

# Nghiên cứu ảnh hưởng của khối lượng thể tích đến cường độ chịu nén đối với gạch đất - xi măng không nung dùng trong xây dựng nhà ở vùng miền núi phía Bắc

Study of the influence of density on the compressive strength in Compressed cement stabilized earth blocks (CCSEB) for housing construction in Northern mountainous regions

> ĐÀO NGỌC KHÁNH VY<sup>1</sup>, PGS.TS NGUYỄN TRUNG HIẾU<sup>2</sup>, PGS.TS ĐẶNG VŨ HIỆP<sup>3</sup>  
TS NGUYỄN CÔNG THẮNG<sup>4</sup>, GS.TS NGUYỄN VĂN TUẤN<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; Email: vydnk@hau.edu.vn,

<sup>2</sup>Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; Email: hieunt@huce.edu.vn

<sup>3</sup>Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; Email: hiepdv@hau.edu.vn

<sup>4</sup>Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; Email: thangnc@huce.edu.vn

<sup>5</sup>Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; Email: tuannv@huce.edu.vn

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của khối lượng thể tích đến cường độ chịu nén của gạch đất - xi măng không nung (Compressed cement stabilized earth blocks - CCSEB). Kết quả cho thấy, việc tăng hàm lượng xi măng (HLXM) và khối lượng thể tích (KLTT) giúp cải thiện đáng kể cường độ chịu nén (CĐCN) và giảm độ hút nước. Khi KLTT tích vượt  $1.700 \text{ kg/m}^3$ , cường độ chịu nén đạt trên  $3,5 \text{ MPa}$  ở trạng thái khô và  $1,0 \text{ MPa}$  ở trạng thái bão hòa, đáp ứng yêu cầu xây dựng tường nhà một tầng tại vùng núi, đồng thời nâng cao độ bền và khả năng chịu thời tiết. KLTT có ảnh hưởng quan trọng đến cấu trúc gạch. Mẫu có KLTT cao hơn thì thường đặc chắc hơn, giảm lỗ rỗng và tăng khả năng chịu lực. Với cùng một HLXM, gạch có khối lượng thể tích lớn hơn luôn đạt CĐCN cao hơn, chứng minh vai trò quan trọng của việc tối ưu hóa khối lượng thể tích trong sản xuất gạch. Việc xây dựng nhà ở vùng núi gặp nhiều khó khăn do chi phí nhân công, vật liệu và vận chuyển cao. Sử dụng gạch đất - xi măng không nung là giải pháp phù hợp, tận dụng nguồn nguyên liệu địa phương, giảm chi phí xây dựng, đồng thời góp phần xóa nhà tạm, cải thiện điều kiện sống cho người dân, hướng đến mô hình xây dựng bền vững và thân thiện với môi trường.

**Từ khóa:** Gạch đất - xi măng không nung; khối lượng thể tích; cường độ chịu nén; hàm lượng xi măng.

## ABSTRACT

This paper presents experimental results on the influence of density on compressive strength in Compressed Cement Stabilized Earth Blocks (CCSEB). The findings indicate that compressive strength is considerably improved, and water absorption is reduced simultaneously by either an increase in cement content or density. As the density is more than  $1700 \text{ kg/m}^3$ , the compressive strength is more than  $3.5 \text{ MPa}$  in dry and  $1.0 \text{ MPa}$  in saturated states, thereby meeting the structural demands for one-story walls in mountainous areas and enhancing durability and weather resistance. Density is a fundamental parameter governing block structural integrity. Higher-density samples tend to be more compact, less porous, and more able to sustain loads. With constant cement content, the higher the density in blocks, the greater their compressive strength will be, suggesting the necessity of optimizing the density in manufacturing. Construction of houses in mountainous regions is very challenging because of the high cost of labor, materials, and transportation. The use of CCSEB offers a good solution, as it uses locally sourced materials to make construction more affordable while helping to eradicate poor housing and upgrade the living standards of poor communities. It is also in line with sustainable and green construction.

