



## EFFECTS OF SOIL TYPE AND SOIL CONTENTS ON WORKABILITY AND COMPRESSION STRENGTH OF EARTH CONCRETE

Nguyen Tien Dung, Bui Thi Loan\*

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

### ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 23/02/2023

Revised: 04/04/2023

Accepted: 12/04/2023

Published online: 15/08/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.6.1>

\* *Corresponding author*

Email: buithiloan@utc.edu.vn Tel: +84979458331

**Abstract.** Earth concrete is a new construction material which has several advantages over traditional concrete. In this study, the content of soil used in the range of 10% to 20% (according to the total weight of the mixture of cement, soil, and aggregate). The experimental results show that the workability of both types of earth concrete is lower than that of the control concrete. Moreover, the higher the soil content, the lower the workability. The trend of strength variation of these two types of earth concrete is completely opposite. With the same cement content used, earth concrete using soil with high clay content and particle composition equivalent to fine sand has lower compressive strength than control concrete. In addition, the higher the soil content, the lower the compressive strength of the earth concrete. Earth concrete using soil with low clay content and fine-grained composition (almost equivalent to cement) gives higher compressive strength than control concrete. The results of this study show the feasibility of using earth concrete for construction works in Vietnam.

**Keywords:** Earth concrete, workability, slump, compressive strength

© 2023 University of Transport and Communications



# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA LOẠI ĐẤT VÀ HÀM LƯỢNG ĐẤT ĐẾN TÍNH CÔNG TÁC VÀ CƯỜNG ĐỘ CHỊU NÉN CỦA BÊ TÔNG ĐẤT

Nguyễn Tiến Dũng, Bùi Thị Loan\*

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: 23/02/2023

Ngày nhận bài sửa: 04/04/2023

Ngày chấp nhận đăng: 12/04/2023

Ngày xuất bản Online: 15/08/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.6.1>

\* Tác giả liên hệ

Email: buithiloan@utc.edu.vn; Tel: +84979458331

**Tóm tắt.** Bê tông đất là một loại vật liệu xây dựng mới và có nhiều ưu điểm so với bê tông truyền thống. Nghiên cứu này sử dụng hai loại đất có thành phần hạt, thành phần khoáng vật hoàn toàn khác nhau. Hàm lượng đất sử dụng trong phạm vi từ 10% đến 20% (theo tổng khối lượng của hỗn hợp xi măng, đất và cốt liệu). Các kết quả thí nghiệm cho thấy tính công tác của cả 2 loại bê tông đất đều kém hơn so với của bê tông đối chứng. Đồng thời, hàm lượng đất càng tăng thì tính công tác lại càng giảm. Xu hướng biến đổi cường độ của hai loại bê tông đất này là hoàn toàn trái ngược nhau. Với cùng một hàm lượng xi măng sử dụng, bê tông đất sử dụng đất có hàm lượng sét lớn và thành phần hạt tương đương cát mịn có cường độ chịu nén thấp hơn bê tông đối chứng, đồng thời hàm lượng đất càng tăng thì cường độ chịu nén của bê tông đất lại càng giảm. Bê tông đất sử dụng loại đất có hàm lượng sét ít và thành phần hạt mịn (gần tương đương xi măng) cho cường độ chịu nén cao hơn bê tông đối chứng. Các kết quả của nghiên cứu này cho thấy tính khả thi của việc sử dụng bê tông đất cho các công trình xây dựng tại Việt Nam.

**Từ khóa:** bê tông đất, tính công tác, độ sụt, cường độ chịu nén

© 2023 Trường Đại học Giao thông vận tải

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vật liệu xây dựng được sử dụng nhiều nhất hiện nay chính là bê tông với thành phần truyền thống gồm cốt liệu (đá, sỏi, cát), xi măng và nước. Tuy nhiên, việc tiếp tục khai thác các vật liệu truyền thống nói trên (cốt liệu và xi măng) đang phải đối mặt với thách thức về

vấn đề môi trường sinh thái (lượng phát thải khí CO<sub>2</sub> cao) và kinh tế (do cạn kiệt nguồn khai thác dẫn tới khan hiếm và đắt đỏ) [1, 2]. Để giải quyết các vấn đề này, điều quan trọng là phải tìm ra các giải pháp vật liệu xây dựng mới để thay thế các vật liệu truyền thống trên. Vật liệu mới này phải đồng thời hướng tới hai mục tiêu là vừa thân thiện với môi trường (giảm thiểu phát thải khí CO<sub>2</sub>) và kinh tế (tận dụng vật liệu sẵn có và có giá thành rẻ tại địa phương). Bê tông đất chính là một giải pháp thay thế hướng tới đồng thời hai mục tiêu trên. Đây là một loại vật liệu lai giữa vật liệu đất và bê tông nên vừa có những ưu điểm giống như của vật liệu đất như năng lượng tiêu thụ thấp (so với xi măng có sản lượng khí thải carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) chiếm tới 5 đến 7% trên toàn cầu [3], thì vật liệu đất nói chung có sản lượng khí thải ít hơn nhiều) và ứng xử nhiệt-âm tốt, đồng thời vừa có những ưu điểm giống bê tông thông thường nên cường độ, độ bền và khả năng chống xói mòn là tốt hơn nhiều so với vật liệu đất truyền thống [4]. Đặc biệt, bê tông đất hoàn toàn có thể ứng dụng công nghệ thi công hiện đại như bê tông truyền thống giúp đẩy nhanh thời gian thi công (có thể trộn bằng máy và thi công khối lớn trong ván khuôn và cho phép tháo ván khuôn sớm) [5].

