

# Ảnh hưởng điều kiện bảo dưỡng đến tính chất cơ lý và tính thấm nước của bê tông sử dụng tro mía

Đặng Quốc Việt<sup>1,2,\*</sup>, Đoàn Thế Long<sup>3</sup>, Vũ Quang Thuận<sup>1</sup>, Đặng Bảo Lợi<sup>4</sup>, Lương Thị Bích<sup>1</sup>, Châu Ngọc Vinh<sup>5</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

<sup>1</sup>Khoa Hạ tầng Kỹ thuật – Công nghệ, Trường Đại học Xây dựng Miền Trung, 24 Nguyễn Du, phường 7, TP Tuy Hoà, tỉnh Phú Yên, Việt Nam

<sup>2</sup>Nhóm Nghiên cứu Đổi mới Công nghệ và Khoa học Dữ liệu phục vụ mục tiêu Phát triển Bền vững, Trường Đại học Xây dựng Miền Trung, 24 Nguyễn Du, phường 7, TP Tuy Hoà, tỉnh Phú Yên, Việt Nam

<sup>3</sup>Phòng Quản lý Chất lượng Công trình Giao thông, Sở Giao thông tỉnh Phú Yên, 72 Lê Duẩn, phường 7, TP Tuy Hoà, tỉnh Phú Yên, Việt Nam

<sup>4</sup>Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Trung, 24 Nguyễn Du, phường 7, TP Tuy Hoà, tỉnh Phú Yên, Việt Nam

<sup>5</sup>Khoa Kỹ thuật môi trường xây dựng, Trường Đại học Michigan, Ann Arbor, MI 48109, Hoa Kỳ

## Liên hệ

**Đặng Quốc Việt**, Khoa Hạ tầng Kỹ thuật – Công nghệ, Trường Đại học Xây dựng Miền Trung, 24 Nguyễn Du, phường 7, TP Tuy Hoà, tỉnh Phú Yên, Việt Nam

Nhóm Nghiên cứu Đổi mới Công nghệ và Khoa học Dữ liệu phục vụ mục tiêu Phát triển Bền vững, Trường Đại học Xây dựng Miền Trung, 24 Nguyễn Du, phường 7, TP Tuy Hoà, tỉnh Phú Yên, Việt Nam

Email: dangquocviet@muce.edu.vn

## TÓM TẮT

Ngày nay, cùng với sự phát triển không ngừng của hạ tầng kỹ thuật, nhu cầu sử dụng bê tông ngày càng tăng mạnh. Tuy nhiên, với xu hướng phát triển bền vững thì càng có nhiều nghiên cứu liên quan đến việc áp dụng các phế thải trong công nghiệp và nông nghiệp trong việc sản xuất bê tông. Bài báo đánh giá khả năng áp dụng nguồn phế thải tro mía nhằm thay thế xi măng trong việc chế tạo bê tông có xem xét đến ảnh hưởng của điều kiện bảo dưỡng. Hàm lượng tro mía được sử dụng để thay thế cho xi măng là 5%. Các tính chất cơ lý và tính thấm nước của bê tông được nghiên cứu đến 56 ngày. Kết quả nghiên cứu cho thấy, vận tốc xung siêu âm và cường độ chịu nén của bê tông giảm khi dùng xi măng thay thế tro mía so với cấp phối đối chứng trước 28 ngày tuổi đối với cả hai điều kiện bảo dưỡng trong nước ngọt và không khí. Nhưng ở 56 ngày tuổi, bê tông sử dụng tro mía khi được bảo dưỡng trong điều kiện nước ngọt có vận tốc xung siêu âm, cường độ chịu nén, tính thấm nước, và thể tích lỗ rỗng hở tăng nhẹ với cấp phối đối chứng. Bên cạnh đó, việc bảo dưỡng bê tông trong không khí làm giảm đáng kể đến vận tốc xung siêu âm, cường độ chịu nén và tăng tính thấm nước của bê tông, đặc biệt là bê tông có chứa tro mía. Kết quả là bê tông bảo dưỡng trong điều kiện không khí có hiệu quả thấp hơn bê tông được bảo dưỡng trong điều kiện nước ngọt, đặc biệt là bê tông có chứa thành phần tro mía.

