



INFLUENCE OF CEMENT CONTENT AND SOIL TYPE ON SOME MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF RAMMED EARTH

Nguyen Tien Dung

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

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 21/02/2023

Revised: 26/03/2023

Accepted: 29/03/2023

Published online: 15/04/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.3.3>

* *Corresponding author*

Email: nguyen.tiendung@utc.edu.vn; Tel: +84983352985

Abstract. Earth materials in general and rammed earth, in particular, is an eco-friendly building material and are being researched and applied in many countries around the world. This paper presents some mechanical and physical properties of cement-stabilized rammed earth materials, including compressive strength, splitting tensile strength, and water absorption. Two soils with different grain compositions and mineral compositions were used. The rammed earth is stabilized with blend Portland cement PCB30 with a content ranging from 4-8% (by weight of the soil). The material composition of rammed earth was designed according to the principle of optimum moisture content and maximum dry density. The experimental results showed that when increasing the cement content, the mechanical properties of rammed earth were significantly improved and the water absorption decreased. The difference in grain and mineral compositions of the two soils is a factor that significantly affects the mechanical and physical properties of these two types of rammed earth. The results of this study contribute to enriching the scientific basis for the use of earth materials in construction works in Vietnam.

Keywords: Earth materials; Rammed earth; Cement; Compressive strength; Splitting tensile strength; Water absorption.



NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG XI MĂNG VÀ LOẠI ĐẤT ĐẾN MỘT SỐ TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA VẬT LIỆU ĐẤT NÉN

Nguyễn Tiến Dũng

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: 21/02/2023

Ngày nhận bài sửa: 26/03/2023

Ngày chấp nhận đăng: 29/03/2023

Ngày xuất bản Online: 15/04/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.3.3>

* Tác giả liên hệ

Email: nguyen.tiendung@utc.edu.vn; Tel: +84983352985

Tóm tắt. Đất nén không nung nói chung và đất nén nói riêng là một loại vật liệu xây dựng thân thiện với môi trường và đang được đẩy mạnh nghiên cứu, ứng dụng tại nhiều nước trên thế giới. Bài báo này trình bày một số đặc tính cơ lý của vật liệu đất nén gia cố xi măng bao gồm: cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ và độ hút nước. Hai loại đất có thành phần hạt, thành phần khoáng vật khác nhau đã được sử dụng. Đất nén được gia cố bằng xi măng poóc lăng hỗn hợp PCB30 với hàm lượng dao động trong khoảng 4-8% (theo khối lượng của đất). Thành phần vật liệu của đất nén được thiết kế theo nguyên lý độ ẩm tối ưu và khối lượng thể tích khô lớn nhất. Các kết quả thí nghiệm cho thấy khi tăng hàm lượng xi măng thì các tính năng cơ học của đất nén được cải thiện đáng kể và độ hút nước giảm xuống. Sự khác nhau về thành phần hạt và thành phần khoáng vật của 2 loại đất là yếu tố ảnh hưởng đáng kể đến các đặc tính cơ lý của 2 loại đất nén này. Các kết quả của nghiên cứu này góp phần làm giàu thêm cơ sở khoa học cho việc sử dụng loại vật liệu này trong các công trình xây dựng tại Việt Nam.

Từ khóa: đất nén không nung, đất nén, xi măng, cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ, độ hút nước.

© 2023 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xây dựng công trình đảm bảo phát triển bền vững có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong chiến lược phát triển kinh tế - xã hội của đất nước. Tuy nhiên hoạt động xây dựng công trình

gia tăng đã dẫn tới nhu cầu sử dụng vật liệu xây dựng ngày càng lớn. Do đó, các nguồn tài nguyên dùng để sản xuất vật liệu xây dựng đang dần cạn kiệt và trở nên đắt đỏ. Mặt khác, công nghiệp sản xuất các loại vật liệu xây dựng truyền thống như xi măng, gạch nung đã và đang tác động không nhỏ đến môi trường. Quá trình sản xuất xi măng, gạch nung đã thải ra bầu khí quyển hàng tỷ tấn CO₂ và chiếm tới khoảng 10% lượng khí thải CO₂ trên toàn cầu. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu, xu hướng xây dựng công trình “xanh” đã hình thành và phát triển mạnh mẽ trong thời gian gần đây. Nhờ thế vật liệu “xanh” cũng được quan tâm và lựa chọn sử dụng nhiều hơn trước. Bởi vậy, việc nghiên cứu và đẩy mạnh ứng dụng các nguồn vật liệu “xanh” và có trữ lượng lớn như đất trong xây dựng các công trình là hết sức cần thiết.

“Đất nén không nung” là một loại vật liệu hỗn hợp có thành phần chính là đất, nước và được tạo hình bằng cách nén tĩnh hoặc nén động. Thành phần vật liệu đất nén không nung có thể được bổ sung thêm cốt liệu (cát, đất dăm hoặc sỏi), chất kết dính (xi măng, vôi tôi,...), sợi tự nhiên phân tán (rơm,...). Vật liệu này có khả năng tự đóng rắn và hình thành cường độ mà không cần xử lý nhiệt. Vật liệu “đất nén không nung” có thể được chế tạo dưới dạng đất nện (Rammed Earth) hoặc các khối xây block (Adobe).

Các nghiên cứu về vật liệu đất nện được tiến hành gần đây đã chỉ ra ưu điểm nổi bật của vật liệu này là thân thiện với môi trường như tiêu thụ năng lượng thấp (cả trong quá trình sản xuất và khai thác sử dụng), giảm lượng phát thải CO₂ gây hiệu ứng nhà kính [1-4]. Bên cạnh đó, đất nện còn có khả năng cách âm, cách nhiệt rất tốt, có cường độ, độ bền và khả năng chống xói mòn tương đối tốt [5-6]. Ngoài ra, vật liệu này còn có tính thẩm mỹ cao, có vẻ đẹp độc đáo riêng và không cần công tác hoàn thiện bề mặt. Chính bởi những ưu điểm này, “đất nén không nung” đang được đẩy mạnh nghiên cứu tại nhiều nước trên thế giới (Mỹ, Pháp, Trung Quốc, Úc,...) và ứng dụng cho một số dạng kết cấu công trình như kết cấu tường, kết cấu vòm, sàn nhà,... [7,8].