**Keywords:** Compressed cement stabilized earth bloc; density; compressive strength; cement content.

## 1. GIỚI THIỆU

Đất là một vật liệu tự nhiên, thân thiện với môi trường, có trữ lượng dồi dào và đã được con người sử dụng rộng rãi từ xa xưa. Tại Việt Nam, đặc biệt là ở khu vực miền núi phía Bắc, đồng bào thiểu số nổi tiếng với những ngôi nhà trình tường, trong đó tường đất nện được xây dựng bằng cách sử dụng đất sét địa phương, đóng khuôn gỗ và nện chặt thủ công để tạo độ liên kết. Tuy nhiên đất sét đặc tính trương nở và co ngót cao, rất nhạy cảm với những thay đổi của môi trường [5]. Khi tiếp xúc với điều kiện thời tiết khô - ẩm luân phiên, tường đất nện có thể bị phồng rộp, nứt nẻ và bị hư hỏng nghiêm trọng.

Vật liệu đất tồn tại một số nhược điểm như giảm độ bền khi bão hòa nước, dễ xói mòn do gió hoặc mưa và tính ổn định kém [5]. Những hạn chế này có thể được khắc phục đáng kể bằng cách bổ sung chất ổn định, trong đó xi măng Portland là một lựa chọn phổ biến nhờ tính sẵn và hiệu quả gia cố cao [4, 9]. Gạch xi măng đất không nung (Compressed cement stabilized earth block - CCSEB) là loại vật liệu xây dựng được sản xuất bằng cách trộn đất với xi măng và nước, sau đó ép định hình và tự đóng rắn mà không cần trải qua quá trình nung ở nhiệt độ cao. Nhờ vào khả năng tận dụng nguồn nguyên liệu địa phương, giảm thiểu khí thải và chi phí sản xuất thấp, loại gạch này đang trở thành một giải pháp tiềm năng cho xây dựng bền vững, đặc biệt tại khu vực miền núi - nơi có điều kiện kinh tế khó khăn cùng với điều kiện vận chuyển vật liệu xây dựng nhiều trở ngại.

ĐCNN là một chỉ tiêu quan trọng phản ánh khả năng chịu lực của gạch. Các nghiên cứu trước đây thường chủ yếu tập trung vào ảnh hưởng của HLXM, tỷ lệ nước, độ ẩm đến cường độ. Tuy nhiên, một yếu tố quan trọng khác quyết định trực tiếp đến ĐCNN là KLTT của gạch hay còn được thể hiện qua độ chặt. Khi KLTT tăng, cấu trúc gạch trở nên đặc chắc hơn, từ đó tăng khả năng chịu lực. Mối quan hệ tương quan này đã được kiểm chứng thông qua dữ liệu thử nghiệm trong 30 năm qua [3] và ở Ấn Độ ĐCNN được kiểm soát thông qua KLTT [8].

Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá mối quan hệ giữa KLTT và ĐCNN của gạch, đồng thời xem xét sự tương tác của yếu tố này với HLXM cũng như đề xuất cấp phối tối ưu. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần tối ưu hóa quá trình sản xuất gạch CCSEB nhằm nâng cao chất lượng, đồng thời đảm bảo tính kinh tế và bền vững trong xây dựng.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

### 2.1 Vật liệu sử dụng

#### 2.1.1 Đất

Nguyên liệu đất được sử dụng là đất á sét màu xám vàng, nâu vàng có nguồn gốc ở xã Tân Minh huyện Đà Bắc tỉnh Hòa Bình. Đất là loại đất đồi không có khả năng canh tác. Mẫu đất được hong khô, đánh to, sàng có kích thước <5mm