**Từ khoá:** Điều kiện bảo dưỡng, Tro mía, Cường độ chịu nén, Độ thấm nước, Hệ số độ hút nước mao dẫn

## 1 GIỚI THIỆU

Ngày nay, nhu cầu sử dụng xi măng ngày càng phổ biến và tăng mạnh. Theo thống kê thì nhu cầu sử dụng bê tông hằng năm trên toàn thế giới khoảng 25 tỉ tấn<sup>1,2</sup>. Do đó, lượng xi măng sử dụng cho việc sản xuất bê tông cũng tăng theo với ước tính vào khoảng 3.5 tỉ tấn mỗi năm<sup>2,3</sup>. Ở Việt Nam, tổng sản lượng xi măng tiêu thụ trong thị trường nước ta ước được đạt khoảng 62.68 triệu tấn trong năm 2022<sup>4</sup>. Trong quá trình sản xuất xi măng, một lượng lớn khí CO<sub>2</sub> được thải ra gây ô nhiễm môi trường, gây ra hiệu ứng nhà kính và hiện tượng nóng lên toàn cầu. Một số báo cáo cho rằng khoảng 9% tổng phát thải khí nhà kính trên toàn cầu là do quá trình sản xuất xi măng<sup>5</sup>. Trong khi đó, xi măng lại là một trong những thành phần chính của bê tông và góp phần tạo sự liên kết của các cốt liệu cũng như là khả năng chịu tải trọng cho bê tông. Bên cạnh đó, việc tìm ra các vật liệu xây dựng mới tiết kiệm chi phí cũng như thân thiện với môi trường đang là mối quan tâm lớn của các nhà nghiên cứu trong và ngoài nước trong nền công nghiệp xây dựng. Một trong những giải pháp đó là thay thế một phần xi măng nhưng vẫn có thể đảm bảo được các đặc tính kỹ thuật của bê tông bằng cách tận dụng các sản

phẩm phụ từ các ngành sản xuất công nghiệp như tro bay, xỉ lò cao, muội si lic hay là các ngành sản xuất nông nghiệp như tro trấu, sơ dừa, tro mía nhờ vào đặc tính Pozzolans của nó<sup>5,6</sup>.

Nghiên cứu về ảnh hưởng của tro mía đối với tính năng cơ học của vữa và bê tông đã được báo cáo nhiều trên thế giới<sup>2,7-16</sup>, và kết quả cho thấy rằng tro mía có thể được áp dụng để thay thế một phần xi măng trong việc sản xuất bê tông nhờ vào đặc tính pozzolan của nó. Các hỗn hợp bê tông có hàm lượng tro mía thay thế trong khoảng 5-10% khối lượng xi măng thường cho thấy cường độ nén cao hơn hoặc tương đương. Cường độ nén của bê tông chỉ bằng 95, 85, và 80% so với cấp phối đối chứng khi thay thế khối lượng xi măng bằng 20, 25, và 30% tro mía ở 28 ngày tuổi<sup>16</sup>. Trong khi đó, Ganesan và cộng sự<sup>9</sup> đã báo cáo cường độ chịu nén của cấp phối sử dụng 10% tro mía thay thế xi măng thì cho thấy cường độ chịu nén cao hơn so với cấp phối đối chứng. Bên cạnh đó, Parisa và cộng sự<sup>17</sup> báo cáo rằng tỷ lệ thay thế xi măng bằng tro mía chỉ nên từ 5 – 10% để đảm bảo cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn của mẫu bê tông tối thiểu bằng so với cấp phối đối chứng trong khi xem xét ảnh hưởng của nhiệt độ. Các nghiên cứu khác<sup>12,18</sup> đã chỉ ra rằng việc bổ sung tro mía chưa xử lý (thỏ hoặc như nhận

**Trích dẫn bài báo này:** Việt D Q, Long D T, Thuận V Q, Lợi D B, Bích L T, Vinh C N. Ảnh hưởng điều kiện bảo dưỡng đến tính chất cơ lý và tính thấm nước của bê tông sử dụng tro mía. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.* 2024; ():1-16.

Lịch sử

- Ngày nhận: 04-3-2024
- Ngày sửa đổi: 23-5-2024
- Ngày chấp nhận:
- Ngày đăng:

DOI:



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



được sau khi nung) hoặc đã xử lý một phần, ngay cả ở hàm lượng thấp (10%), ảnh hưởng tiêu cực đến cường độ nén của bê tông xi măng. Mức giảm sức mạnh được báo cáo nằm trong khoảng từ 1.7 đến 40% từ 3 đến 28 ngày. Tuy nhiên, khi thời gian bảo dưỡng tăng lên (chẳng hạn như 90 và 180 ngày), ảnh hưởng của việc không xử lý tro mía đến sự suy giảm cường độ bê tông được cải thiện. Maldonado Garcia và cộng sự<sup>18</sup> đã kiểm tra tác động của quá trình bảo dưỡng dài hạn lên đến 600 ngày đối với cường độ nén của mẫu vữa có tro mía đã được xử lý một phần và báo cáo rằng khi kéo dài thời gian bảo dưỡng thì cường độ nén của mẫu được tăng lên. Tại Việt Nam, tác giả Vũ Quang Thuận và cộng sự<sup>19</sup> nghiên cứu áp dụng tro mía trong việc thay thế xi măng để chế tạo bê tông bọt khí sử dụng cát và nước biển. Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng cường độ của bê tông bọt khí chứa 5-10% hàm lượng tro mía cao hơn hoặc tương đương với cấp phối đối chứng ở 91 ngày tuổi. Ngoài ra, tác giả Lê Đức Hiến và Sheen Yeong-Nain<sup>20</sup> nghiên cứu thay thế xi măng với hàm lượng tro mía lên đến 20% và kết luận rằng nếu tỷ lệ thay thế từ 10% khối lượng trở lên thì sẽ làm cho tính công tác của bê tông giảm nhanh. Tăng dần tỷ lệ tro mía trong hỗn hợp dẫn đến giảm dần cường độ chịu kéo, nén ở tất cả các thời điểm thí nghiệm. Nhìn chung, ảnh hưởng của tro mía đến cường độ nén của bê tông là khác nhau phụ thuộc vào các đặc tính cơ và hoá học của tro mía được sử dụng trong các nghiên cứu khác nhau. Hiệu suất của tro mía phụ thuộc vào mức độ hoạt động của phản ứng pozzolanic, tức là bị ảnh hưởng bởi hàm lượng carbon còn lại thông qua hàm lượng mất khi nung) hàm lượng oxit pozzolanic vô định hình, và độ mịn. Sự thay đổi của ba thuộc tính này dẫn đến các kết quả khác nhau về cường độ chịu nén của bê tông khi dùng tro mía thay thế một phần cho xi măng.

Bảo dưỡng là một trong những yếu tố quan trọng nhất giúp nâng cao khả năng giữ nước của bê tông, từ đó giúp cải thiện vi cấu trúc và tính chất của bê tông<sup>21-23</sup>. Bảo dưỡng bê tông là quá trình giữ ẩm thường xuyên cho bê tông trong điều kiện tác động của các yếu tố khí hậu môi trường. Nếu được bảo dưỡng tốt, bê tông sẽ phát triển các đặc tính thỏa đáng bằng cách thúc đẩy tối ưu quá trình thủy hóa xi măng ngay sau khi vữa được đổ. Bê tông nếu được bảo dưỡng đúng cách trong khoảng thời gian nhất định thì sẽ cải thiện độ bền và độ cứng bề mặt và ít thấm hơn. Do đó, việc ngăn ngừa mất mát độ ẩm cũng rất quan trọng đối với sự phát triển cường độ và cũng để ngăn ngừa co ngót dẻo, giảm tính thấm và tăng khả năng chống mài mòn của bê tông. Benli và các cộng sự<sup>23</sup> đã nghiên cứu ảnh hưởng của bốn chế độ bảo dưỡng khác nhau, cụ thể là: bằng nước máy, bằng cách phủ bao ướt, để trong