Ở nước ta, đất nện đã được sử dụng để làm kết cấu tường nhà theo kinh nghiệm truyền thống của người dân địa phương tại một số khu vực miền núi phía bắc. Mặc dù vậy, cho đến nay có rất ít các nghiên cứu chuyên sâu về “đất nén không nung” được thực hiện ở Việt Nam. Một số tác giả đã nghiên cứu các tính chất cơ lý của một số loại đất nguồn gốc phong hoá và trầm tích dùng làm nhà trình tường tại khu vực Mèo Vạc, tỉnh Hà Giang [9]. Tuy nhiên các nghiên cứu này chưa đề cập đến phương pháp thiết kế hỗn hợp thành phần vật liệu. Hiện nay chưa có các hướng dẫn cụ thể về vật liệu chế tạo và công nghệ thi công dành cho loại vật liệu này. Để khắc phục những nhược điểm này, vật liệu đất không nung cần được nghiên cứu để tối ưu hoá các yếu tố về thành phần vật liệu (thành phần hạt của hỗn hợp cốt liệu, các đặc tính của đất, hàm lượng nước nhào trộn, gia cố xi măng,...) và cải tiến công nghệ nén đất. Khi đó “đất nén không nung” sẽ có cường độ cao hơn, phù hợp để làm tường chịu lực cho các toà nhà quy mô lớn hơn. Trong khi đó, nhiều công trình nghiên cứu trên thế giới đã cho thấy nhiều ưu điểm khác nhau khi sử dụng xi măng làm chất gia cố đất nện [1], [5], [6]. Khi đó, cường độ của đất nện được cải thiện nhờ cả sự hình thành ma trận gel xi măng liên kết các hạt đất với nhau và sự liên kết của các hạt hoạt động bề mặt như đất sét có trong đất. Ngoài ra, gia cố xi măng còn giúp cải thiện lớp phủ bề mặt và giảm xói mòn. Hơn nữa việc tăng hàm lượng xi măng có thể cải thiện đáng kể độ bền chống đóng và tan băng. Thông thường, hàm lượng xi măng được sử dụng trong khoảng 4-15% và phổ biến nhất trong khoảng 4-10%. Bên cạnh vai trò của xi măng, loại đất cũng là một yếu tố ảnh hưởng đáng kể đến các đặc tính cơ lý của đất nện. Thành phần hạt và thành phần khoáng vật là hai nhân tố quyết định đến các tính chất của loại vật liệu này. Đất dùng để chế tạo đất nện phải đạt được những tiêu chí nhất định về thành phần hạt như hàm lượng sét, hàm lượng bụi, hàm lượng cát có trong đất [2].

Xuất phát từ những yếu tố trên, nghiên cứu này đã tập trung cải thiện các đặc tính cơ lý của đất nền bằng việc gia cố xi măng và xác định ảnh hưởng của hàm lượng xi măng, loại đất đến một số tính chất cơ lý của đất nền.

2. VẬT LIỆU CHẾ TẠO VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu chế tạo

Vật liệu chính sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm đất tự nhiên và xi măng.

- Đất tự nhiên:

Để nghiên cứu ảnh hưởng của loại đất đến các đặc tính kỹ thuật của đất nền, 2 loại đất có sự khác nhau về thành phần hạt và thành phần khoáng vật tại 2 địa phương khác nhau đã được lựa chọn. Đây là 2 loại đất phong hoá trên các đá gốc tại 2 mỏ đá xây dựng.

Loại đất thứ nhất: Được lấy tại mỏ đá xã Tân Lập, huyện Sông Lô, tỉnh Vĩnh Phúc, gọi tắt là đất loại A (Hình 1).



Hình 1. Đất tự nhiên được lấy tại xã Tân Lập, huyện Sông Lô, tỉnh Vĩnh Phúc.

Loại đất thứ hai: Được lấy tại Mỏ đá Xuân Hoà (Phương Khoan) có vị trí tại xã Xuân Hoà, thuộc huyện Lập Thạch, tỉnh Vĩnh Phúc, gọi tắt là đất loại B (Hình 2).



Hình 2. Đất tự nhiên được lấy tại xã Xuân Hoà, thuộc huyện Lập Thạch, tỉnh Vĩnh Phúc.

Trước khi quyết định lựa chọn hai loại đất này, tỷ lệ tương đối của các loại hạt trong đất đã được xác định sơ bộ [9] và so sánh với các khuyến cáo. Tiến hành quan sát bằng mắt thường để xác định bề dày của các lớp sỏi sạn, cát, bụi và sét và vật liệu hữu cơ theo trình tự từ dưới

lên trên (Hình 3). Theo đó, đất A có hàm lượng bụi và sét chiếm khoảng 20%, cát và sỏi sạn chiếm khoảng 80%, còn đất B có hàm lượng bụi và sét chiếm khoảng 30%, cát và sỏi sạn chiếm khoảng 70%. Hai loại đất này gần như không chứa vật liệu hữu cơ.



Hình 3. Thí nghiệm xác định tỷ lệ tương đối các loại hạt trong đất.

Sau khi xác định tỷ lệ tương đối của các loại hạt trong đất, thành phần hạt của đất được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 4198:2014 [10]. Do hai loại đất này là đất hạt thô lẫn hạt mịn nên phối hợp các phương pháp phân tích bằng sàng và phương pháp tỉ trọng kế để xác định hàm lượng của mọi cỡ hạt của đất. Thành phần hạt của đất được giới thiệu ở bảng 1 dưới đây. Theo đó, đất A có tỷ lệ hàm lượng sét chiếm 5,7%, hàm lượng bụi chiếm 14,2%, còn lại là cát và sỏi, sạn chiếm 80,1%. Đất B có 17,3% sét, 16,7% bụi và 66% cát, sỏi, sạn (Bảng 1). Thành phần hạt của 2 loại đất này là phù hợp với các khuyến cáo về thành phần hạt của đất dùng làm đất nện, theo đó thành phần sét chiếm từ 5-20%, thành phần bụi chiếm 10-30% [2], [9].

