

THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ QUÁ TRÌNH CACBONAT HOÁ CƯỜNG BỨC VẬT LIỆU BÊ-TÔNG CỐT THỰC VẬT

ThS. NGUYỄN NGỌC TRÍ HUỲNH, KS. TRẦN ANH TÚ, TS. NGUYỄN KHÁNH SƠN
Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh (HCMUT)

Tóm tắt: Có thể nhận thấy tiềm năng của việc sử dụng phế phẩm nông nghiệp trong chế tạo các loại vật liệu nhẹ không chịu tải, khai thác các biểu hiện tính chất cách âm, cách nhiệt. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng vỏ trấu làm thành phần cốt liệu kết hợp với nền kết dính là vôi tôi và meta cao-lanh để chế tạo sản phẩm bê-tông cốt thực vật. Dự kiến các khảo sát đánh giá trên mẫu bê-tông thực vật gồm: phân tích thành phần, vi cấu trúc cũng như đặc trưng cơ lý. Ngoài ra, thí nghiệm đánh giá tác động của việc bảo dưỡng mẫu trong môi trường cacbonat hóa cưỡng bức cũng được thiết kế và bố trí thực hiện. Kết quả thu được khi bảo dưỡng ở điều kiện nồng độ CO_2 4% rất khả quan khi xét đến các chỉ tiêu cơ lý, từ đó có thể dự đoán được hiệu quả sử dụng của loại bê-tông cốt thực vật vỏ trấu nếu được đưa vào thực tế.

Từ khóa: bê-tông thực vật, vỏ trấu, meta cao-lanh, cacbonat hoá

Abstract: Recent studies show the potential of using agricultural by-products as aggregates for lightweight concretes. This bio-based aggregate concrete or also called as agro-concrete can be used as non-load-bearing element in building with regards to performance of thermal and acoustic insulation. In this paper, rice husk aggregate was mixed with lime-based binder and metakaolin. Concrete samples were produced and performed component analysis, structural analysis and mechanical resistance. In addition, we investigated the effect of the carbonation reaction on the global properties of the sample by using an designed accelerated carbonation testing chamber. The level of carbonation reaction in the carbonation test chamber controls the initial concentration of CO_2 (4%) show significant improvement of compressive strength at early age. From this, we could envisage some perspective of practical production of this type of concrete.

Keywords: bio-based aggregate concrete, agro-concrete, rice husk, metakaolin, carbonation

1. Tổng quan

Có thể nói ý tưởng sử dụng thực vật làm cốt liệu cho bê-tông đã được các nhà khoa học quan tâm từ rất sớm. Phần nhiều các công bố khoa học đã tập trung khai thác đặc điểm thổ nhưỡng, cây trồng,

nguyên liệu thực vật cũng như mục đích sử dụng tùy thuộc đặc điểm khí hậu theo khu vực địa lý ở các nước trên thế giới. Điển hình như ở Pháp và một số nước châu Âu, bã gai dầu (hemp shives) đang được sử dụng chế tạo bê-tông nhẹ làm vách cách nhiệt bảo ôn cho công trình [1]. Hoặc như ở Mã-Lai thuộc khu vực Đông Nam Á, vốn nổi tiếng sản xuất dầu cọ và dừa, phế thải dạng hạt và sợi cũng được sử dụng làm cốt liệu cho bê-tông xi-măng hay bê-tông xi-măng vôi [2]. Cốt liệu thực vật có một ưu điểm hiếm có là tính tự nhiên và không phát thải thậm chí phát thải âm khí gây hiệu ứng nhà kính do đặc điểm sinh trưởng của thực vật là hút khí CO_2 và thải ra khí O_2 . Do đó khi kết hợp cốt thực vật với vật liệu kết dính từ vôi cũng là thành phần nhìn chung có tính không phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính nhờ chu trình kín khử cacbonat – cacbonat hoá của vôi có thể xem là đáp ứng rất tốt với tiêu chí vật liệu xây dựng thân thiện với môi trường phù hợp mục tiêu phát triển xây dựng bền vững hiện nay. Hơn nữa, ngoài đặc điểm cách nhiệt, cách âm tốt, một ưu điểm nữa của vật liệu bê-tông cốt thực vật khi sử dụng trong vách tường công trình xây dựng là đặc điểm vi khí hậu, đó là khả năng có thể hút – xả ẩm, lọc sạch không khí góp phần điều hoà, kiểm soát nhiệt độ và độ ẩm tạo sự thoải mái cho người sử dụng công trình [3–6]. Khả năng tiến hành phản ứng cacbonat hoá để liên tục phát triển cường độ theo thời gian cũng phù hợp với phương thức hấp thụ cacbon (CO_2 sequestration) của nền sản xuất đi kèm mục tiêu không phát thải hiện nay.