Bảng 2: Tính chất cơ lý của xi măng PCB30 Nam Sơn

Tính chất	Đơn vị	Kết quả thử	Quy phạm	Phương pháp thử
Độ mịn				TCVN 4030:2003
- Lượng sót sàng 0,09mm	%	2,8	≤ 10	
- Độ mịn Blaine	cm <sup>2</sup> /g	3020	≥ 2800	
Độ dẻo tiêu chuẩn	%	29,5	-	TCVN 6017:2015
Độ ổn định thể tích	mm	1,1	≤ 10	TCVN 6017:2015
Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	3,05	-	TCVN 4030:2003
Thời gian đông kết				
- Bắt đầu	Phút	95	≥ 45	TCVN 6017:2015
- Kết thúc	Phút	360	≤ 420	
Giới hạn bền nén				
- Sau 3 ngày	MPa	17,5	≥ 16,0	TCVN 6016:2011
- Sau 28 ngày	MPa	34,6	≥ 30,0	

Các thí nghiệm liên quan đến vật liệu đất:

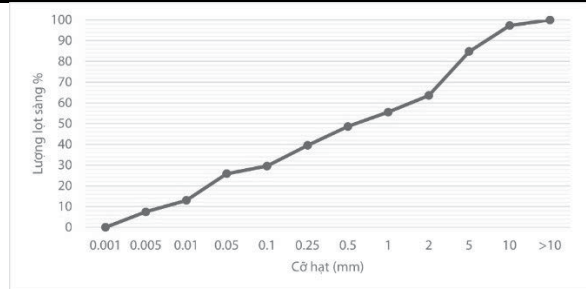
- Thí nghiệm xác định thành phần hạt của đất theo tiêu chuẩn TCVN 4198 : 2014 “Đất xây dựng - Phương pháp phân tích thành phần hạt trong phòng thí nghiệm”.

- Thí nghiệm xác định độ ẩm tự nhiên của đất theo 22TCN 333-2006

- Thí nghiệm xác định độ chặt tiêu chuẩn của đất theo TCVN 4201: 2012 “đất xây dựng

Bảng 1: Tính chất của đất chế tạo

STT	Đặc tính	Giá trị
1	Phân loại đất	Đất á sét xám vàng, nâu vàng
2	Giới hạn	
	Giới hạn dẻo(%)	33,48
	Giới hạn chảy(%)	73,66
3	Độ chặt tiêu chuẩn	
	Khối lượng thể tích khô lớn nhất (kg/m <sup>3</sup> )	1884
	Độ ẩm tốt nhất (%)	11,1
4	Kích thước hạt (%)	
	Sỏi (>2000μm)	36,45
	Cát (50-2000μm)	37,73
	Bụi (5-50μm)	18,33
	Sét (<5μm)	7,5



Hình 1. Thành phần hạt của đất chế tạo

Theo Rigassi[9], thành phần đất phù hợp để sản xuất gạch CCSEB bao gồm: 0-40% sỏi, 25-80% cát và 6-30% sét. Chỉ số dẻo lý tưởng đối của đất dao động trong khoảng 5-15, giúp đảm bảo khả năng kết dính khi sử dụng xi măng là chất gia cố. Kết quả thí nghiệm đất cho thấy loại đất sử dụng trong nghiên cứu có thành phần gồm: 36,45% sỏi; 37,72% cát và 7,5% sét. Do đó, để tăng độ ổn định và đảm bảo kết dính, cần bổ sung xi măng làm chất gia cố.

#### 2.1.2 Xi măng

Sử dụng Xi măng PCB30 Nam Sơn tại địa phương. Chất lượng xi măng sử dụng phải đáp ứng được các quy định tiêu chuẩn TCVN 2682:2009 “Xi măng Portland- Yêu cầu kỹ thuật”

2.1.3 Nước:

Nước sử dụng trong đề tài thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4506 : 2012 đối với nước trộn vữa và bê tông

2.2 Cấp phối

9 cấp phối để chế tạo mẫu được thiết kế căn cứ vào:

- HLXM chọn từ 8,12,15% (trọng lượng khô của đất), đảm bảo cải thiện tính chất của đất [1,6].
- Độ ẩm tối ưu của đất xác định là 11.01%, nên lượng nước cố định lấy 11% (trọng lượng khô của đất).
- KLTT chọn 3 mức 1800, 2000, 2200 kg/m<sup>3</sup>, kiểm soát bằng cách cân đo chính xác vật liệu trước khi ép mẫu.