Thành phần khoáng vật của 2 loại đất được phân tích bằng phương pháp Nhiễu xạ Ronghen mẫu bột (XRD). Kết quả phân tích thành phần khoáng vật của 2 loại đất được giới thiệu ở bảng 2.

Bảng 1. Thành phần hạt của 2 loại đất (% theo khối lượng).

Loại đất	Cuội, dăm 150-300mm	Sỏi, sạn 2-150mm	Cát 0,06-2mm	Bụi 0,002-0,06mm	Sét <0,002mm
Đất A	0	26,3	53,8	14,2	5,7
Đất B	0	8,8	57,2	16,7	17,3

Từ kết quả phân tích thành phần khoáng vật, có thể thấy đất A tại mỏ đá Tân Lập, huyện Sông Lô, Vĩnh Phúc là đất phong hoá từ đá cát kết, một loại đá trầm tích cơ học. Đất A có thành phần chủ yếu là thạch anh (25%) và feldpat (9%) được gắn kết bởi chất kết dính canxi (calcit - 40%). Hàm lượng các khoáng vật sét có trong đất A chiếm khoảng 26% (bao gồm các khoáng vật mica, clorit, kaolinit). Loại đất B tại mỏ đá Xuân Hòa, Lập Thạch, Vĩnh Phúc có 3 nhóm khoáng vật chính là thạch anh (42%), mica và clorit (29%), feldpat (18%). Tổng hàm lượng các khoáng vật sét có trong đất B chiếm khoảng 40% (bao gồm mica, clorit, kaolinit).

Bảng 2. Thành phần khoáng vật của 2 loại đất .

Thành phần khoáng vật chính	Hàm lượng (%)	
	Đất A	Đất B
<i>Kaolinit - Al₂Si₂O₅(OH)₄</i>	7	11
<i>Thạch anh – SiO₂</i>	25	42
<i>Felspat – K_{0,5}Na_{0,5}AlSi₃O₈</i>	9	18
<i>Mica + Clorit</i>	19	29
<i>Calcit</i>	40	-

- **Xi măng:** Trong chế tạo đất nện, hàm lượng xi măng sử dụng rất ít và yêu cầu về cường độ của đất nện thường ở mức tương đối thấp. Do đó nên ưu tiên sử dụng loại xi măng có giá thành hợp lý và phổ biến tại các địa phương. Chính vì vậy nghiên cứu này sử dụng xi măng PCB30 (của hãng The Vissai) có các đặc trưng kỹ thuật phù hợp với các quy định tại TCVN 6260:2009 [11].



Hình 4. Xi măng PCB 30 The Vissai sử dụng trong nghiên cứu.

2.2 Tính toán thành phần

Nghiên cứu này áp dụng nguyên lý thiết kế theo quan điểm cơ học đất, trong đó lượng nước được tính toán dựa trên độ ẩm đầm nén tốt nhất. Độ ẩm đầm nén tốt nhất của các hỗn hợp đất nện được xác định theo phương pháp Proctor tiêu chuẩn (sử dụng chày đầm 2,495 kg với chiều cao rơi là 305 mm để đầm mẫu - ASTM D1557 [12]). Với mỗi hỗn hợp, 5 mẫu được tạo ẩm với 5 hàm lượng nước khác nhau, sau đó vẽ biểu đồ quan hệ giữa khối lượng thể tích khô của hỗn hợp và độ ẩm mẫu, từ đó tìm ra hàm hồi quy thực nghiệm $y(W)$.

$$y(W)=g_d = aW^2 + bW + c \quad (1)$$

Trong đó:

g_d : là khối lượng thể tích khô của hỗn hợp đất nện, kg/m³ hoặc g/cm³;

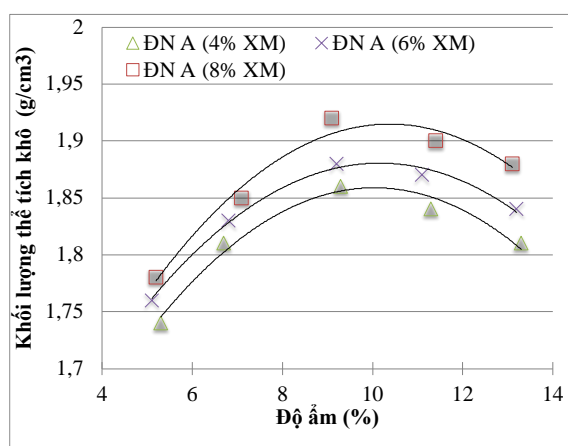
W: là hàm lượng nước sử dụng (độ ẩm đầm nén), %.

a, b, c: các hệ số của phương trình hồi quy thực nghiệm.

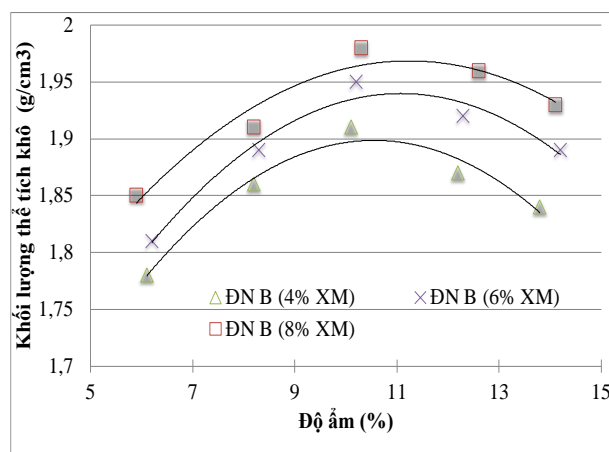
Từ phương trình này, độ ẩm tối ưu được xác định tương ứng với giá trị cực đại của hàm $y(W)$.