Ở Việt Nam, chúng ta cũng có một nền nông nghiệp lâu đời và phát triển phong phú. Khai thác nguồn phế phẩm nông nghiệp lớn này làm cốt liệu thực vật cũng đã được các nhà nghiên cứu quan tâm như công bố của [7]. Tuy nhiên do ưu tiên sử dụng xi-măng làm thành phần kết dính nên hạn chế của những nghiên cứu này vẫn là tính nhẹ và phần nào chưa phù hợp sử dụng làm vật liệu vách. Gần đây, nhóm nghiên cứu chúng tôi đã tiếp cận cách thức nghiên cứu vật liệu bê-tông cốt thực vật sử

dụng vôi làm chất kết dính chính theo như xu hướng của thế giới để sản xuất một vật liệu thực sự “xanh” và không gây phát thải. Gần đây, công bố nghiên cứu [8] của chúng tôi tập trung vào khảo sát hệ vỏ trấu vôi và các đặc trưng cơ lý của vật liệu theo dõi theo thời gian trải qua quá trình cacbonat hoá tự nhiên. Kết quả đo giá trị hệ số dẫn nhiệt xấp xỉ 0,27 W/m.K của mẫu bê-tông vỏ trấu ứng với giá trị khối lượng thể tích từ 800-900kg/m³. Đây là cơ sở để khai thác tính cách nhiệt và cách âm của vật liệu này như cách thức ứng dụng loại bê-tông gai dầu trên thế giới. Tuy nhiên, ngoài ưu điểm về tính dẻo để tạo hình kiểu đầm lèn thì dùng vôi làm thành phần kết dính chính, chúng tôi còn gặp hạn chế về tính co khô khi tháo khuôn bảo dưỡng, dễ gây biến dạng, cong vênh mẫu. Ngoài ra quá trình phát triển độ bền chịu nén của mẫu bê-tông thực vật còn chậm do đặc điểm phản ứng cacbonat hoá rất chậm, điều này cũng ảnh hưởng đến khả năng tạo hình sản phẩm.

Trong nghiên cứu lần này, chúng tôi sẽ trình bày khắc phục hai hạn chế trên đây đối với sản phẩm bê-tông thực vật vỏ trấu. Theo đó meta cao-lanh

được chúng tôi dự kiến sử dụng làm thành phần phụ gia khoáng hoạt tính puzolanic khi kết hợp với vôi ở giai đoạn sau khi tạo hình trong khuôn. Ngoài ra, hệ thống thí nghiệm buồng cacbonat hoá cưỡng bức (nồng độ %CO₂, độ ẩm) cũng được thiết kế chế tạo nhằm kích thích quá trình bảo dưỡng cacbonat hoá tạo cường độ chịu lực cho sản phẩm. Các kết quả khảo sát thành phần, tính chất cơ lý của mẫu bê-tông thực vật vỏ trấu trong hai trường hợp: mẫu đối chứng với chất kết dính vôi và bảo dưỡng không khí và mẫu cải tiến với chất kết dính vôi-meta cao-lanh và bảo dưỡng buồng cacbonat hoá cưỡng bức sẽ được đối sánh và nhận xét.

2. Thành phần nguyên liệu và chế tạo mẫu bê - tông cốt thực vật

Các nguyên liệu sau được sử dụng: vôi tôi từ Công ty TNHH Nhật Mỹ Phát, meta cao-lanh nghiền mịn từ cao-lanh Lâm Đồng, vỏ trấu khô.

Trên cơ sở tiếp nối nghiên cứu trước đây, chúng tôi đề xuất sử dụng cấp phối thành phần nguyên liệu như sau (bảng 1) để khảo sát chế tạo mẫu bê-tông thực vật.

Bảng 1. Cấp phối mẫu bê-tông thực vật, tính cho 1m³ bê-tông

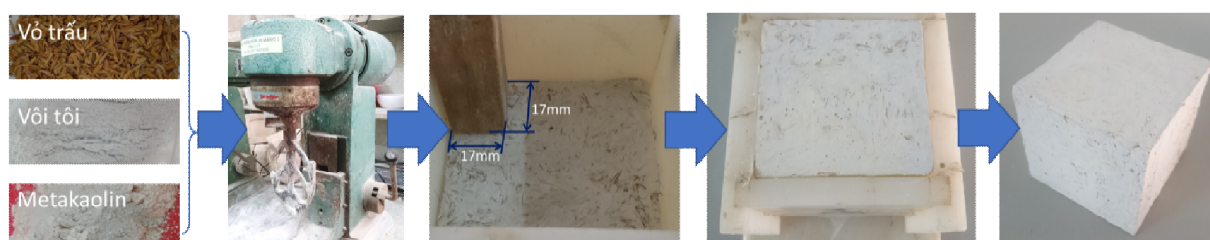
Vôi (kg)	Meta cao-lanh (kg)	Trấu* (kg)	N/KD**
975	418	209	0,7