Bê tông đất có thành phần chính gồm đất, cốt liệu, nước, phụ gia và một lượng nhỏ xi măng để gia cố đất (chỉ khoảng 4-10% thay vì trên 15% như trong bê tông thông thường) để cải thiện các đặc tính cơ lý [6, 7]. Đất được sử dụng để chế tạo bê tông đất rất đa dạng từ thành phần khoáng vật tới thành phần hạt. Cụ thể, trong dự án BAE của Pháp về bê tông đất [8], hai loại đất khác nhau được sử dụng để chế tạo bê tông đất đó là : 1) đất đỏ Brezin với thành phần khoáng vật chính là thạch anh và có dải kích thước hạt khá rộng từ 0,001mm tới 10 mm, hàm lượng sét trong đất này chiếm khoảng 20% ; 2) là đất FAC – chất thải từ việc rửa cốt liệu trong các mỏ đá, với thành phần khoáng vật chính là Canxit (chiếm tới 83-85%) và có thành phần hạt rất mịn chỉ từ 0,001 tới 0,1 mm, hàm lượng sét trong đất là khoảng 12%. Bê tông đất trong nghiên cứu của Claudiane và Guillaume về bê tông đất sét tự đầm [9] được chế tạo dựa trên một loại đất với thành phần khoáng vật chính là Thạch anh (chiếm tới 68%), có thành phần hạt trong khoảng 0,001 mm tới 2 mm, trong đó hàm lượng hạt mịn (<120 µm) chiếm tới 55% và cát chiếm 45%. Một loại bê tông đất khác trong nghiên cứu của Jean và Joana [10] được chế tạo từ loại đất bỏ đi từ các công trình, kích cỡ hạt từ 0,1 mm tới 5 mm, trong đó hàm lượng hạt mịn (<60 µm, không chứa sét) chiếm 35%, còn lại là cát (65%) và cuội sỏi (8%). Các nghiên cứu này đều chỉ ra loại đất là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến các đặc tính cơ lý của bê tông đất. Tuy nhiên, hiện nay chủ đề này vẫn chưa được quan tâm nghiên cứu Việt Nam.

Trong nghiên cứu thực nghiệm này, hai loại đất có thành phần khoáng vật và thành phần hạt hoàn toàn khác biệt đã được sử dụng để chế tạo bê tông đất. Một loại đất thực chất là chất thải từ việc rửa cốt liệu trong mỏ đá ở Lương Sơn, Hòa Bình, Việt Nam. Loại còn lại là đất được lấy ở cửa sông trên địa phận thành phố Hải Phòng, Việt Nam. Đặc tính cơ lý của 2 loại bê tông đất này được nghiên cứu và so sánh với nhau nhằm đánh giá ảnh hưởng của loại đất tới các tính chất của bê tông đất. Bên cạnh đó, ảnh hưởng của hàm lượng đất đến tính công tác và cường độ chịu nén cũng là một nội dung quan trọng trong nghiên cứu này.

## 2. CHƯƠNG TRÌNH THỰC NGHIỆM

### 2.1. Vật liệu chế tạo bê tông đất

Như trên đã đề cập, vật liệu chế tạo bê tông đất bao gồm: đất thô, cốt liệu lớn (đá dăm); cốt liệu mịn (cát); xi măng; nước và phụ gia siêu dẻo. Chi tiết về các vật liệu thành phần sẽ được trình bày dưới đây:

### a) Đất

Để nghiên cứu ảnh hưởng của loại đất tới tính chất của bê tông đất, hai loại đất khác nhau hoàn toàn về thành phần khoáng cũng như thành phần hạt sẽ được lựa chọn để chế tạo bê tông đất trong nghiên cứu này:

- Loại đất thứ nhất (gọi là loại 1) được lựa chọn là loại đất được thu gom từ phế thải của việc rửa các cốt liệu ở mỏ đá Lương Sơn, tỉnh Hòa Bình, Việt Nam (Hình 1a).
- Loại đất thứ hai (gọi là loại 2) là loại đất được lấy từ cửa sông trên địa phận quận Kinh Môn, thành phố Hải Phòng, Việt Nam (Hình 1b).



(a)

(b)

Hình 1. Đất loại 1 - phế thải từ việc rửa cốt liệu ở mỏ đá Lương Sơn - Hòa Bình – Việt Nam (a); Đất loại 2 được lấy ở cửa sông trên địa phận quận Kinh Môn, Thành Phố Hải Phòng (b).

Hai loại đất này được mang về phòng thí nghiệm và sấy khô, sau đó được nghiền nhỏ bằng máy nghiền (Hình 2). Đất loại 1 được nghiền mịn bằng máy nghiền bi, đất loại 2 được nghiền nhỏ bằng máy nghiền kẹp hàm.



(a)

(b)

Hình 2. Nghiền đất bằng máy nghiền (a) và đất thành phẩm tương ứng loại 1 và loại 2 sau khi nghiền tại phòng thí nghiệm VLXD trường đại học GTVT (b).