không khí, và bọc bằng sáp parafin lỏng và các thời gian bảo dưỡng khác nhau (3, 7, 28, 56 và 180 ngày) đến các tính chất cơ học của vữa xi măng có dùng tro bay và muội silic. Kết quả tốt nhất về cường độ nén ở cuối 180 ngày được xác định với cấp phối thêm 10% tro bay ở khi bảo dưỡng trong nước và với 10% tro bay cộng với 6% muội silic khi bảo dưỡng bằng cách phủ bao ướt. Trong báo cáo bởi Bingol và Tohumcu<sup>24</sup>, ảnh hưởng của các chế độ bảo dưỡng khác nhau là bảo dưỡng không khí, bảo dưỡng nước và bảo dưỡng hơi nước lên đặc tính cường độ nén của bê tông với các tỷ lệ thay thế muội silic và tro bay khác nhau đã được nghiên cứu. Họ chỉ ra rằng giá trị cường độ nén cao nhất thu được từ các mẫu được xử lý tiêu chuẩn (được bảo dưỡng trong nước trong 28 ngày). Việc tăng thời gian xử lý nước làm tăng cường độ nén. Việc bảo dưỡng bằng không khí làm cho cường độ nén giảm và đạt được giá trị cường độ thấp nhất cho tất cả các nhóm từ mẫu được xử lý bằng không khí. Ở Việt Nam, tác giả Nguyễn Hùng Cường và cộng sự<sup>25</sup> đã tiến hành thí nghiệm với các tổ mẫu có thời gian bảo dưỡng ban đầu khác nhau từ 0 giờ đến 7 giờ tính từ thời điểm hoàn thiện xong bề mặt mẫu, trong 3 điều kiện thời tiết khác nhau: khô hanh, nóng ẩm và nắng nóng (điều kiện thời tiết trong thực nghiệm tác động đến quá trình đóng rắn của mẫu bê tông tối thiểu trong 12 giờ đầu đóng rắn, sau thời gian đó có thể chu kỳ khí hậu sẽ kéo dài ở các ngày tiếp theo, hoặc thay đổi dần và chuyển sang chu kỳ thời tiết khác). Kết quả nén mẫu cho thấy trong cả 2 điều kiện thời tiết khô hanh và nóng ẩm, mẫu bê tông của cả 2 cấp phối có thời gian bảo dưỡng ban đầu là 1 giờ có cường độ nén 28 ngày là cao nhất.

Việt Nam nói chung và Phú Yên nói riêng, cụ thể là khu vực phía tây thuộc các huyện Sơn Hoà, Sông Hinh, là nơi có sản lượng mía hàng năm được sản xuất rất lớn, ước lượng sản lượng mía đưa vào chế biến là trên 8,76 triệu tấn trong năm 2022-2023<sup>26</sup>. Số lượng tro mía được thải ra cũng chiếm một tỷ lệ đáng kể. Do đó, việc nghiên cứu áp dụng tro mía để thay thế một phần cho xi măng sẽ góp phần đáng kể vào việc giảm lượng xi măng. Đồng thời, việc này cũng góp phần giải quyết vấn đề bụi mịn bay trong không khí gây ra các vấn đề về sức khoẻ và ô nhiễm môi trường khi lượng tro mía được tập kết lâu dài bên ngoài hay là được rải và trộn trực tiếp với đất. Ngoài ra trong thực tế, không phải lúc nào cũng bê tông sau khi chế tạo cũng có thể được bảo dưỡng tốt và hoàn toàn vì nhiều lý do, chẳng hạn như khiếm khuyết của con người, độ kín nước của ván khuôn hay do điều kiện thi công. Kết quả là bê tông phải tiếp xúc trực tiếp với môi trường bên ngoài sau khi đã đóng rắn. Kết quả là bê tông bị mất nước, dẫn đến tình trạng bị khô, ảnh

156 hưởng lớn đến tính chất của bê tông. Điều này dẫn  
 157 đến tất yếu là các tính chất của bê tông sẽ không được  
 158 tối ưu hoá vì do quá trình thủy hoá của xi măng bị  
 159 ảnh hưởng. Ở Việt Nam, việc nghiên cứu ứng dụng  
 160 tro mía vào việc sản xuất bê tông còn đang rất hạn chế,  
 161 đặc biệt là có đồng thời xem xét ảnh hưởng của chế độ  
 162 bảo dưỡng đến tính chất của bê tông. Điển hình như  
 163 kết quả nghiên cứu của tác giả Lê Đức Hiến và cộng  
 164 sự<sup>27</sup> cho thấy hỗn hợp kiểm hoạt hóa chứa 90% xi lò  
 165 cao và 10% tro mía có cường độ và khối lượng thể tích  
 166 lớn nhất và có độ hút nước thấp nhất trong số các hỗn  
 167 hợp thí nghiệm. Ngoài ra, Vũ và cộng sự<sup>19</sup> đã báo cáo  
 168 rằng khi thay thế 5% xi măng bằng tro mía thì các tính  
 169 chất cơ lý của bê tông bọt được bảo dưỡng trong nước  
 170 ngọt thì được cải thiện hơn so với bê tông đối chứng  
 171 và để đảm bảo các tính chất cơ lý của bê tông bọt thì tỷ  
 172 lệ thay thế xi măng bằng tro mía không nên vượt quá  
 173 10%. Do đó, nghiên cứu này xem xét ảnh hưởng của  
 174 việc thay thế xi măng bằng tro mía cũng như là ảnh  
 175 hưởng của việc bảo dưỡng bê tông bằng nước ngọt  
 176 truyền thống và trong không khí đến cường độ chịu  
 177 nén và tính thấm nước của bê tông nhằm đáp ứng xu  
 178 thế xây dựng phát triển xã hội xanh và bền vững hiện  
 179 nay.