Nhằm phân tích ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến các đặc tính cơ học của đất nện, nghiên cứu này sử dụng 3 mức hàm lượng xi măng khác nhau. Trên cơ sở tham khảo một số nghiên cứu về thành phần vật liệu đất nện ([1], [5]), hàm lượng xi măng thường được lựa chọn trong khoảng 4-10% (theo tổng khối lượng của hỗn hợp cốt liệu). Để cân bằng yếu tố kỹ thuật và tính “xanh” của vật liệu, nghiên cứu này sử dụng 3 hàm lượng xi măng là 4%, 6% và 8% (theo khối lượng của đất).

Quan hệ giữa khối lượng thể tích khô của các hỗn hợp đất nện và độ ẩm của mẫu được thể hiện trên hình 5 và hình 6.



Hình 5. Quan hệ giữa khối lượng thể tích khô của đất nện A và độ ẩm của mẫu.



Hình 6. Quan hệ giữa khối lượng thể tích khô của đất nện B và độ ẩm của mẫu.

Từ biểu đồ quan hệ giữa khối lượng thể tích khô và độ ẩm của hỗn hợp đất nện, độ ẩm tối ưu của các hỗn hợp đất nện A và B được giới thiệu ở bảng 3. Nhận thấy với cùng một hàm lượng xi măng sử dụng thì độ ẩm tối ưu của đất nện B có xu hướng cao hơn khoảng 0,6-0,8% so với đất nện A. Điều này có thể liên quan đến sự khác biệt về hàm lượng sét có trong 2 loại đất này. Các hạt sét có kích thước nhỏ và có đặc tính giữ nước trên bề mặt, vì vậy có thể làm tăng lượng nước cần thiết để đảm bảo tính công tác và độ chặt của hỗn hợp đất nện. Đây là một điểm cần lưu ý khi sử dụng các loại đất có hàm lượng sét lớn.

Bảng 3. Độ ẩm tối ưu của các hỗn hợp đất nện.

Cấp phối đất nện	Hệ số y(W)			Độ ẩm tối ưu (%)
	a	b	c	
A-4%XM	-0,0051	-0,0046	-0,0052	10,0
A-6%XM	0,1016	0,0945	0,1083	10,3
A-8%XM	1,3492	1,4008	1,3453	10,4
B-4%XM	-0,006	-0,0055	-0,0044	10,6
B-6%XM	0,127	0,1221	0,0987	11,1
B-8%XM	1,2286	1,2636	1,4145	11,2

Từ các hàm lượng xi măng thiết kế và độ ẩm tối ưu đã được xác định ở các bước trên, các mẫu đất nện đã được chế tạo và xác định khối lượng thể tích thực. Thành phần vật liệu cho 1m³ của các hỗn hợp đất nện được xác định như trong các bảng 4 và bảng 5.

Bảng 4. Thành phần vật liệu cho 1m³ đất nện A.

Vật liệu	A-4%XM	A-6%XM	A-8%XM
Đất (kg)	1790	1789	1780
Xi măng (kg)	72	107	142
Nước (kg)	178	184	185
Khối lượng thể tích hỗn hợp (kg/m ³)	2040	2080	2108

Bảng 5. Thành phần vật liệu cho 1m³ đất nện B

Vật liệu	B-4%XM	B-6%XM	B-8%XM
Đất (kg)	1834	1842	1836
Xi măng (kg)	73	111	147
Nước (kg)	194	204	206
Khối lượng thể tích hỗn hợp (kg/m ³)	2102	2157	2189

2.3 Chế tạo mẫu và phương pháp thí nghiệm

Nghiên cứu này sử dụng mẫu hình trụ kích thước 10x20 cm. Mỗi mẫu được đầm thành 3 lớp bằng chày Proctor tiêu chuẩn với số chày đầm là 25 lượt/lớp [12]. Sau 1 ngày các mẫu được tháo khuôn và được bảo dưỡng tự nhiên trong phòng thí nghiệm đến 28 ngày tuổi, sau đó tiến hành các thí nghiệm.



Hình 7. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của đất nện.

Do chưa có tiêu chuẩn thí nghiệm chuyên biệt cho cường độ chịu nén của đất nện, quy trình thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của đất nện được tham khảo theo TCVN 8858:2011 [13]. Tiêu chuẩn này áp dụng cho cấp phối đá dăm hoặc cấp phối thiên nhiên gia cố xi măng. Đối với thí nghiệm cường độ ép chẻ, quy trình thí nghiệm được thực hiện theo TCVN 8862:2011 [14]. Tiêu chuẩn này áp dụng cho một số loại vật liệu hạt liên kết bằng chất kết dính vô cơ, trong đó có đất gia cố với xi măng.

Đối với thí nghiệm xác định độ hút nước của đất nện, các mẫu đất nện được ngâm trong nước (Hình 9) tới trạng thái bão hòa nước, sau đó được sấy khô đến khối lượng không đổi, từ

đó xác định giá trị độ hút nước thông qua chênh lệch khối lượng của mẫu trước và sau khi sấy. Đối với các cấp phối đất nện sử dụng trong nghiên cứu này, thời gian để các mẫu đất nện đạt đến trạng thái bão hoà nước là khoảng 72-96 giờ và thời gian sấy khô đến khối lượng không đổi là khoảng 60-72 giờ.



Hình 8. Thí nghiệm xác định cường độ ép chẻ đất nện.



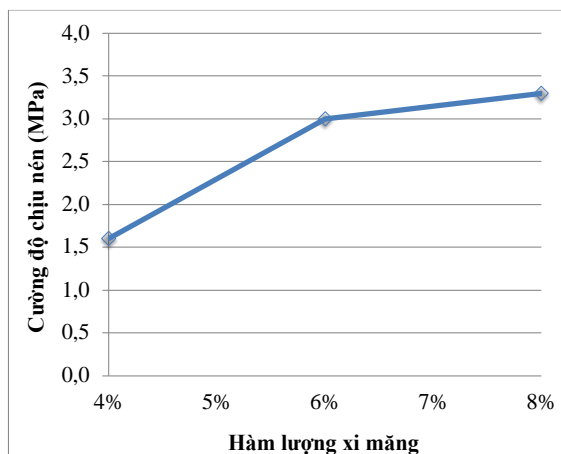
Hình 9. Thí nghiệm xác định độ hút nước của đất nện.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