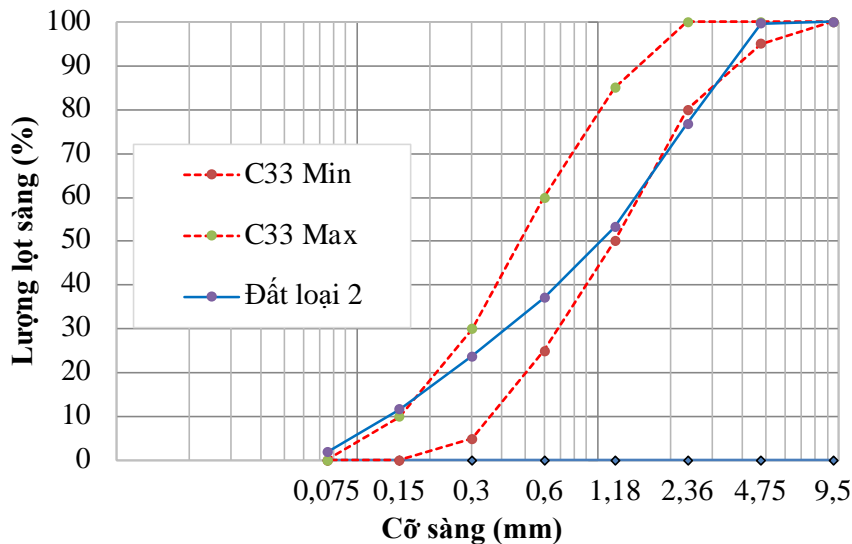
Thành phần hạt của đất loại 1 được phân tích bằng phương pháp nhiễu xạ laze và được giới thiệu ở bảng 1. Các kết quả thu được cho thấy sau khi nghiền nhỏ bằng máy nghiền bi thì

đất loại 1 các kích thước hạt rất mịn, gần tương đương xi măng (kích thước hạt trung bình khoảng 34  $\mu\text{m}$ ).

Bảng 1. Phân bố cỡ hạt của đất loại 1 sau khi nghiền.

STT	Phần trăm kích thước tổng	Kết quả $\mu\text{m}$
1	5	3.2856
2	10	5.2085
3	20	9.0218
4	30	12.8567
5	40	16.9138
6	60	27.9428
7	70	37.2529
8	80	53.0053
9	90	83.8865
10	95	113.0151
<b>D50</b>		<b>21.6698</b>
<b>Kích thước trung bình</b>		<b>34.2002</b>

Sau khi nghiền bằng máy nghiền kẹp hàm, đất loại 2 có kích thước hạt tương đương với cát. Bởi vậy, thành phần hạt của đất loại 2 đã được xác định theo tiêu chuẩn ASTM C33 và được thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Thành phần hạt của đất loại 2 sau khi nghiền.

Thành phần khoáng vật của 2 loại đất được phân tích bằng phương pháp Nhiễu xạ Ronghen (XRD) trên máy Empryan (PANalytical- Hà Lan) và được trình bày ở bảng 2. Thành phần hoá học của 2 loại đất được xác định bằng phương pháp phổ huỳnh quang tia X và được trình bày ở bảng 3.

Các kết quả thí nghiệm cho thấy, hai loại đất sử dụng trong nghiên cứu này hoàn toàn khác nhau về thành phần cỡ hạt, thành phần khoáng vật và thành phần hóa học. Đất loại 1 có thành phần hạt rất mịn với kích thước hạt trung bình chỉ 34  $\mu\text{m}$  (trong đó hơn 80% hạt có kích thước dưới 50  $\mu\text{m}$ ), có thể nói mịn gần tương đương với xi măng. Thành phần khoáng vật chủ

yếu của loại đất này là Canxit (tới 84%), hàm lượng khoáng vật sét chỉ chiếm khoảng 3%. Trong khi đó, đất loại 2 có thành phần hạt thô hơn và tương đương với cát mịn. Thành phần khoáng vật chủ yếu của loại đất này là Thạch Anh, Mica và Clorit (tới 75%), hàm lượng khoáng vật sét của loại đất này khá lớn, lên tới 40%.

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm phân tích thành phần khoáng của hai loại đất.

Loại đất	Thành phần khoáng vật	Hàm lượng (%)
<b>Đất loại 1</b>	Canxit – CaCO <sub>3</sub>	84
	Dolomit – CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	5
	Thạch anh – SiO <sub>2</sub>	4
	Felspat – K <sub>0,5</sub> NA <sub>0,5</sub> ALSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	3
	Mica + Clorit	3
	Lepidocrocit – FeO,OH	1
<b>Đất loại 2</b>	Kaolinit - Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	7
	Thạch anh – SiO <sub>2</sub>	42
	Felspat – K <sub>0,5</sub> NA <sub>0,5</sub> ALSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	18
	Mica + Clorit	33

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm phân tích thành phần hóa học của hai loại đất.