**Lượng N/KD được tính bằng nước/tổng lượng chất kết dính vôi và meta cao-lanh.

Việc lựa chọn cốt liệu vỏ trấu bên cạnh các ưu thế về khối lượng lớn, dễ kiếm và dễ nhào trộn, còn nhiều lý do khác, trong đó có phần của vỏ trấu. Vỏ trấu có hàm lượng xen-lu-lô-zơ cao, đây là thành phần bền kiềm.

Thông thường, bê-tông thực vật có thể được sử dụng ở hai dạng tạo hình thành viên khối hoặc để dạng vữa phun điền đầy vào cốt pha vách. Ở thí nghiệm này, chúng tôi chọn cách tạo hình đúc mẫu bê-tông cốt thực vật trong khuôn lập phương

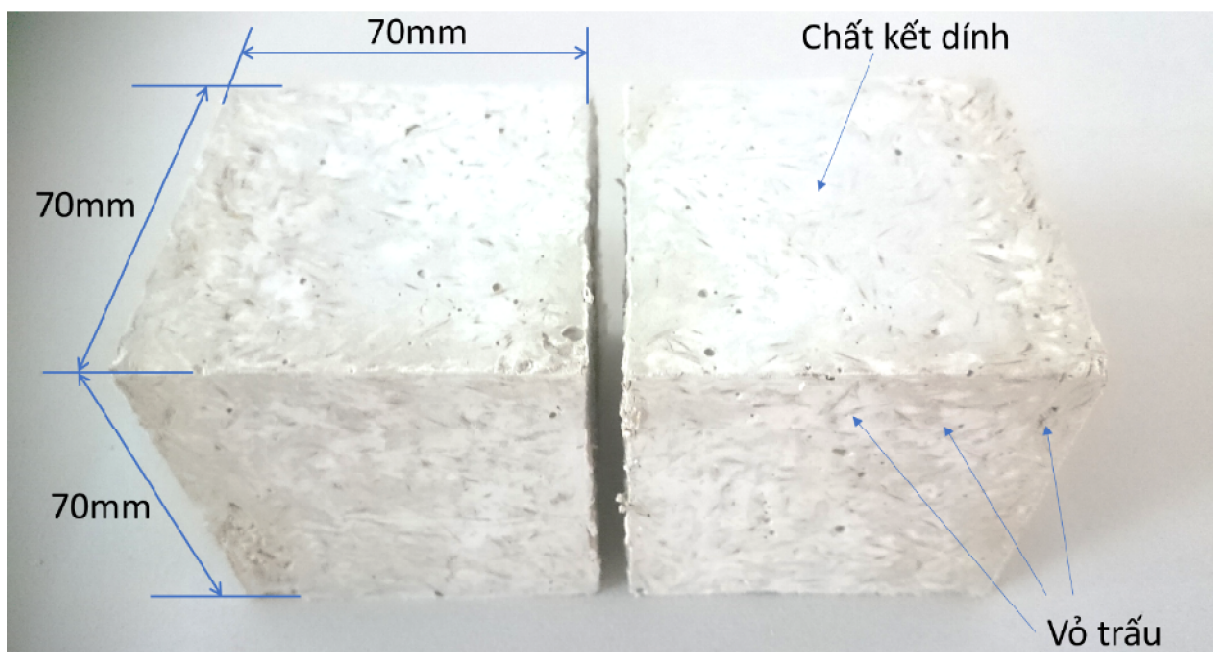
70x70x70mm. Quy trình chế tạo mẫu bê-tông cốt thực vật được tiến hành theo các bước mô tả trong sơ đồ hình 1. Theo đó, để thuận lợi cho quá trình trộn đều hỗn hợp cấp phối trong cối, cốt liệu vỏ trấu được cho ngâm nước trước sau đó vớt ra để trong không khí cho ráo bề mặt rồi mới tiến hành trộn cối. Sau khi nhào trộn đều ở tốc độ cao trong cối hành tinh, lần lượt cho hỗn hợp vào khuôn theo từng lớp 20mm, và được đầm bằng chày gỗ tiết diện 17x17mm. Quá trình đổ từng lớp được thực hiện như vậy cho đến khi đầy khuôn và mẫu được làm bằng mặt.