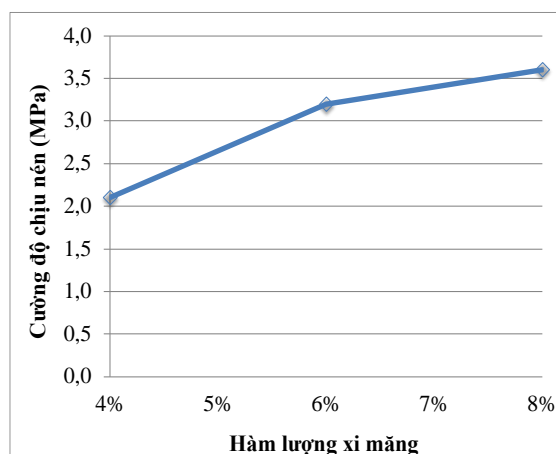
3.1. Cường độ chịu nén của đất nện

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén ở 28 ngày tuổi của các cấp phối đất nện với các hàm lượng xi măng lần lượt là 4%, 6% và 8% được thể hiện ở hình 10 và hình 11.

Có thể thấy rằng: Cường độ chịu nén của các cấp phối đất nện được cải thiện rõ rệt khi tăng hàm lượng xi măng sử dụng. Cụ thể, khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% lên 6% thì cường độ chịu nén của đất nện A tăng từ 1,6 MPa lên 3,0 MPa tương ứng tăng 187,5%. Khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% lên 8% thì cường độ chịu nén của đất nện A tăng từ 1,6 MPa lên 3,3 MPa tương ứng tăng 206,2%.



Hình 10. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ chịu nén của đất nện A.



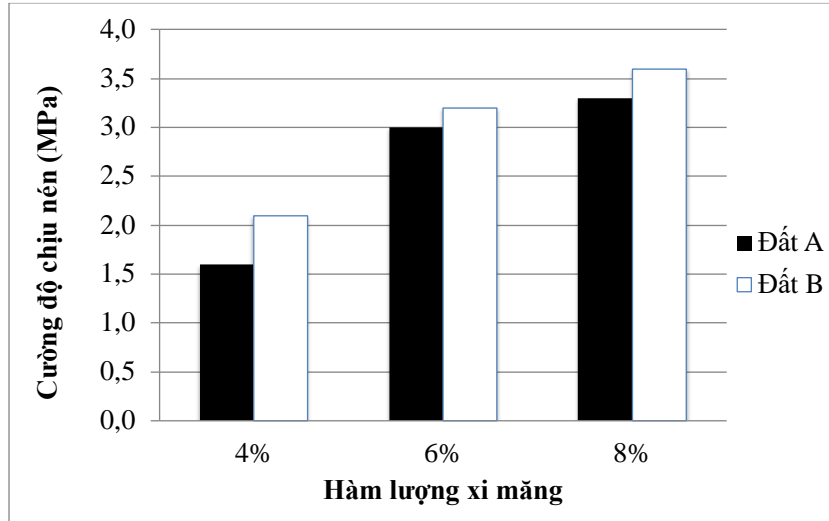
Hình 11. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ chịu nén của đất nện B

Tương tự như đất nện A, cường độ chịu nén của đất nện B có xu hướng tăng lên khi tăng hàm lượng xi măng. Khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% lên 6% thì cường độ chịu nén tăng từ 2,1 MPa lên 3,2 MPa tương ứng tăng 152%. Khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% lên 8% thì cường độ chịu nén tăng từ 2,1 MPa lên 3,6 MPa tương ứng tăng 171%.

Xi măng đóng vai trò là chất kết dính chính giúp gắn kết các hạt đất. Mặc khác, xi măng có kích thước hạt mịn giúp điền đầy khoảng trống giữa các hạt đất, làm giảm lỗ rỗng của đất nện, vì vậy cấu trúc của đất nện trở nên đặc chắc hơn và cường độ được cải thiện. Đây chính là lý do khi tăng hàm lượng xi măng thì cường độ chịu nén của đất nện tăng lên.

Ảnh hưởng của loại đất đến cường độ chịu nén của được thể hiện ở hình 12. Các kết quả thí nghiệm cho thấy, ứng với một hàm lượng xi măng nhất định (4%, 6% và 8%) thì cường độ chịu nén của B cao hơn cường độ chịu nén của A. Với hàm lượng xi măng là 4% thì cường độ chịu nén của mẫu B (2,1 MPa) cao hơn 31% so với A (1,6 MPa). Khi hàm lượng xi măng là 6% thì B có cường độ chịu nén là 3,2 MPa, cao hơn cường độ chịu nén của mẫu A (3,0 MPa) là 7%. Với hàm lượng xi măng là 8% thì cường độ chịu nén của B (3,6 MPa) cao hơn cường độ chịu nén của mẫu A (3,3 MPa) là 9%. Như vậy có thể thấy cường độ chịu nén của B cao hơn đáng kể so với A khi sử dụng hàm lượng xi măng thấp (4%) và mức độ chênh lệch giảm dần khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% lên 6-8%.