Loại đất	Hàm lượng chỉ tiêu phân tích (%)								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	MKN
<b>Đất loại 1</b>	2,18	0,60	0,54	0,18	0,04	0,08	52,70	1,30	42,10
<b>Đất loại 2</b>	46,2	18,04	7,41	2,68	7,41	0,83	1,65	3,55	5,24

### b) Cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ

Nghiên cứu này sử dụng cốt liệu lớn là đá dăm có đường kính lớn nhất danh định D<sub>max</sub> = 19mm, cốt liệu nhỏ là cát vàng sông Lô. Thành phần hạt của cốt liệu thỏa mãn theo tiêu chuẩn ASTM C33 [11].

### c) Xi măng

Giống như bê tông thường, có thể dùng nhiều loại xi măng để chế tạo bê tông. Để cân bằng giữa yếu tố kỹ thuật, kinh tế và tính phổ biến trên thị trường, nghiên cứu này sử dụng xi măng PoócLăng PC40 Bút Sơn, thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN2682-2009 [12].

### d) Phụ gia siêu dẻo

Để đảm bảo tính công tác, đồng thời giảm lượng nước sử dụng cho hỗn hợp bê tông, phụ gia siêu dẻo đã được sử dụng cho tất cả các cấp phối bê tông đất. Nghiên cứu này sử dụng phụ gia siêu dẻo Sikament NN của hãng Sika Việt Nam, phù hợp với tiêu chuẩn ASTM C 494[13] (phụ gia loại F).

**e) Nước**

Giống như bê tông thông thường, nước dùng để chế tạo bê tông đất phải đảm bảo chất lượng tốt, không gây ảnh hưởng xấu đến thời gian đông kết và rắn chắc của xi măng. Các chỉ tiêu kỹ thuật của nước phải thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 4506-2012. Nghiên cứu này sử dụng nước sạch lấy từ nguồn nước máy của thành phố Hà Nội.

**2.2. Thành phần vật liệu bê tông đất**

Trong nghiên cứu này, một số hỗn hợp thành phần bê tông đất đã được đề xuất để phân tích ảnh hưởng của loại đất và hàm lượng đất đến các đặc tính cơ lý của bê tông đất, bao gồm tính công tác và cường độ chịu nén.

Bên cạnh các cấp phối không sử dụng đất (cấp phối đối chứng), với mỗi loại đất, hàm lượng đất được thay đổi trong phạm vi từ 10% đến 20% (với 3 cấp độ là 10%, 15% và 20% so với tổng khối lượng của hỗn hợp vật liệu bao gồm: xi măng, cốt liệu và đất).

Hàm lượng PGSD cũng được thay đổi để nghiên cứu ảnh hưởng của nó đến tính công tác của các hỗn hợp bê tông đất và sau đó được điều chỉnh để hỗn hợp bê tông đất có độ sụt đạt 12±2 cm, phù hợp để chế tạo và thi công các kết cấu tường.

Bảng 4. Thành phần vật liệu của các cấp phối bê tông.

Loại bê tông	Cấp phối	Hàm lượng	Xi măng g (kg)	Đất (kg)	Đá dăm (kg)	Cát (kg)	Nước (kg)	Phụ gia (lít)
<b>Bê tông đất loại 1</b>	EC11	0% đất – 8% xi măng	172	0	1088	890	160	2,6
	EC21/ EC21*	10% đất – 8% xi măng	172	215	970	793	160	2,6/5,8 (*)
	EC31/ EC31*	15% đất – 8% xi măng	172	323	911	745	160	2,6/7,4(*)
	EC41/ EC41*	20% đất – 8% xi măng	172	430	851	697	160	2,6/9,0(*)
<b>Bê tông đất loại 2</b>	EC21	0% đất – 6% xi măng	132	0	1061	868	209	2,0
	EC22/ EC22*	10% đất – 6% xi măng	132	226	930	761	209	2,0/7,6 (*)
	EC23/ EC23*	15% đất – 6% xi măng	132	341	875	716	209	2,0/10,5(*)
	EC24/ EC24*	20% đất – 6% xi măng	132	458	820	671	209	2,0/13,4(*)

(\*): giá trị trên dấu (/) là hàm lượng PGSD ban đầu và phía dưới là hàm lượng PGSD điều chỉnh để hỗn hợp bê tông đạt độ sụt yêu cầu.

**2.3. Chế tạo mẫu và tiến hành các thí nghiệm**

Các hỗn hợp “bê tông đất” được trộn theo trình tự sau:

Bước 1: Trộn khô. Các vật liệu thành phần lần lượt được đưa vào máy trộn (Hình 4) theo trình tự sau: đầu tiên là cốt liệu lớn, sau đó là cốt liệu nhỏ và cuối cùng là đất và xi măng. Thời gian trộn khô để tạo thành hỗn hợp đồng nhất là khoảng 2 phút.

Bước 2: Hoà phụ gia siêu dẻo vào nước trước khi đưa vào thùng trộn.



Bước 3: Trộn ướt. Hỗn hợp nước và phụ gia được thêm từ từ vào máy trộn. Thời gian trộn ướt để hỗn hợp bê tông đồng nhất là khoảng 3 phút.



Hình 4. Trộn hỗn hợp bê tông đất bằng máy trộn cưỡng bức.