## 180 **VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ** 181 **NGHIỆM**

### 182 **Vật liệu sử dụng**

183 Mục tiêu của nghiên cứu là nhằm hướng đến áp dụng  
 184 vào các công trình thực tế sử dụng các khối bê tông  
 185 đúc sẵn trong việc xây dựng các kè bảo vệ bờ biển đang  
 186 và sẽ triển khai trên địa bàn tỉnh. Do đó, để đảm bảo  
 187 về hiệu quả kinh tế và tận dụng vật liệu hiện có trên  
 188 địa bàn tỉnh Phú Yên, đề tài chọn sử dụng xi măng  
 189 PCB40 Long Sơn (PCB) để tiến hành thực nghiệm.  
 190 Xi măng poóc lăng hỗn hợp PCB40 được làm theo  
 191 TCVN 6260:2009<sup>28</sup>. Trong khi đó, tro mía sử dụng  
 192 trong nghiên cứu được lấy từ nhà máy đường KCP  
 193 thuộc địa bàn tỉnh Phú Yên. Tro mía có được sau khi  
 194 được dùng để đun nồi hơi nước nhằm sản xuất điện  
 195 tại nhà máy ở nhiệt độ tầm khoảng nhiệt độ 600 –  
 196 800°C độ. Đường kính hạt trung bình là 66.46 μm.  
 197 Độ hoạt tính cường độ so với xi măng của tro mía ở  
 198 28 ngày (theo thí nghiệm dựa vào cường độ, strength  
 199 activity index (SAI)) là 93.6%. Theo ASTM C618 thì  
 200 khi SAI lớn hơn 75% thì có thể xem là vật liệu tiềm  
 201 năng cho phản ứng pozzolanic. Hình ảnh và thành  
 202 phần hoá học của chất kết dính được sử dụng trong  
 203 nghiên cứu được thể hiện ở Hình 1 và Bảng 1.

204 Cát (kí hiệu là C) được sử dụng để chế tạo bê tông là  
 205 loại cát vàng, được khai thác tại sông Đà Rằng, thôn  
 206 Phước Bình Bắc, xã Hòa Thành, Thị xã Đông Hòa,

tỉnh Phú Yên. Trong khi đó, đá dăm (kí hiệu là Đ)  
 207 dùng để chế tạo bê tông có kích thước hạt lớn nhất là  
 208 20 mm, được lấy từ mỏ đá tại thôn Phú Thạnh, xã An  
 209 Chấn, huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên. Các chỉ tiêu cơ lý  
 210 của cát, đá dăm và thành phần hạt được thể hiện qua  
 211 Bảng 2 và 3 và Hình 2.

Nước được sử dụng để đúc mẫu là nước máy (TW)  
 213 được cấp từ hệ thống nước sạch của tỉnh Phú Yên.  
 214 Ngoài ra, Phụ gia siêu dẻo được sử dụng là Lotus  
 215 R301M (kí hiệu R301M) được sử dụng để điều chỉnh  
 216 độ sụt theo thiết kế.  
 217

### 218 **Thiết kế cấp phối bê tông**

219 Cấp phối bê tông được thiết kế cho các công trình xây  
 220 dựng ven biển hiện tại hay được áp dụng tại khu vực  
 221 tỉnh Phú Yên như bờ kè biển, đê chắn sóng nên cường  
 222 độ của bê tông tối thiểu là 45 Mpa tại 28 ngày tuổi.  
 223 Căn cứ vào số liệu của các vật liệu đầu vào cũng như  
 224 là yêu cầu về độ sụt của bê tông dành cho các dự án  
 225 này, cấp phối bê tông đã được tính toán với các thông  
 226 số như độ sụt chọn là  $10 \pm 2$  cm, tỷ lệ nước trên xi  
 227 măng (N/X) chọn là 0.37, và tỷ số cát trên xi măng  
 228 (C/X) là 0.429. Các nghiên cứu trước đây<sup>17,19</sup> đã chỉ  
 229 ra rằng tỷ lệ thay thế xi măng bằng tro mía chỉ nên từ 5  
 230 – 10% để đảm bảo các tính chất cơ lý của mẫu bê tông  
 231 tối thiểu bằng so với cấp phối đối chứng. Do đó, tro  
 232 mía được sử dụng để thay thế một phần hàm lượng xi  
 233 măng với tỷ lệ 5.0% nhằm đảm bảo cường độ của các  
 234 cấp bê tông đạt được theo mong muốn ở 28 ngày tuổi.  
 235 Lượng phụ gia siêu dẻo với hàm lượng là 0.8% được  
 236 dùng để đảm bảo độ sụt theo mong muốn. Bảng 4 thể  
 237 hiện thành phần cấp phối của bê tông trong nghiên  
 238 cứu này.