Bảng 3: Cấp phối thiết kế dùng trong thí nghiệm

Kí hiệu mẫu	Tỷ lệ thành phần vật liệu, % theo khối lượng			Tổng	XM /(Đất+XM)	Khối lượng vật liệu tính cho 1m <sup>3</sup> theo khối lượng thể tích, kg			KLTT, kg/m <sup>3</sup>
	Đất	XM	Nước			Đất	XM	Nước	
S8-1.8	82,9	7,2	9,9	100	8	1492	130	178	1800
S12-1.8	79,3	10,8	9,9	100	12	1427	195	178	1800
S15-1.8	76,6	13,5	9,9	100	15	1378	243	178	1800
S8-2.0	82,9	7,2	9,9	100	8	1658	144	198	2000
S12-2.0	79,3	10,8	9,9	100	12	1586	216	198	2000
S15-2.0	76,6	13,5	9,9	100	15	1532	270	198	2000
S8-2.2	82,9	7,2	9,9	100	8	1823	159	218	2200
S12-2.2	79,3	10,8	9,9	100	12	1744	238	218	2200
S15-2.2	76,6	13,5	9,9	100	15	1685	297	218	2200

- Các mẫu thí nghiệm được chế tạo bằng máy nén thủy lực với lực ép 10 MPa với kích thước 5x5x5 cm, bảo dưỡng điều kiện tự nhiên trong phòng thí nghiệm.

2.3 Chế tạo mẫu và chương trình thí nghiệm

Trước khi trộn, đất được đào lên, phơi khô dưới nắng, nghiền nhỏ và rây qua lưới 2.5 mm để loại bỏ tạp chất. Sau đó đất được trộn đều với xi măng và nước theo cấp phối thiết kế. Hỗn hợp đất - xi măng được nén chặt bằng máy ép thủy lực với lực ép 10MPa.

Mẫu thí nghiệm hình lập phương (50x50x50 mm) được bảo dưỡng tự nhiên trong phòng thí nghiệm đến thời điểm thí nghiệm.



Chế tạo mẫu



Mẫu 50x50x50 mm



Ngâm mẫu bảo hòa



Thí nghiệm nén

Hình 2. Chế tạo mẫu và Thí nghiệm nén

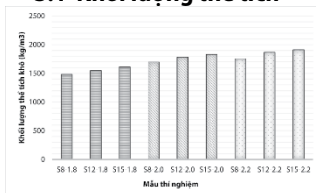
Số lượng mẫu và các thí nghiệm các đặc trưng cơ lý được thực hiện (Bảng 4)

Bảng 4. Số lượng mẫu và các thí nghiệm được thực hiện

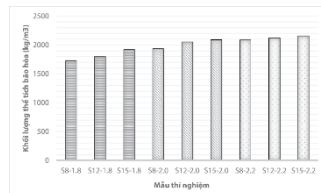
Hàm lượng xi măng	Khối lượng thể tích	Số lượng mẫu	Thí nghiệm	Tiêu chuẩn
8%	1800,2000,2200 kg/m <sup>3</sup>	3	Cường độ chịu nén khô 28 ngày	TCVN 6355-2:2009
12%		3	Cường độ chịu nén bảo hòa 28 ngày	TCVN 6355-2:2009
15%		3	Khối lượng thể tích 28 ngày	TCVN 6355-5:2009

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Khối lượng thể tích



a)