Sau khi trộn xong, các hỗn hợp bê tông đất được kiểm tra tính công tác thông qua chỉ tiêu độ sụt và được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM C143 [14] (Hình 5). Các mẫu “bê tông đất” hình trụ có đường kính 150 mm, cao 300 mm (Hình 6a) đã được chế tạo để thí nghiệm xác định cường độ chịu nén. Việc chế tạo và bảo dưỡng mẫu trong phòng thí nghiệm được tiến hành theo tiêu chuẩn ASTM C192 [15]. Mẫu được đầm chặt bằng cách đầm thủ công. Các mẫu được tháo khuôn sau 24 giờ và được bảo dưỡng trong nước đến ngày tuổi thí nghiệm (7 và 28 ngày).



Hình 5. Thí nghiệm xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông đất sau khi trộn.



(a)



(b)

Hình 6. Các mẫu “bê tông đất” sau khi tháo khuôn (a) và capping bề mặt trước khi nén (b).

Trước khi tiến hành thí nghiệm nén, các mẫu bê tông đất được capping bề mặt (hình 6b). Thí nghiệm nén được tiến hành trên máy nén thủy lực có khả năng nén tới 3000 kN và độ



chính xác  $\pm 0,5\%$  (Hình 7). Tải trọng được tác dụng từ từ với tốc độ gia tải là  $0,25 \pm 0,05$  Mpa/s theo tiêu chuẩn ASTM C39 [16].



Hình 7. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của các mẫu bê tông đất.

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

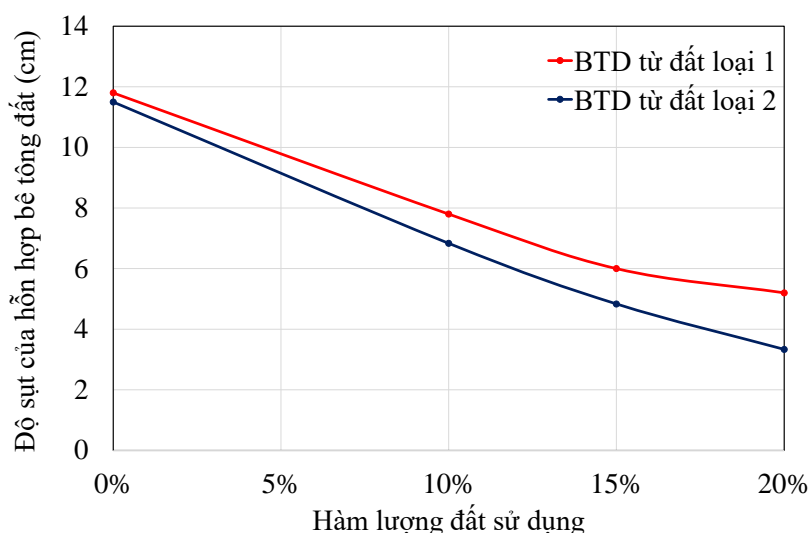
#### 3.1. Tính công tác của bê tông đất

Kết quả thí nghiệm xác định độ sụt của các hỗn hợp bê tông đất được trình bày trong bảng 5. Với mỗi cấp phối, tiến hành đo độ sụt 3 lần, sau đó tính giá trị trung bình (làm tròn đến 0,5 cm).

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm độ sụt của các hỗn hợp bê tông.

BTD từ	Cấp phối	Hàm lượng đất (%)	Độ sụt của hỗn hợp bê tông (cm)			
			Lần 1	Lần 2	Lần 3	Trung bình
Đất loại 1	EC11	0	12	12	11,5	12
	EC12	10	9	9	8,5	9
	EC13	15	7	7	7	7
	EC14	20	5	5,5	5	5
Đất loại 2	EC21	0	11	12	11,5	11,5
	EC22	10	7	7	7,5	7
	EC23	15	5,5	5	5	5
	EC24	20	4	3,5	4	4

Ảnh hưởng của hàm lượng đất đến tính công tác của hỗn hợp bê tông đất được thể hiện trên hình 8. Từ biểu đồ trên ta thấy, đối với cả hai loại bê tông đất, với cùng một hàm lượng nước và hàm lượng PGSD sử dụng, độ sụt của các hỗn hợp bê tông có sử dụng đất đều thấp hơn bê tông đối chứng (không sử dụng đất). Đồng thời, khi hàm lượng đất càng tăng thì độ sụt của hỗn hợp bê tông đất lại càng giảm. Điều này có thể được giải thích bởi cả hai loại đất đều có thành phần hạt mịn hơn cốt liệu và do đó có tỷ diện tích bề mặt lớn hơn so với cốt liệu. Mặt khác, các hạt đất có tính giữ nước trên bề mặt, đặc biệt là đối với thành phần khoáng vật sét. Bởi vậy, cần một lượng nước lớn hơn để bao bọc, bôi trơn bề mặt các hạt đất và giảm ma sát giữa các hạt. Do đó, tính công tác của các hỗn hợp bê tông đất có xu hướng giảm xuống khi tăng hàm lượng đất sử dụng.



Hình 8. Ảnh hưởng của hàm lượng đất đến độ sụt của hỗn hợp bê tông đất.