239 Trong đó, mẫu PCB là ký hiệu cho loại cấp phối bê  
 240 tông sử dụng 100% xi măng trong thành phần chất  
 241 kết dính (cấp phối đối chứng so sánh); mẫu SCBA là  
 242 ký hiệu cho loại cấp phối bê tông sử dụng đúng theo  
 243 thành phần cấp phối bê tông của mẫu PCB nhưng  
 244 thay thế xi măng bằng tro mía với hàm lượng 5%.

### 245 **Quy trình chế tạo mẫu và dưỡng hộ**

246 Trước khi tiến hành trộn hỗn hợp các cấp phối bê  
 247 tông, khối lượng cần thiết của vật liệu được tính toán  
 248 cho từng mẻ trộn dựa vào thể tích của máy trộn. Sau  
 249 đó, các thành phần của bê tông bao gồm chất kết dính  
 250 (xi măng và tro mía), đá dăm, cát, nước và phụ gia siêu  
 251 dẻo R301M được cân định lượng trước theo đúng tỷ  
 252 lệ của mẻ trộn. Quy trình trộn bê tông như sau: đầu  
 253 tiên, hỗn hợp chất kết dính (xi măng và tro mía) được  
 254 trộn khô trong 1 phút. Sau đó, cát được thêm vào hỗn  
 255 hợp chất kết dính và máy trộn thêm trong 3 phút để  
 256 đạt được hỗn hợp khô đồng đều. Tiếp theo, đá dăm sẽ



a) Xi măng

b) Tro mía

Hình 1: Xi măng và tro mía được sử dụng trong đề tài

**Bảng 1: Thành phần hoá học của xi măng và tro mía**

Vật liệu	Thành phần hoá học (% theo khối lượng)								LMKN (%)	Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	Tỷ diện tích bề mặt riêng (cm <sup>2</sup> /g)
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O			
Xi măng	66.34	21.86	5.31	3.43	0.72	0.30	0.22	1.05	0.75	3.09	348
Tro mía	2.80	65.44	4.46	1.35	2.25	0.00	0.56	4.70	17.36	1.36	176.5