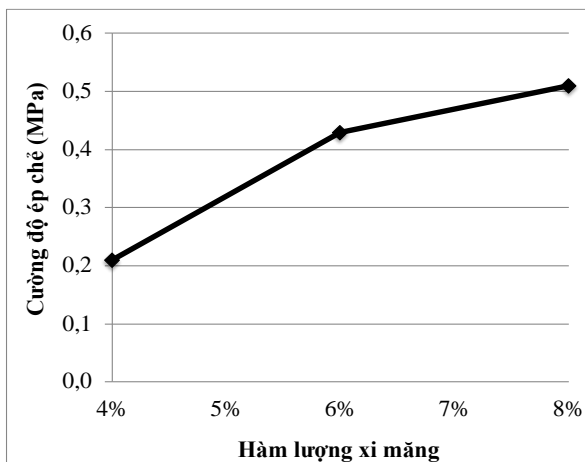
Thành phần hạt sét có trong đất đóng vai trò như là chất kết dính giúp tăng cường liên kết giữa các hạt đất. Bên cạnh đó thành phần hạt bụi, sét có trong đất có thể đóng vai trò là chất điền đầy, giúp lấp đầy các lỗ rỗng và làm cho cấu trúc đất nện trở nên đặc chắc hơn, qua đó cải thiện cường độ chịu nén của đất nện. Theo kết quả phân tích thành phần khoáng vật, hàm lượng các khoáng vật sét có trong đất B chiếm khoảng 40%, trong khi hàm lượng này trong đất A chiếm 29%. Bên cạnh đó, kết quả phân tích thành phần hạt đã chỉ ra đất A có tỷ lệ hàm lượng bụi, sét (các hạt có kích thước dưới 0,06 mm) chiếm 19,9%, hàm lượng này trong đất B chiếm 34% (Bảng 1). Sự khác nhau về hàm lượng khoáng vật sét và hàm lượng hạt bụi, sét trong 2 loại đất là nguyên nhân dẫn đến sự chênh lệch về cường độ chịu nén của 2 loại đất nện này. Mặt khác, khi tăng hàm lượng xi măng lên mức 6-8% thì xi măng lại là yếu tố chính quyết định đến sự cải thiện cường độ chịu nén của đất nện, do đó chênh lệch giữa cường độ chịu nén của 2 loại đất nện giảm xuống so với khi sử dụng 4% xi măng.



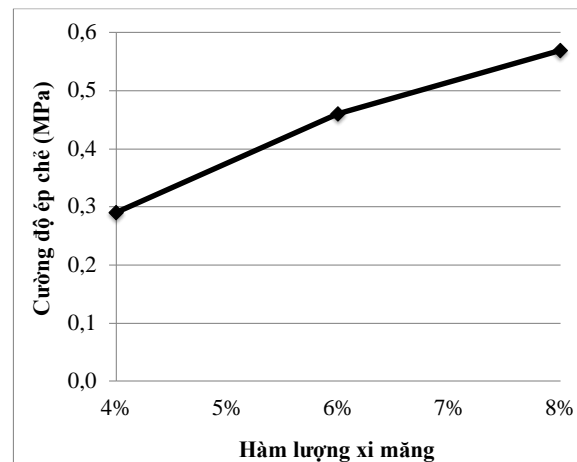
Hình 12. Tương quan giữa cường độ chịu nén của đất nện A và đất nện B

3.2. Cường độ ép chẻ.

Cường độ ép chẻ ở 28 ngày tuổi của các cấp phối đất nện được thể hiện trên hình 13 và hình 14.



Hình 13. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ chịu nén của đất nện A.



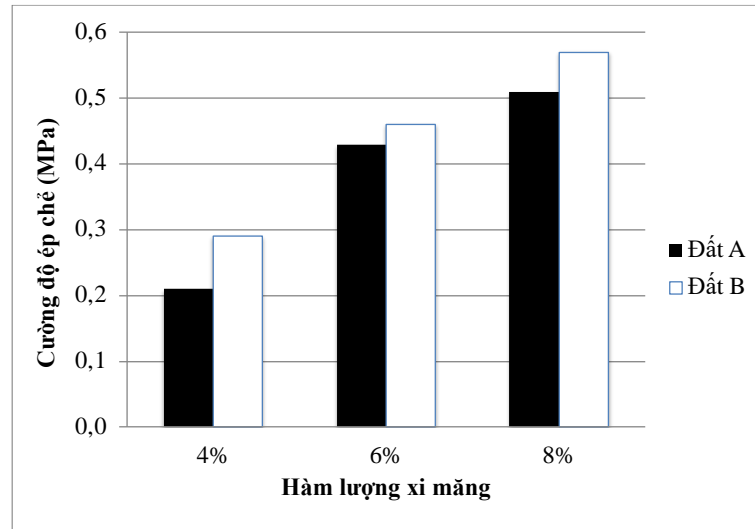
Hình 14. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến cường độ chịu nén của đất nện B

Cường độ ép chẻ của đất nện A có xu hướng tăng lên khi tăng hàm lượng xi măng. Khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% lên 6% thì cường độ ép chẻ của đất nện A tăng từ 0,21 MPa lên 0,43 MPa, tương ứng tăng lên 205%. Khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% lên 8% thì cường độ ép chẻ của đất nện A tăng từ 0,21 MPa lên 0,51 MPa, tương ứng tăng lên 243%. Như vậy cường độ ép chẻ được cải thiện rất rõ rệt khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% lên 6% và 8%.

Tương tự như đất nện A, cường độ ép chẻ của đất nện B có xu hướng tăng lên rõ rệt khi tăng hàm lượng xi măng. Cụ thể, khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% lên 6% thì cường độ ép chẻ của mẫu đất nện B tăng từ 0,29 MPa lên 0,46 MPa, tương ứng tăng lên 159%. Khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% lên 8% thì cường độ ép chẻ của mẫu đất nện B tăng gần gấp đôi, từ 0,29 MPa lên 0,57 MPa.

Tương tự như hiệu quả mang lại với cường độ chịu nén, xi măng đóng vai trò là chất kết dính, giúp cải thiện cấu trúc khung chịu lực của đất và giúp đất nện trở nên đặc chắc hơn. Bởi vậy cường độ ép chẻ của đất nện cũng được cải thiện rõ rệt khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% lên 6% và 8%.