Hơn thế nữa, biểu đồ trên cho thấy với cùng một lượng đất tương đương, độ sụt của bê tông đất loại 2 thấp hơn bê tông đất loại 1 mặc dù các cấp phối bê tông đất loại 2 có lượng nước nhào trộn lớn hơn bê tông đất loại 1 (209 kg/m<sup>3</sup> với 160 kg/m<sup>3</sup>). Điều này được giải thích như sau: mặc dù đất loại 1 có thành phần hạt mịn hơn rất nhiều so với đất loại 2, tuy nhiên hàm lượng khoáng vật sét trong đất loại 2 lại lớn hơn rất nhiều so với hàm lượng sét trong đất loại 1 (40% so với chỉ 3%). Trong khi đó, như đã biết các hạt đất sét có khả năng hút và giữ nước đặc biệt lớn, do đó lượng nước cần để thấm ướt bề mặt đối với đất loại 2 lớn hơn so với đất loại 1, vì vậy tính công tác của hỗn hợp bê tông đất loại 2 thấp hơn so với đất loại 1. Xu hướng này là rõ rệt nhất khi đất được sử dụng với hàm lượng lớn nhất là 20%.

Để đảm bảo tính công tác của hỗn hợp bê tông, hàm lượng PGSD đã được điều chỉnh. Cơ sở để điều chỉnh là hàm lượng PGSD tỷ lệ thuận với tổng khối lượng hạt mịn bao gồm xi măng và đất. Thông qua điều chỉnh thực tế, tỷ lệ này là 1,5% cho các cấp phối bê tông đất loại 1, và là 2% cho các cấp phối bê tông đất loại 2 (các cấp phối bê tông đất ký hiệu (\*) trong bảng 4). Độ sụt của các cấp phối này được giới thiệu trong bảng 6. Từ kết quả đo độ sụt này ta thấy các cấp phối sau khi điều chỉnh hàm lượng phụ gia có độ sụt tương đương nhau (khoảng 10,5-12 cm), Như vậy, việc điều chỉnh hàm lượng PGSD theo tỷ lệ % của tổng khối lượng hạt mịn, bao gồm xi măng và đất là phù hợp.

Bảng 6. Độ sụt của hỗn hợp bê tông sau khi điều chỉnh hàm lượng phụ gia siêu dẻo.

BTD từ	Ký hiệu	Hàm lượng đất (%)	Hàm lượng PGSD (l)	Độ sụt của hỗn hợp bê tông (cm)			
				Lần 1	Lần 2	Lần 2	Trung bình
Đất loại 1	EC11	0	2,6	12	12	11,5	12
	EC12*	10	5,8	11	12	11	11
	EC13*	15	7,4	11	11	10,5	11
	EC14*	20	9,0	10,5	10,5	10	10,5
Đất loại 2	EC21	0	2,0	11	12	11,5	11,5
	EC22*	10	7,6	11	11	11,5	11
	EC23*	15	10,5	11	11	11	11
	EC24*	20	13,4	11	10,5	10,5	10,5

### 3.2. Cường độ chịu nén của bê tông đất

Các kết quả thí nghiệm về cường độ chịu nén của bê tông đất ở 7 ngày tuổi và 28 ngày tuổi được thể hiện trong bảng 7 và bảng 8.

Bảng 7. Cường độ chịu nén của bê tông đất loại 1.

Cấp phối		EC11	EC12*	EC13*	EC14*
		0%đất – 8%xi măng	10%đất – 8%xi măng	15%đất – 8%xi măng	20%đất – 8%xi măng
Cường độ chịu nén (MPa)	7 ngày	8,23	9,64	13,98	11,17
	28 ngày	9,8	12,20	18,40	15,30

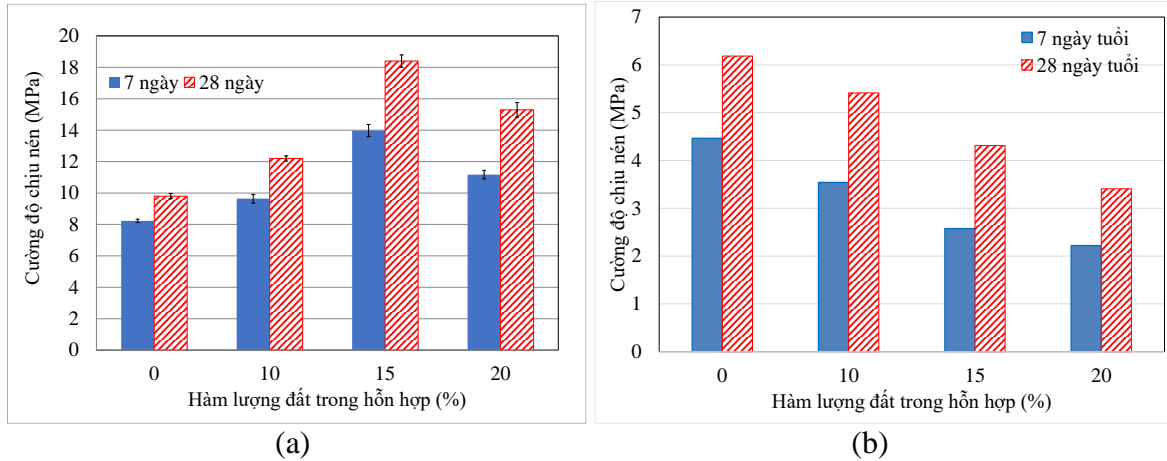
Bảng 8. Cường độ chịu nén của bê tông đất loại 2.