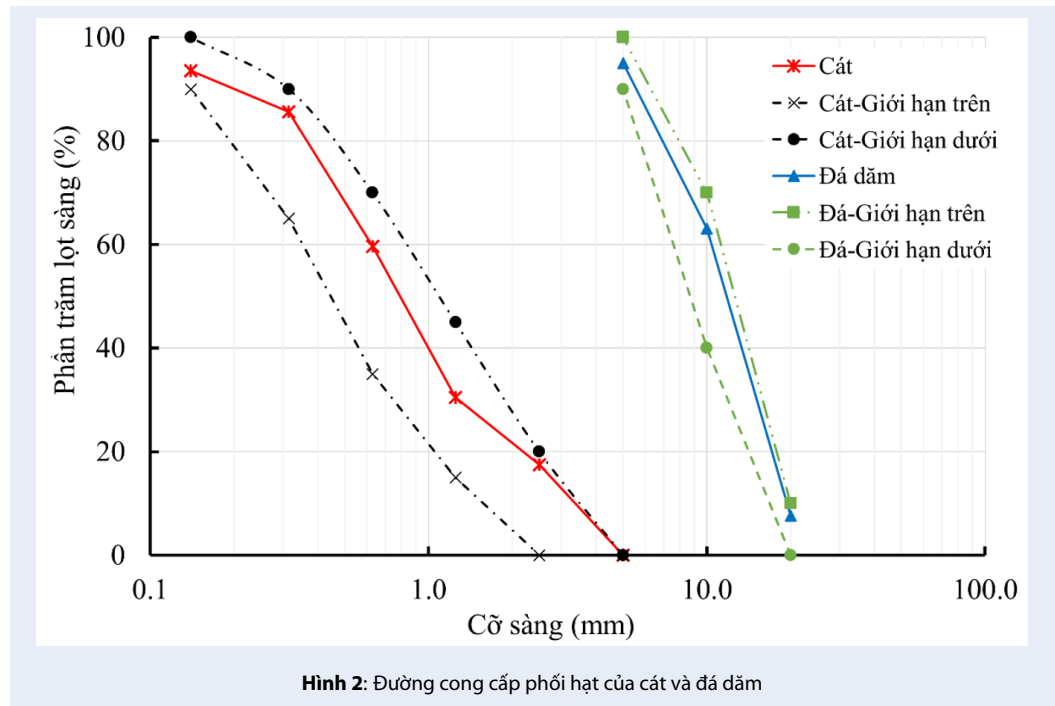
LMKN: Lượng mất khi nung

**Bảng 2: Thành phần chỉ tiêu cơ lý của cát**

Tính chất cơ lý	Đơn vị tính	Giá trị
Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2.721
Khối lượng thể tích xốp	kg/m <sup>3</sup>	1449
Hàm lượng bụi bùn sét	%	1.26
Độ hút nước của cát	%	1.08
Modul độ lớn		2.87

**Bảng 3: Các chỉ tiêu kỹ thuật của đá dăm**

Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị tính	Giá trị	
Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2.798	
Khối lượng thể tích xốp	kg/m <sup>3</sup>	1420	
Độ nén đập trong xi lanh	Khô	%	8.65
	Bão hòa		10.65
Hàm lượng hạt thoi dẹt	%	25.03	
Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	1.66	
Độ mài mòn Los Angeles	%	24.36	



Hình 2: Đường cong cấp phối hạt của cát và đá dăm

Bảng 4: Cấp phối bê tông (kg/m<sup>3</sup>)

Số TT	Tên cấp phối	Nước ngọt	Chất kết dính		Cốt liệu		Phụ gia siêu dẻo
			Xi măng	Tro mía	Cát	Đá dăm	
1	PCB	173	472.5	-	792.0	1053.0	3.6
2	SCBA	173	448.9	24.1	792.0	1053.0	4.0

được thêm vào để trộn tiếp trong 3 phút. Cuối cùng, cho từ từ hỗn hợp nước có chứa phụ gia siêu dẻo đã được hoà tan sẵn vào hỗn hợp và máy trộn thêm trong 3 phút để đảm bảo hỗn hợp bao gồm chất kết dính, đá, cát và nước có chứa phụ gia siêu dẻo tạo thành hỗn hợp đồng nhất.

Sau khi trộn, bê tông tươi được đổ vào khuôn thép. Sau khi hỗn hợp bê tông bắt đầu ninh kết, dùng bay và bàn xoa đã được làm ẩm để hoàn thiện lớp bề mặt bê tông. Sau đó, bề mặt mẫu được bao phủ bởi màng nhựa để nước không bị bốc hơi và mẫu được bảo dưỡng ở nhiệt độ trong phòng thí nghiệm, xem Hình 3. Các mẫu bê tông được tháo dỡ sau 24 giờ và sau đó được chia thành 2 nhóm: 1 nhóm được bảo dưỡng trong nước và 1 nhóm được bảo dưỡng trong không khí cho đến ngày thí nghiệm. Việc bảo dưỡng mẫu được thể hiện qua Hình 4.

### Thí nghiệm xác định các chỉ tiêu kỹ thuật của bê tông

Vận tốc xung siêu âm và cường độ chịu nén của bê tông được xác định theo tiêu chuẩn theo TCVN 9357:2012 và TCVN 3118:2022<sup>29,30</sup>. Thí nghiệm được tiến hành trên mẫu lập phương có kích thước 15×15×15 cm ở các độ tuổi khác nhau, cụ thể là 7, 28, và 56 ngày. Kết quả thí nghiệm là giá trị trung bình của 3 mẫu thử. Ghi chú là để giảm thiểu ảnh hưởng của sự chênh lệch độ ẩm đến kết quả thí nghiệm, tất cả các mẫu ngâm trong nước ngọt đều được lấy ra khỏi bể và để khô ít nhất 6 giờ trước khi tiến hành thí nghiệm.

Độ thấm nước của bê tông được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM C642<sup>31</sup>. Thí nghiệm được tiến hành trên mẫu lập phương có kích thước 10×10×10 cm ở độ tuổi 28 và 56 ngày. Kết quả thí nghiệm là giá trị trung bình của 3 mẫu thử. Quá trình thí nghiệm được tiến hành như sau: Đầu tiên, khối lượng mẫu bê tông khô được xác định sau khi đặt trong tủ sấy ở



a) Để trong không khí



b) Ngâm trong nước

Hình 4: Bảo dưỡng mẫu bê tông trong không khí (a) và nước ngọt (b)



Hình 3: Mẫu bê tông sau khi đúc.