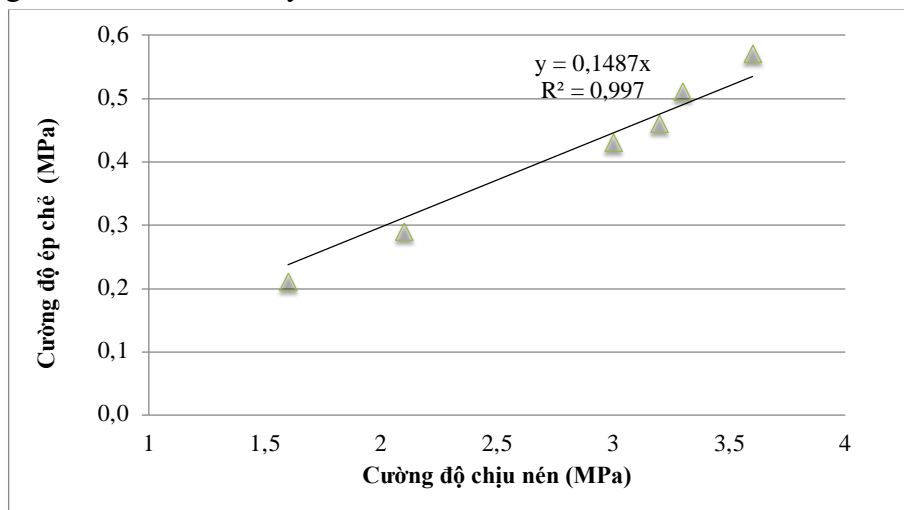
Tương quan giữa cường độ ép chẻ của 2 loại đất nện được thể hiện ở trên hình 15.



Hình 15. Ảnh hưởng của loại đất đến cường độ ép chẻ của đất nện.

Với cùng một hàm lượng xi măng sử dụng thì cường độ ép chẻ của đất nện B cao hơn đất nện A. Khi hàm lượng xi măng là 4% thì cường độ ép chẻ của đất nện B (0,29 MPa) cao hơn đất nện A (0,21 MPa) là 38%. Với hàm lượng xi măng là 6% thì cường độ ép chẻ của mẫu đất nện B (0,46 MPa) cao hơn đất nện A (0,43 MPa) khoảng 7%. Khi hàm lượng xi măng là 8% thì cường độ ép chẻ của đất nện B (0,57 MPa) cao hơn đất nện A (0,51 MPa) là 12%.

Như vậy có thể thấy chênh lệch về cường độ ép chẻ của 2 loại đất nện này là tương đối lớn khi sử dụng hàm lượng xi măng thấp. Sự chênh lệch này có xu hướng giảm xuống khi tăng hàm lượng xi măng. Tương tự như với cường độ chịu nén, chênh lệch giữa cường độ ép chẻ của đất nện A và đất nện B cũng có thể được giải thích bởi sự khác biệt giữa thành phần hạt và thành phần khoáng vật của 2 loại đất này.



Hình 16. Quan hệ giữa cường độ ép chẻ và cường độ chịu nén của 2 loại đất nện.

Quan hệ giữa cường độ ép chẻ và cường độ chịu nén:

Dựa vào các kết quả thí nghiệm thu được, quan hệ giữa cường độ ép chẻ và cường độ chịu nén có thể được biểu diễn như trên hình 16.

Theo đó, quan hệ giữa cường độ ép chẻ và cường độ chịu nén có thể được biểu diễn thông qua phương trình hồi quy tuyến tính sau:

$$R_{sp} = 0,1487.R_c \quad (2)$$

Trong đó:

R_{sp} : cường độ ép chẻ của đất nện;

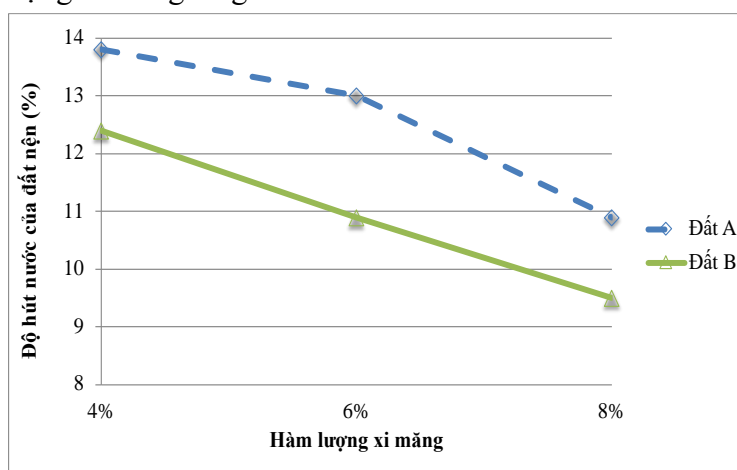
R_c : cường độ chịu nén của đất nện.

Như vậy cường độ ép chẻ bằng khoảng 15% cường độ chịu nén. Các kết quả này là phù hợp với các nghiên cứu trước đây về đất nện, theo đó đất nện có cường độ ép chẻ bằng khoảng 10-20% cường độ chịu nén [15-17].

3.3. Độ hút nước

Kết quả thí nghiệm độ hút nước của các mẫu đất nện A và B được trình bày ở hình 17.

Có thể thấy độ hút nước của các cấp phối đất nện có xu hướng giảm khi tăng hàm lượng xi măng. Khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% lên 6% thì độ hút nước của đất nện A giảm từ 13,8% xuống còn 13,0%. Khi tăng hàm lượng xi măng từ 6% lên 8% thì độ hút nước của đất nện A giảm từ 13,0% xuống 10,9%. Đối với đất nện B, độ hút nước giảm từ 12,4% xuống còn 10,9% và 9,5% khi hàm lượng xi măng tăng từ 4% lên 6% và 8%.



Hình 17. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng đến độ hút nước của đất nện A và đất nện B.

Xi măng đóng vai trò là chất kết dính, giúp liên kết các hạt trong đất, làm cấu trúc của đất nện trở nên đặc chắc hơn, giảm độ rỗng bề mặt của mẫu đất nện. Do đó, không gian trống để nước có thể thẩm thấu từ bên ngoài vào bên trong cũng giảm xuống, vì vậy làm giảm khả năng hút nước của đất nện.

Mặt khác, các kết quả thí nghiệm cho thấy với cùng một hàm lượng xi măng sử dụng thì độ hút nước của mẫu đất nện A có xu hướng cao hơn đất nện B. Mức độ chênh lệch về độ hút nước của 2 loại đất nện này là khoảng 1,5-2%.