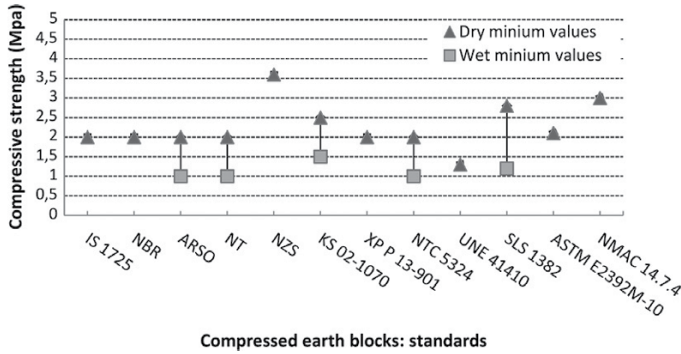
b)

Hình 3. Khối lượng thể tích thực tế ở 28 ngày tuổi ở trạng thái a) khô và b) bảo hòa nước

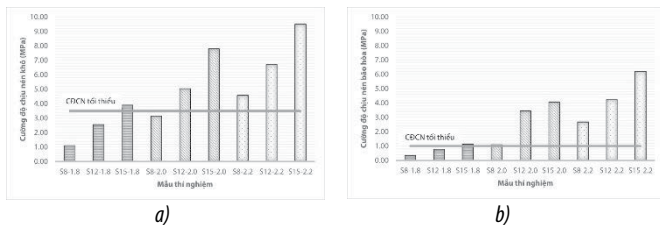
Ghi chú: 8-12-15: tương ứng với HLXM 8-12-15%, 1.8-2.0-2.2: tương ứng với KLTT thiết kế 1800-2000-2200 kg/m<sup>3</sup>.

Kết quả cho thấy, các mẫu thí nghiệm ở trạng thái khô KLTT đều không đáp ứng thiết kế đề ra do tải trọng ép được lựa chọn chưa hợp lý, dẫn đến độ lún chặt của hỗn hợp không đạt mức tối ưu. Tuy nhiên xu hướng chung ở hai trạng thái khô và bảo hòa nước cho thấy KLTT tăng khi HLXM tăng từ 8% lên 15% và khi KLTT thiết kế tăng từ 1800 kg/m<sup>3</sup> lên 2200 kg/m<sup>3</sup>. Ở trạng thái khô, KLTT dao động từ khoảng 1500 kg/m<sup>3</sup> đến hơn 1900 kg/m<sup>3</sup>. Khi bảo hòa nước, KLTT tăng do sự hấp thụ nước của mẫu, nhưng mức tăng này có xu hướng giảm khi HLXM cao hơn, phản ánh khả năng chống hút nước tốt hơn. Ở mẫu có KLTT thiết kế 2000-2200 kg/m<sup>3</sup> có KLTT thực tế cao hơn và ít chênh lệch giữa hai trạng thái khô và bảo hòa nước so với nhóm 1800kg/m<sup>3</sup>. Điều này cho thấy mẫu thí nghiệm có độ đặc chắc cao hơn sẽ ít hấp thụ nước hơn. Nhìn chung, sự gia tăng HLXM và độ lún chặt giúp cải thiện độ đặc chắc và khả năng chống hút nước của mẫu.

### 3.2 Cường độ chịu nén



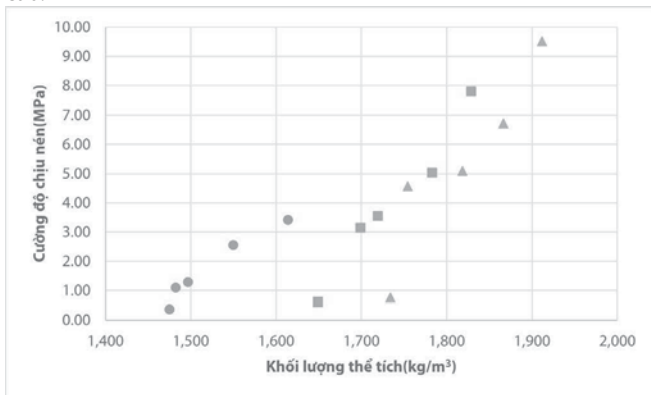
Hình 4. Giá trị tối thiểu của CĐCN, bão hòa (Mpa) theo các tiêu chuẩn khác nhau: IS 1725 (Ấn Độ), NBR (Brazil), ARSO (Châu Phi), NT (Tunisia), NZS (New Zealand), KS 02-1070 (Kenya), XP P13- 901 (Pháp), NTC 5324 (Colombia), UNE 41410 (Tây Ban Nha), SLS 1382 (Sri Lanka), ASTM E2392M-10 (Mỹ), NMAC 14-7-4 (New Mexico)[2]