Hình 1. Quy trình chế tạo các mẫu bê-tông cốt thực vật

Sau khi tạo hình xong, mẫu được tiếp tục lưu trong khuôn trong vòng 1 ngày, để nơi không khí tĩnh không có gió nhằm hạn chế mất nước nhanh trên bề mặt gây nứt. Sau đó cẩn thận tháo khuôn 3 mặt và tiếp tục để yên bảo dưỡng không di chuyển

mẫu nhằm hạn chế mẫu bị biến dạng. Các mẫu sau 1 tuần được kí hiệu, phân thành hai nhóm, một nhóm bảo dưỡng tự nhiên trong không khí (mẫu đối chứng) và một nhóm trong buồng cacbonat hóa cưỡng bức (mẫu cải tiến).

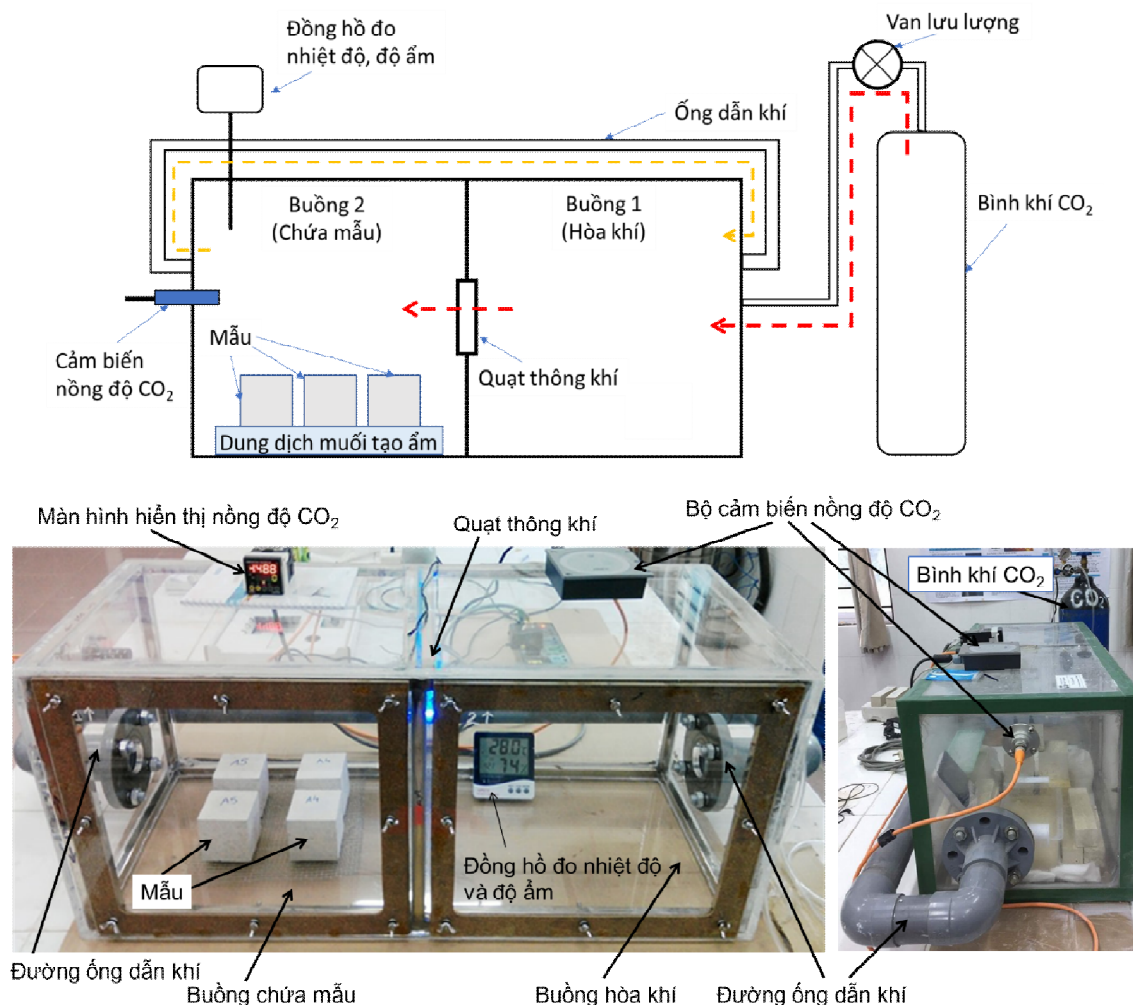


Hình 2. Các mẫu bê-tông cốt thực vật bảo dưỡng trong môi trường không khí

Các mẫu bê-tông cốt thực vật sau khi tháo khuôn ít bị biến dạng, nứt vỡ ở các cạnh và góc (hình 2). Có thể thấy vai trò của meta cao-lanh bổ sung trong thành phần chất kết dính tạo cường độ sớm đảm bảo khả năng tạo hình đúc khuôn mẫu bê-tông thực vật. Đây là

điểm chúng tôi khắc phục được hạn chế về khả năng tạo hình của nghiên cứu công bố trước đây [8] khi chỉ sử dụng vôi làm chất kết dính chính.

