền của bê tông đất.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2020-CB-004.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Van Damme, H. Houben, Earth concrete. Stabilization revisited, *Cement and Concrete Research*, 114 (2018) 90-102. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.02.035>
- [2] S.M. Rao, P. Shivananda, Compressibility behavior of lime-stabilized clay, *Geotechnical and Geological Engineering*, 23 (2005) 309-319. <https://doi.org/10.1007/s10706-004-1608-2>
- [3] F. Sariosseiri, B. Muhunthan, Effect of cement treatment on geotechnical properties of some Washington State soils, *Engineering Geology*, 104 (2009) 119-125. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.09.003>
- [4] P. Lura, O.M. Jensen, J. Weiss, Cracking in cement paste induced by autogenous shrinkage, *Mater. Struct.*, 42 (2009) 1089-1099. <https://doi.org/10.1617/s11527-008-9445-z>
- [5] P. Zak et al., The influence of natural reinforcement fibers, gypsum and cement on compressive strength of earth bricks materials, *Construction and Building Materials*, 106 (2016) 179-188. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.031>
- [6] N. Mostefai et al., Microstructure and mechanical performance of modified hemp fibre and shiv mortars: Discovering the optimal formulation, *Materials and design*, 84 (2015) 359-371. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.06.102>
- [7] M. Degraeve-Lemeurs, P. Gle, A. H. de Menibus, Acoustical properties of hemp concretes for buildings thermal insulation: Application to clay and lime binders, *Construction and Building Materials*, 160 (2018) 462-474. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.064>
- [8] J. M. Kanema, J. Eid, S. Taibi, Shrinkage of earth concrete amended with recycled aggregates and superplasticizer: impact on mechanical properties and cracks, *Materials and Design*, 109 (2016) 378-389. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.07.025>
- [9] G.H. Omid, J. C. Thomas, K.W. Brown, Effect of drying cracking on the hydraulic conductivity of a compacted clay liner, *Water, Air and Soil Pollution*, 89 (1996) 91-103. <https://doi.org/10.1007/BF00300424>
- [10] K.C. Hover, Evaporation of water from concrete surface, *ACI Mater J*, 103 (2006) 384-389.
- [11] T.T. Nguyen, Contribution à l'étude de la formulation et du procédé de fabrication d'éléments de construction en béton de chanvre, Université de Bretagne Sud (2010).
- [12] S.A. Khattab, M. Al-Mukhtar, J.M. Fleureau, Long-term characteristics of a lime treated plastic soil, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 19 (2007) 358-366. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2007\)19:4\(358\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2007)19:4(358))
- [13] L. Makki-Szymkiewicz et al., Evolution of the properties of lime-treated silty soil in a small experimental embankment, *Engineering Geology*, 191 (2015) 8-22. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2015.03.008>
- [14] F. Collet, M. Bart, L. Serres, J. Miriel, Porous structure and water vapor sorption of hemp-based materials, *Construction and Building Materials*, 22 (2008) 1271-1280. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.01.018>
- [15] K. Hannawi et al., Effect of different types of fibers on the microstructure and the mechanical behavior of ultra-high performance fiber-reinforced concretes, *Composites Part B: Engineering*, 86 (2016) 214-220. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.09.059>
- [16] L.S. Ho et al., Strength development of cement-treated soils: effect of water content, carbonation and pozzolanic reaction under drying curing condition, *Construction and Building Materials*, 134 (2017) 703-712. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.065>