Đất B chứa nhiều thành phần hạt mịn (bụi, sét có kích thước dưới 0,06 mm) hơn đất A, qua đó làm cho cấu trúc bên trong của đất nện B đặc chắc hơn, ít lỗ rỗng hơn và bề mặt mẫu cũng nhẵn mịn hơn so với đất nện A. Với cấu trúc đặc chắc hơn và ít lỗ rỗng trên bề mặt hơn, đất nện

B có ít không gian để nước có thể thẩm thấu vào bên trong hơn so với đất nện A, bởi vậy độ hút nước của mẫu đất nện B thấp hơn đất nện A. Độ hút nước là một chỉ tiêu kỹ thuật liên quan đến độ bền nước của đất nện. Bởi vậy kết quả thu được đã cho thấy hiệu quả của xi măng trong việc làm tăng tính bền nước của vật liệu đất nện.

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả thu được trong nghiên cứu này, một số kết luận và kiến nghị được rút ra như sau:

- Khi gia cố bằng xi măng Poóc lăng hỗn hợp PCB30 với hàm lượng từ 4-8%, tương ứng khoảng 70-150 kg/m³ hỗn hợp đất nện, cường độ chịu nén của 2 loại đất nện dao động trong khoảng 1,6-3,6 MPa, cường độ ép chẻ dao động trong khoảng 0,21-0,57 MPa. Cường độ ép chẻ bằng khoảng 15% cường độ chịu nén.

- Hàm lượng xi măng ảnh hưởng rõ rệt đến các đặc tính cơ lý của đất nện bao gồm cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ và độ hút nước. Khi tăng hàm lượng xi măng thì các tính năng cơ học của đất nện được cải thiện và độ hút nước giảm xuống.

- Sự khác nhau về thành phần hạt và thành phần khoáng vật của 2 loại đất là một trong những yếu tố ảnh hưởng đáng kể đến các đặc tính cơ lý của đất nện. Cường độ chịu nén và cường độ ép chẻ của đất nện B cao hơn khoảng 10-30% so với đất nện A; Mức chênh lệch về cường độ của 2 loại đất nện này là rõ rệt nhất khi gia cố xi măng với hàm lượng thấp (4%) và giảm dần khi tăng hàm lượng xi măng lên 6% và 8%.

- Để đánh giá đầy đủ về ảnh hưởng của loại đất đến các tính chất cơ lý của đất nện, cần tiến hành nghiên cứu thêm một số loại đất khác, từ đó đưa ra các khuyến cáo về loại đất phù hợp cho việc chế tạo các loại đất nện.

- Việc triển khai thi công thử nghiệm đất nện ở ngoài hiện trường là rất cần thiết để hoàn thiện công nghệ chế tạo và đánh giá đầy đủ hơn các tính năng của đất nện trong điều kiện tự nhiên ở Việt Nam.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài mã số B2021-GHA-10.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Q.B. Bui, Stabilité des structures en pisé: Durabilité, caractéristiques mécaniques, PhD Thesis, INSA de Lyon, France, 2008.
- [2]. S. Burroughs, Soil property criteria for rammed earth stabilization, *J. Materials Civil Engineering*, 20 (2008) 264–273. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2008\)20:3\(264\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2008)20:3(264))
- [3]. C. Costa, A. Cerqueira, F. Rocha, A. Velosa, The sustainability of adobe construction: past to future, *International Journal of Architectural Heritage*, 13 (2019) 639-647. <https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1459954>
- [4]. L. Miccoli, U. Muller, P. Fontana, Mechanical behaviour of earthen materials: A comparison between earth block masonry, rammed earth and cob, *Construction and Building Materials*, 61 (2014) 327-339. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.03.009>

- [5]. R.E. Nabouch, Mechanical behavior of rammed earth walls under Pushover tests, PhD Thesis, Université de Grenoble Alpes, France, 2016.
- [6]. P. 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>
- [7]. T.D. Nguyen, T.T. Bui, A. Limam, T.L Bui, Q. Bao. Bui, Evaluation of seismic performance of rammed earth building and improvement solutions, *Journal of Building Engineering*, 43 (2021) 103-113. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103113>
- [8]. T.D. Nguyen, T.T. Bui, A. Limam, A. Topa, Effect of openings on the behaviour of rammed earth structures under quasi-static loading, *Engineering Structures*, 281 (2023) 115759. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.115759>
- [9]. Đặng Văn Luyến, Nguyễn Quang Huy, Trần Mạnh Liễu, Nghiên cứu một số đặc trưng cơ lý đất dùng làm nhà trình tường tại khu vực Mèo Vạc, tỉnh Hà Giang, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, Tập 30, Số 4 (2014) 11-24.
- [10]. Bộ Xây dựng, TCVN 4198:2014 : Đất xây dựng – Phương pháp phân tích thành phần hạt trong phòng thí nghiệm, 2014.
- [11]. ASTM D1557-12, Standard Test Methods for Laboratory CoMPaction Characteristics of Soil Using Modified Effort, ASTM International, 2012.
- [12]. Bộ Xây dựng, TCVN 6260:2020 : Xi măng Poóc Lãng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật, 2020.
- [13]. Bộ Giao thông Vận tải, TCVN 8862:2011: Quy trình thí nghiệm Xác định cường độ kéo khi ép chẻ của vật liệu liên kết bằng chất kết dính, 2011.
- [14]. Bộ Giao thông Vận tải, TCVN 8858:2011 : Móng cấp phối đá dăm và cấp phối thiên nhiên gia cố xi măng trong kết cấu áo đường ô tô - Thi công và nghiệm thu, 2011.
- [15]. L. Miccoli, DV. Oliveira, RA. Silva, U. Müller, L. Schueremans, Static behaviour of rammed earth: experimental testing and finite element modelling, *Mater Struct*, 48 (2015) 3443–3456. <https://doi.org/10.1617/s11527-014-0411-7>
- [16]. F. Avila, E. Puertas, R. Gallego, Characterization of the mechanical and physical properties of unstabilized rammed earth: a review, *Constr Build Mater*, 270 (2021) 121435. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121435>
- [17]. H. Araki, J. Koseki, T. Sato, Tensile strength of coMPacted rammed earth materials, *Soils and Foundations*, 56 (2016) 189-204. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2016.02.003>