3. Thiết kế và chế tạo buồng bảo dưỡng mẫu trong điều kiện cacbonat hoá cưỡng bức



Hình 3. Chế tạo hệ thống thực nghiệm buồng cacbonat hóa cưỡng bức

Với hệ thống cacbonat hóa cưỡng bức, khí CO_2 từ bình khí nén được đưa vào buồng hòa trộn (buồng 1) với lưu lượng 1 lít/phút và áp suất trong van lưu lượng duy trì ở mức 2kPa nhằm giảm thất thoát khí trong buồng. Nồng độ CO_2 trong buồng đạt mức 4% yêu cầu sau khoảng thời gian 1 phút 30 giây bơm khí. Lúc này, quạt thông khí được mở để ổn định nồng độ, nhiệt độ và độ ẩm. Đồng thời, khí CO_2 đã ổn định được đẩy qua ống thông khí sang buồng chứa mẫu (buồng 2). Khi hệ thống đã ổn định, quạt tắt, mẫu bên trong bắt đầu quá trình hấp thụ CO_2 . Hệ thống thực nghiệm đã được chế tạo và tiến hành thử với các mẫu bê-tông cốt thực vật 70x70x70mm. Sau một thời gian đưa vào buồng, giá trị nồng độ CO_2 bắt đầu giảm do bị mẫu hấp thụ. Đến mức giới hạn nhất định, CO_2 tiếp tục được bổ sung thêm vào buồng thông qua hệ thống van xả nhằm duy trì quá trình cacbonat hóa cưỡng bức. Nhiệt độ bên trong hệ thống được duy trì ổn định ở mức nhiệt độ phòng. Các mẫu trong buồng cacbonat được chia thành hai nhóm. Một nhóm trong điều kiện độ ẩm không khí bình thường và

nhóm còn lại trong điều kiện độ ẩm cao, được kiểm soát trong khoảng 70%-90% bằng dung dịch muối bão hòa. Cường độ chịu nén của các mẫu bê-tông cốt thực vật cũng được đánh giá bằng máy nén bê-tông MATEST C071, tốc độ gia tải 0,5kN/giây. Mức độ cacbonat hóa được đánh giá qua phân tích trực quan bằng chất chỉ màu; phân tích thành phần khoáng XRD và phổ hồng ngoại FTIR.