Cấp phối		EC21	EC22*	EC23*	EC24*
		0%đất – 6%xi măng	10%đất – 6%xi măng	15%đất – 6%xi măng	20%đất – 6%xi măng
Cường độ chịu nén (MPa)	7 ngày	4,46	3,54	2,58	2,22
	28 ngày	6,19	5,42	4,31	3,44

Hình 9 dưới đây thể hiện ảnh hưởng của hàm lượng đất tới cường độ chịu nén ở 7 và 28 ngày tuổi của bê tông đất loại 1 (Hình 9a) và bê tông đất loại 2 (Hình 9b). Kết quả trên biểu đồ thể hiện hai xu hướng trái ngược nhau cho hai loại bê tông đất này.

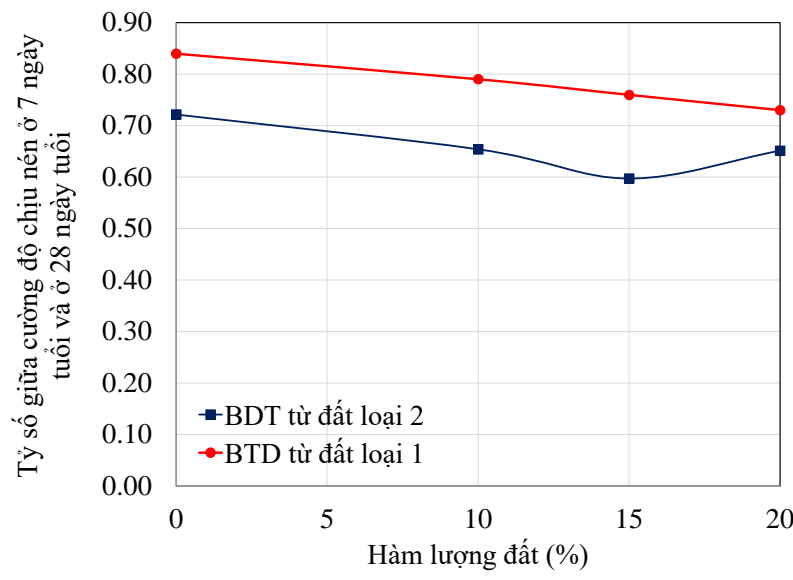
Đối với bê tông đất loại 1, với cùng một hàm lượng xi măng sử dụng (8%), cường độ chịu nén (cả ở 7 ngày tuổi và 28 ngày tuổi) của bê tông đất đều lớn hơn bê tông đối chứng. Bê tông đất loại 1 có cường độ chịu nén cao nhất khi sử dụng 15% đất. Khi đó cường độ chịu nén của bê tông đất ở 7 và 28 ngày tuổi lần lượt là 13,98 MPa và 18,40 MPa. Điều này là do đất loại 1 có thành phần hạt rất mịn (gần tương đương với xi măng) và có thể coi là thành phần vi cốt liệu, đóng vai trò là chất điền đầy. Do đó, sự có mặt của đất giúp tăng độ đặc chắc của hỗn hợp bê tông, vì thế mà cải thiện cường độ chịu nén của bê tông đất.

Trong khi đó, đối với bê tông đất loại 2, cùng với hàm lượng xi măng không đổi (6%) thì bê tông đất lại có cường độ chịu nén thấp hơn hẳn so với bê tông đối chứng (cả ở 7 ngày tuổi và 28 ngày tuổi). Đồng thời, khi hàm lượng đất trong bê tông càng tăng thì cường độ của bê tông đất lại càng giảm. Kết quả này trái ngược so với bê tông đất loại 1 ở trên. Điều này có thể được giải thích là do đất loại 2 có thành phần hạt thô hơn nhiều so với đất loại 1 ở trên, do đó không có tác dụng là vi cốt liệu như đất loại 1. Đặc biệt, loại đất này có hàm lượng khoáng vật sét lớn hơn nhiều so với đất loại 1 (40% so với chỉ 3%). Với hàm lượng sét lớn như vậy thì hỗn hợp bê tông rất khó đầm chặt vì đặc tính hút và giữ nước trên bề mặt của các hạt đất sét lớn hơn nhiều so với các khoáng vật khác. Do đó, sự có mặt của đất loại 2 làm giảm độ đặc chắc của hỗn hợp cốt liệu, làm tăng lỗ rỗng trong bê tông đất, qua đó làm giảm cường độ của bê tông đất.



Hình 9. Ảnh hưởng của hàm lượng đất tới cường độ chịu nén của bê tông đất loại 1 (a) và của bê tông đất loại 2 (b).

Khi xét đến tốc độ phát triển cường độ của bê tông đất, có thể thấy rằng tốc độ phát triển cường độ của cả 2 loại bê tông đất đều chậm hơn so với bê tông đối chứng. Tốc độ này có xu hướng giảm khi tăng hàm lượng đất sử dụng. Điều này được thể hiện thông qua tỷ số giữa cường độ chịu nén ở 7 ngày tuổi so với cường độ chịu nén ở 28 ngày tuổi của các cấp phối bê tông như trên hình 10. Hiện tượng này cũng được ghi nhận ở một số nghiên cứu về bê tông đất và có thể được giải thích bởi đặc tính giữ nước của các hạt đất, đặc biệt là thành phần hạt sét.