Hình 5. CĐCN ở tuổi 28 ngày ở trạng thái a) khô và b) bão hòa nước

**Ghi chú:** 8-12-15: tương ứng với HLXM 8-12-15%, 1.8-2.0-2.2: tương ứng với KLTT thiết kế 1800-2000-2200 kg/m<sup>3</sup>

Hình 4 thể hiện tiêu chuẩn quốc tế về CĐCN tối thiểu của gạch ở 2 trạng thái khô và bão hòa nước. Hầu hết các tiêu chuẩn yêu cầu CĐCN khô tối thiểu từ 2.0-3.5 MPa, trong khi CĐCN bão hòa tối thiểu từ 1.0-1.5 MPa. Dựa vào tiêu chuẩn trên, lựa chọn CĐCN tối thiểu 3.5 MPa ở trạng thái khô và 1.0 Mpa ở trạng thái bão hòa cho nghiên cứu này đảm bảo CCSEB đạt chất lượng vừa đủ để sử dụng trong xây dựng, đồng thời phù hợp với điều kiện môi trường khi gặp độ ẩm cao.



Hình 6. Quan hệ giữa CĐCN và KLTT ở trạng thái khô ở tuổi 28 ngày

Hình 5 thể hiện CĐCN của mẫu CCSEB trong nghiên cứu ở 2 trạng thái khô và bão hòa nước. Khi xét các mẫu có cùng HLXM nhưng ở các mức KLTT khác nhau, có thể thấy rằng mẫu có KLTT cao hơn sẽ giúp tăng CĐCN. Mẫu có cùng HLXM 12%, CĐCN tăng từ 2.55-5.05-6.72 MPa theo từng mức KLTT thiết kế và có KLTT thực là 1550-1783-1866 kg/m<sup>3</sup>. Xu hướng này cũng xuất hiện ở các nhóm HLXM là 8% và 15%. Điều này chứng minh rằng KLTT phản ánh mức độ đặc chắc của vật liệu, khi KLTT cao hơn, sự liên kết giữa các hạt tốt hơn, từ đó giúp tăng khả năng chịu lực của gạch. CĐCN cao nhất

đạt 9.52 MPa khi KLTT thực đạt trên 1900 kg/m<sup>3</sup> với HLXM 15%. Ở điều kiện khô, khi HLXM trên 8% và KLTT trên 1700 kg/m<sup>3</sup> thì CĐCN đạt trên 3,5 MPa. Ở trạng thái bão hòa, CĐCN đạt xấp xỉ bằng 50% so với trạng thái khô và ở các mẫu có KLTT trên 1700 kg/m<sup>3</sup> và HLXM 8% đạt CĐCN tối thiểu 1.0 Mpa. Khi xét ở cùng mức KLTT thiết kế, mẫu có HLXM cao hơn thường có CĐCN cao hơn, khi HLXM tăng từ 8% lên 15% thì CĐCN cũng có xu thế cao hơn trong như cùng mức KLTT thiết kế 2000 kg/m<sup>3</sup>. CĐCN tăng từ 3.15-5.04-7.8 MPa ứng với HLXM 8-12-15% và có KLTT thực lần lượt là 1614-1699-1783 kg/m<sup>3</sup>. Điều này có thể giải thích do khi HLXM tăng, CĐCN của mẫu cũng tăng do các sản phẩm thủy hóa C-S-H tạo liên kết bền vững, làm tăng độ đặc chắc [7]. Đồng thời, xi măng nhiều hơn giúp hỗn hợp lèn chặt hơn, làm tăng KLTT và cường độ của mẫu, thể hiện rõ trong mối quan hệ KLTT và CĐCN ở Hình 6.