4. Kết quả thực nghiệm

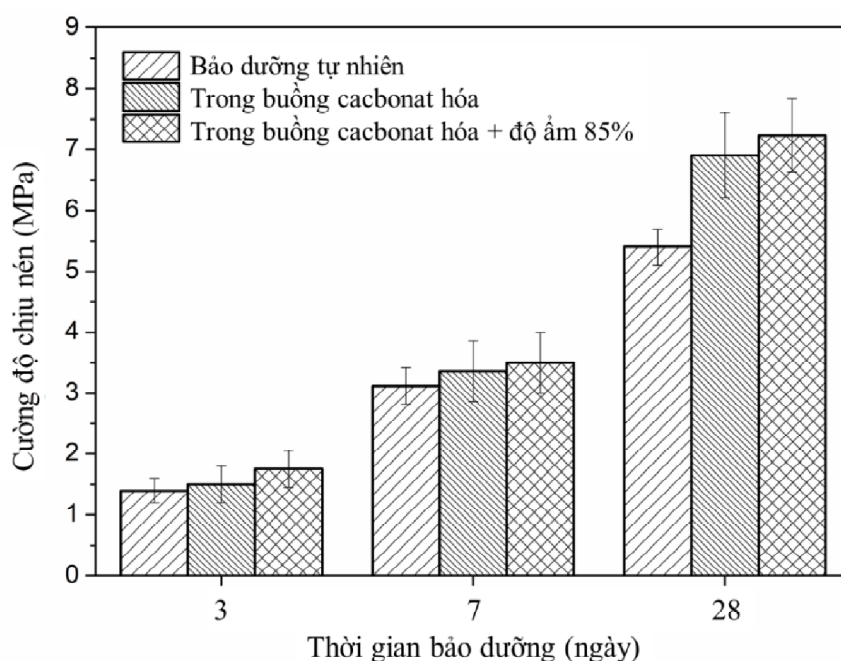
4.1 Tính chất nhiệt lý

Để đánh giá mẫu bê-tông cốt thực vật, các tính chất nhiệt lý được xác định thông qua đánh giá khối lượng thể tích và độ dẫn nhiệt. Khối lượng thể tích khô các mẫu bê-tông cốt thực vật trung bình đạt 970kg/cm³. Cấp phối sử dụng kết hợp meta cao-lanh trong nghiên cứu này cho kết quả mẫu đặc chắc hơn so với chỉ sử dụng vôi [8] (trung bình 880kg/cm³), thể hiện ở khối lượng thể tích cao. Hệ số dẫn nhiệt của các mẫu bê-tông cốt thực vật sử dụng vỏ trấu đạt xấp xỉ 0,53±0,3W/m.K. Mức độ dẫn nhiệt phụ thuộc nhiều vào hàm lượng cũng như loại

cốt liệu thực vật trong cấp phối. Hàm lượng cốt liệu thực vật càng cao, khối lượng thể tích của bê-tông càng giảm, độ dẫn nhiệt cũng giảm tương ứng. Khi

tăng hàm lượng vỏ trấu từ 15 lên 20%, hệ số dẫn nhiệt giảm xuống $0,41 \pm 0,4W/m.K$.

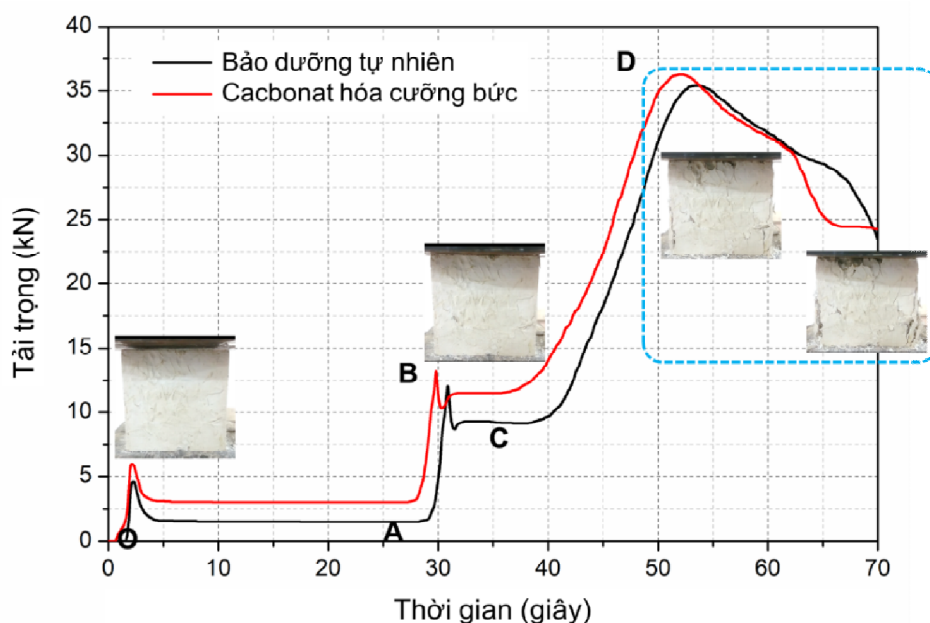
4.2 Cường độ chịu nén



Hình 4. Phát triển cường độ chịu nén mẫu bê-tông cốt thực vật theo thời gian

Cường độ chịu nén của mẫu bê-tông cốt thực vật bảo dưỡng trong buồng cacbonat hoá cường bức tăng cao hơn mẫu bê-tông bảo dưỡng ở điều kiện trong môi trường không khí. Điều này cho thấy tác động của quá trình cacbonat hoá diễn ra làm tăng cường độ chịu nén của mẫu. Bên cạnh đó, trong điều kiện độ ẩm cao (85%), cường độ chịu nén các mẫu đạt giá trị cao hơn so với trường hợp

bảo dưỡng trong môi trường độ ẩm không khí thông thường. Ở giai đoạn sớm ngày, các mẫu còn mềm, mức độ kháng lực chưa cao, cường độ chịu nén của các mẫu ít chênh lệch. Tuy nhiên, khi thời gian bảo dưỡng càng dài, sự chênh lệch cường độ giữa nhóm mẫu bảo dưỡng trong điều kiện tự nhiên với nhóm mẫu trong buồng cacbonat hóa cường bức càng thể hiện rõ rệt.