Hình 10. Tốc độ phát triển cường độ của các 2 loại bê tông đất.

#### 4. KẾT LUẬN

Như vậy thông qua việc phân tích, so sánh các kết quả thí nghiệm về đặc tính cơ lý của hai loại bê tông đất, ảnh hưởng của loại đất và hàm lượng đất sử dụng tới tính công tác và cường độ chịu nén của bê tông đất đã được sáng tỏ với một số kết quả rất thú vị như sau:

- Tính công tác của cả 2 loại bê tông đất đều kém hơn so với của bê tông đối chứng. Đồng thời hàm lượng đất trong hỗn hợp bê tông đất càng tăng thì tính công tác lại càng giảm. Hơn nữa, mức độ suy giảm tính công tác của bê tông đất còn phụ thuộc vào loại đất sử dụng. Với loại đất có hàm lượng sét càng lớn thì tính công tác càng kém. Để đạt được cùng một độ sụt tương đương thì có thể tăng hàm lượng phụ gia siêu dẻo cho hỗn hợp bê tông sử dụng loại đất chứa nhiều sét hơn. Hàm lượng phụ gia siêu dẻo có thể tính theo % của tổng khối lượng xi măng và đất.

- Đối với cường độ chịu nén, xu hướng biến đổi cường độ cho hai loại bê tông đất này là hoàn toàn trái ngược nhau. Với cùng một hàm lượng xi măng sử dụng, các mẫu bê tông đất sử dụng đất có hàm lượng sét lớn và thành phần hạt tương đương cát mịn có cường độ chịu nén thấp hơn bê tông đối chứng, đồng thời hàm lượng đất càng tăng thì cường độ chịu nén của bê tông đất lại càng giảm. Trong khi đó, các mẫu bê tông đất sử dụng loại đất có hàm lượng sét ít và thành phần hạt mịn (gần tương đương xi măng) cho cường độ chịu nén cao hơn bê tông đối chứng.

- Để có thể thúc đẩy ứng dụng loại vật liệu này cho các kết cấu công trình tại Việt Nam thì cần có thêm các nghiên cứu về các đặc tính cơ học và độ bền của bê tông đất như cường độ chịu kéo uốn, mô đun đàn hồi, co ngót,... Ngoài ra cần khảo sát thêm các loại đất khác để đánh giá tính phù hợp của chúng cho việc chế tạo bê tông đất.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. OCDE, Environmental sustainable building – challenges and policies, Paris, France, 194, 2003.
- [2]. F. Pacheco-Torgal, S. Jalali, Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction, Construction and Building Materials, 29 (2012) 512–519. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054>
- [3]. L. Barcelo, J. Kline, G. Walenta, E. Gartner, Cement and carbon emissions, Mater. Struct., 47 (2014)1055–1065. <https://doi.org/10.1617/s11527-013-0114-5>
- [4]. H. Guillaud, Characterization of earthen materials. In: Avrami E, Guillaud H, Hardy M, editors. Terra literature review—an overview of research in earthen architecture conservation, Los Angeles (United States): The Getty Conservation Institute, (2008) 21–31.
- [5]. H. Van Damme, H. Houben, Earth concrete. Stabilization revisited, Cement and Concrete Research, 114 (2017) 90-102. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.02.035>
- [6]. Gnanli Landrou et al., Lime as an Anti-Plasticizer for Self-Compacting Clay Concrete, Materials, 9 (2016) 330. <https://doi.org/10.3390/ma9050330>
- [7]. S. Imanzadeh, A. Hibouche, A. Jarno, S. Taibi, Formulating and optimizing the compressive strength of a raw earth concrete by mixture design, Construction and Building Materials, 163 (2018) 149-159.
- [8]. Mariette Moevus, Béton d'Argile Environnemental (B.A.E.), Programme C2D2 Convention de subvention n° 10 MGC S011, Nov., 2013.
- [9]. M. Claudiane, Ouellet-Plamondon, Guillaume Habert, Self-Compacted Clay based Concrete (SCCC): proof-of-concept, Journal of Cleaner Production, 117 (2016) 160e168.
- [10]. J.M. Kanema, J. Eid, S. Taibi, Shrinkage of earth concrete amended with recycled aggregates and superplasticizer: Impact on mechanical properties and cracks, Materials & Design, 109 (2016) 378–389. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.07.025>
- [11]. ASTM C33: 2003, Standard Specification for concrete aggregates (tiêu chuẩn cốt liệu cho bê tông).
- [12]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 2682: 2009 về Xi măng pooc lăng.

[13].ASTM C494 / C494M – 19: Đặc điểm kỹ thuật tiêu chuẩn cho phụ gia hóa học cho bê tông.

[14].ASTM C143 Phương pháp thử độ sụt tiêu chuẩn cho bê tông xi măng thủy hóa.

[15].tiêu chuẩn ASTM C192: Tiêu chuẩn chế tạo và dưỡng hộ mẫu thử thí nghiệm trong phòng thí nghiệm.

[16].ASTM C39: Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (Tiêu chuẩn thí nghiệm cường độ nén mẫu bê tông hình trụ.