### 4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu thực nghiệm về một số tính chất của Gạch đất xi măng không nung với hàm lượng khác nhau từ 8-12-15%, và 3 mức KLTT thiết kế 1800-2000-2200 kg/m<sup>3</sup> một số kết luận có thể rút ra như sau :

- Khi tăng KLTT, CĐCN của mẫu cũng tăng. Điều này là do mẫu có KLTT cao hơn thường có cấu trúc đặc chắc hơn, giảm lỗ rỗng bên trong và tăng khả năng chịu lực.

- Với cùng một lượng HLXM, mẫu có KLTT cao hơn luôn có CĐCN lớn hơn. Điều này thể hiện rõ trong các nhóm mẫu có cùng HLXM nhưng khác KLTT, cho thấy mức độ lèn chặt của vật liệu đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao cường độ

- Ở cả hai trạng thái, mẫu có KLTT cao hơn đều đạt CĐCN lớn hơn. Tuy nhiên, khi bão hòa nước, mức giảm cường độ cũng phụ thuộc vào KLTT do nước làm suy yếu liên kết trong vật liệu có lỗ rỗng lớn hơn

- Ở trạng thái khô, khi hàm lượng xi măng trên 8% và có KLTT trên 1700 kg/m<sup>3</sup>, CĐCN của mẫu đạt trên 3.5 Mpa và trên 1.0 Mpa khi ở trạng thái bão hòa nước. Cường độ nén của mẫu cao nhất là 9.52 Mpa khi KLTT đạt trên 1900 kg/m<sup>3</sup>.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bailly GC, El Mendili Y, Konin A, Khoury EJE. "Advancing Earth-Based Construction: A Comprehensive Review of Stabilization and Reinforcement Techniques for Adobe and Compressed Earth Blocks". 2024;5(2):750-83.
- [2]. Cid-Falceto J, Mazarrón FR, Cañas JJ. "Assessment of compressed earth blocks made in Spain: International durability tests". Construction Building Materials. 2012;37:738-45.
- [3]. Guillaud H, Doat P, Houben H, Odul P, Joffroy TJC, Villefontaine, France. *Compressed Earth Blocks: Volume II: Manual of Design and Construction*. 1995.
- [4]. Meukam PJ. "Valorisation des briques de terre stabilisées en vue de l'isolation thermique de bâtiments". Université de Yaoundé I. 2004;5:10-00.
- [5]. Narasihma R, Penchalaiah B, Chitranjan M, Ramesh PJ. "Compressibility behaviour of black cotton soil admixed with lime and rice-husk ash". International Journal of innovative Research in science, engineering technology. 2014;3(4):11473-80.
- [6]. Nguyễn Trung Hiếu, Nguyễn Văn Tuấn. "Đề tài RD 49-22 " Nghiên cứu giải pháp và công nghệ xây dựng nhà ở cho đồng bào dân tộc vùng núi phía Bắc sử dụng các vật liệu tại chỗ"". Đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp Bộ. 2023.
- [7]. Nshimiyimana P. Effect of the type of clay earthen materials and substitution materials on the physico-mechanical properties and durability of compressed earth blocks: Liège University; 2020.
- [8]. Reddy VJ. "Characteristics of stabilized mud blocks using ash-modified soils". Indian Concrete Journal. 2003;77(2):903-11.
- [9]. Rigassi VJN. *Compressed earth blocks: Manual of production*. 1985.