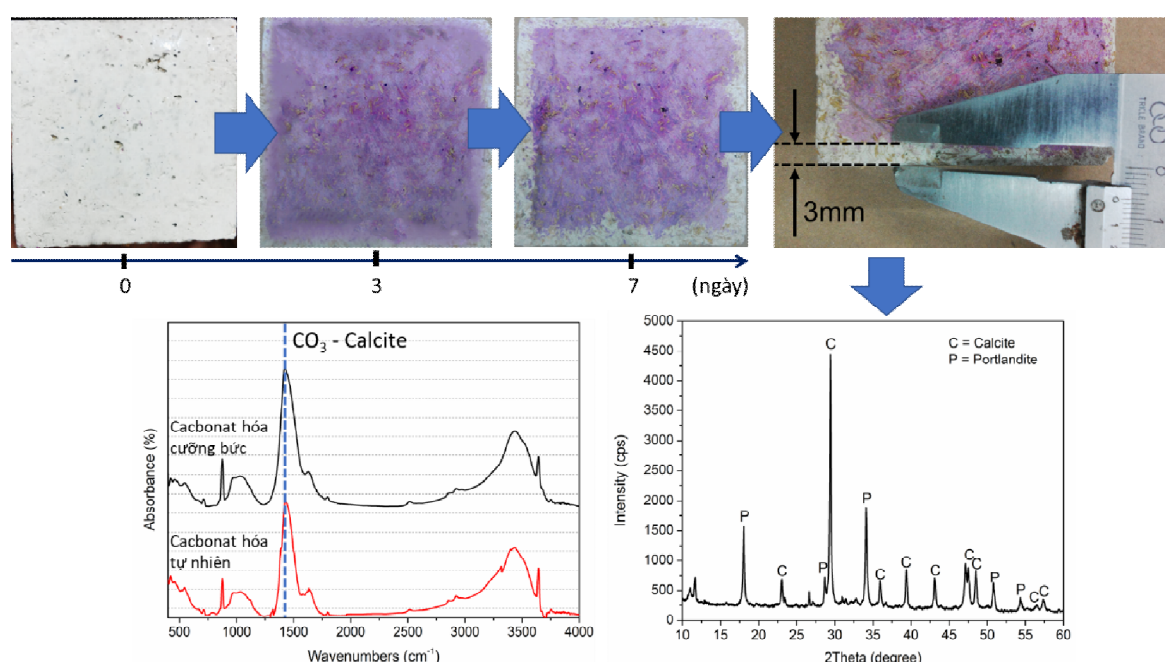


Hình 3. Đường cong thực nghiệm tải trọng – thời gian của các mẫu bê-tông cốt thực vật trong điều kiện bảo dưỡng tự nhiên và cacbonat hóa cường bức

Có thể thấy trên biểu đồ hình 3, các mẫu bê-tông cốt thực vật trải qua các giai đoạn ứng xử cơ học chính như sau: chịu tải định hình ban đầu - chịu tải cao hơn - sắp xếp lại trạng thái mới - vỏ trấu bị ép, tải trọng tác dụng tăng lên đến cực đại - tiếp tục chịu tải sau khi mẫu bị biến dạng. Trong cả hai trường hợp bảo dưỡng, các mẫu đều không thể hiện tính giòn như bê-tông thường mà biểu hiện kiểu ứng xử composít kết dính - vỏ trấu có tính dai, sau khi bị nén ép, cấu trúc lớp trấu được bên trong xếp chặt. Do đó, lực tác dụng tăng lên cho đến khi mẫu bị biến dạng. Sau khi biến dạng, mẫu lại sắp xếp trạng thái mới tiếp tục chịu lực đến khi bị phá

huỷ. Với trường hợp bảo dưỡng trong điều kiện của buồng cacbonat cưỡng bức, giá trị chịu tải của mẫu cao hơn so với bảo dưỡng tự nhiên. Khoảng biến dạng (hình 3) thể hiện tính dẻo dai của mẫu bị thu hẹp lại, tuy nhiên ở mức không đáng kể. Quá trình cacbonat hóa cưỡng bức làm tính chất các mẫu bê-tông cốt thực vật phát triển theo chiều hướng tăng độ cứng và biểu hiện tính giòn. Điều này được thể hiện qua sự khác biệt ở đường cong tải - thời gian của hai mẫu trong giai đoạn cuối quá trình gia tải, trước khi mẫu bị phá hủy.

4.3 Theo dõi bề dày lớp cacbonat hóa



Hình 6. Phát triển lớp bề dày cacbonat hóa và thành phần cacbonat so với bảo dưỡng dự nhiên

Hình 6 cho thấy khác biệt về màu sắc khá rõ nét của mẫu bê-tông thực vật sau khi phủ chất chỉ thị màu phenolphthalein: mặt ngoài mẫu gần như không đổi màu, mặt trong của mẫu có sự thay đổi sang màu hồng, đậm dần từ ngoài vào trong. Mặt trong của mẫu ở lớp ngoài cùng không đổi màu với chiều dày không đều, càng vào sâu bên trong, màu sắc chỉ thị trên mẫu càng đậm hơn. Thông qua chiều dày lớp cacbonat hoá, có thể nhận thấy tốc độ cacbonat hoá của mẫu bê-tông cốt thực vật được bảo dưỡng trong điều kiện nồng độ CO_2 cao đã gia tăng đáng kể cacbonat hóa mẫu bê-tông cốt thực vật diễn ra mạnh. Trong kết quả phân tích thành phần pha (XRD), ngoài các peak đặc trưng của portlandite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), còn xuất hiện các pic của can-

xít (CaCO_3) với cường độ cao và sắc nét. Kết quả phân tích hồng ngoại (FTIR) trong môi cacbonat hóa cưỡng bức thể hiện rõ các peak liên kết đặc trưng của CaCO_3 có cường độ cao hơn hẳn khi so sánh với mẫu bảo dưỡng tự nhiên.

5. Kết luận

Như vậy mục tiêu nghiên cứu về vật liệu bê-tông thực vật trên cơ sở meta cao-lanh-vỏ trấu đã được chúng tôi trình bày, khảo sát và đánh giá tính chất. Việc sử dụng kết hợp với kết hợp meta cao-lanh tỷ lệ 70:30 cùng với cốt liệu vỏ trấu theo tỷ lệ cốt liệu so với chất kết dính là 15% đã tạo ra sản phẩm có khối lượng thể tích xấp xỉ $970\text{kg}/\text{cm}^3$, độ bền nén khá tốt (khoảng 7MPa) cho thấy tiềm năng

sử dụng như một loại bê-tông nhẹ. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, tính đồng đều về độ bền cơ của mẫu chưa ổn định. Mặt khác, để tăng tính nhẹ cho bê-tông, khối lượng thể tích có thể điều chỉnh khi tăng hàm lượng cốt liệu thực vật cao hơn. Trong điều kiện cacbonat hóa cưỡng bức, cường độ chịu nén và ứng xử cơ học của các mẫu bê-tông cốt thực vật thể hiện kết quả tốt, cao hơn nhiều so với bảo dưỡng trong điều kiện tự nhiên. Kết quả khảo sát bước đầu cho thấy phương án dùng meta cao-lanh trong sản xuất bê-tông thực vật là rất đáng quan tâm và là tiền đề hứa hẹn, có thể phát triển mở rộng, hướng đến ứng dụng chế tạo các kết cấu bê-tông nhẹ, có khả năng cách âm, cách nhiệt cho các công trình xây dựng. Các nghiên cứu tiếp theo sẽ tập trung vào khảo sát các điều kiện bảo dưỡng nhằm đưa vào các ứng dụng thực tiễn trong sản xuất.

Lời cảm ơn: *Nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Bách Khoa – Đại học Quốc Gia – Hồ Chí Minh trong khuôn khổ Đề tài mã số T-CNVL-2017-12.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Karus and D. Vogt, "European hemp industry: Cultivation, processing and product lines," *Euphytica*, vol. 140, no. 1, pp. 7–12, 2004.
 - [2] K. H. Mo, U. J. Alengaram, and M. Z. Jumaat, "A review on the use of agriculture waste material as lightweight aggregate for reinforced concrete structural members," *Adv. Mater. Sci. Eng.*, vol. 2014, 2014.
 - [3] E. P. Aigbomian and M. Fan, "Development of Wood-Crete building materials from sawdust and waste paper," *Constr. Build. Mater.*, vol. 40, pp. 361–366, 2013.
 - [4] E. P. Aigbomian and M. Fan, "Development of wood-crete from treated sawdust," *Constr. Build. Mater.*, vol. 52, pp. 353–360, 2014.
 - [5] K. Ip and A. Miller, "Life cycle greenhouse gas emissions of hemp–lime wall constructions in the UK," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 69, pp. 1–9, 2012.
 - [6] S. Benfratello, C. Capitano, G. Peri, G. Rizzo, G. Scaccianoce, and G. Sorrentino, "Thermal and structural properties of a hemp–lime biocomposite," *Constr. Build. Mater.*, vol. 48, pp. 745–754, 2013.
 - [7] C. Nguyen Van and M. Tran Van, "Basalte Fiber Reinforced High Strength Concrete," presented at the 28th Conference on Our World in Concrete & Structure, 2003, vol. Volume XXII.
 - [8] N. K. Son, N. P. A. Toan, T. T. T. Dung, and N. N. T. Huynh, "Investigation of Agro-concrete using by-products of Rice Husk in Mekong Delta of Vietnam," *Procedia Eng.*, vol. 171, pp. 725–733, 2017.
- Ngày nhận bài:** 21/12/2017.
Ngày nhận bài sửa lần cuối: 05/02/2018.