294 nhiệt độ  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$  trong 24 giờ (Hình 5a); Sau khi  
 295 được ngâm trong nước trong 48 giờ, mẫu được đun  
 296 sôi trong bể dưỡng nhiệt ở  $90^{\circ}\text{C}$  trong 5h (Hình 5b)  
 297 và khối lượng mẫu sau khi ngâm nước được xác định  
 298 sau khi để nước nguội đến nhiệt độ phòng sau hơn  
 299 14h; Cuối cùng, khối lượng mẫu cân trong nước được  
 300 xác định (Hình 5c). Độ thấm nước và thể tích lỗ rỗng  
 301 hờ của mẫu được xác định theo công thức (1) và (2)  
 302 sau:

$$R = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \quad (1)$$

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_2} \times 100 \quad (2)$$

Trong đó:

R là độ thấm nước của bê tông, %;

P là thể tích lỗ rỗng của bê tông, %;

$m_1$  là khối lượng của mẫu sau khi ngâm nước và đun sôi, g;

$m_0$  là khối lượng mẫu ở trạng thái khô, g;

$m_2$  là khối lượng mẫu khi cân trong nước, g;

Trong khi đó, độ hút nước do mao dẫn của bê tông được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM C 1585-13<sup>32</sup>.

Thí nghiệm được tiến hành trên mẫu lập phương có kích thước  $10 \times 10 \times 10$  cm ở độ tuổi 28 và 56 ngày. Kết quả thí nghiệm là giá trị trung bình của 3 mẫu thử.

Tại thời điểm thí nghiệm, bề mặt các mẫu bê tông được làm sạch. Sau đó, 4 mặt bên của mẫu được quét dung dịch sika chống thấm chuyên dụng nhằm đảm bảo cho nước chỉ thấm một chiều vào mẫu từ bề mặt tiếp xúc với nước. Sau đó, mẫu được để trong tủ sấy ở nhiệt độ  $60^{\circ}\text{C}$ . Sau 48h, mẫu được làm nguội đến nhiệt độ phòng bằng cách để trong thùng nhựa kín tối thiểu 14h. Trước khi tiến hành thí nghiệm, mặt trên của mẫu được bọc bằng lớp màng nhựa mỏng để nước không bị bốc hơi hay thoát ra ngoài trong suốt quá trình thí nghiệm. Hình 6 thể hiện thí nghiệm xác định độ mao dẫn của bê tông. Trước khi bắt đầu thí nghiệm, tiến hành đo khối lượng mẫu bê tông sau khi đã xử lý chống thấm; sau đó, mẫu được cho vào khay có chứa nước và bề mặt mẫu chỉ ngập trong nước khoảng từ 3 đến 5 mm. Tại các thời điểm  $t = 1, 2, 5, 10, 20, 30$  phút và 1, 2, 3, 4, 5, 6 giờ, mẫu được cân nhằm xác định độ tăng khối lượng theo thời gian. Lượng nước hút do mao dẫn tích lũy của mẫu được xác định theo công thức (3); và hệ số độ hút nước mao dẫn được xác định dựa vào quan hệ giữa lượng nước hút mao dẫn tích lũy và căn bậc hai của khoảng thời gian

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336



a) Đặt trong tủ sấy



b) Ngâm trong nước



c) Cân xác định khối lượng trong nước

**Hình 5:** Thí nghiệm xác định độ thấm nước của bê tông.

337 thí nghiệm theo công thức (4) sau:

$$I = \frac{m_t - m_0}{A/d} \times 100 \quad (3)$$

$$S = \frac{I}{\sqrt{t}} \quad (4)$$

338 Trong đó:

339  $I$  là lượng nước hút mao dẫn tích lũy, g;

340  $S$  là hệ số độ hút nước mao dẫn,  $g/s^{1/2}$ ;

341  $m_0$  là Khối lượng mẫu ban đầu sau khi xử lý chống thấm xung quanh, g;

343  $m_t$  là Khối lượng của mẫu sau khi ngâm nước ở các thời điểm  $t = 1, 2, 5, 10, 20, 30$  phút và  $1, 2, 3, 4, 5, 6$  giờ, g;

346  $A$  là Diện tích mặt mẫu tiếp xúc với nước,  $mm^2$ ;

347  $d$  là Khối lượng riêng của nước,  $0.001g/mm^3$ ;

348  $t$  là thời gian thí nghiệm, s;

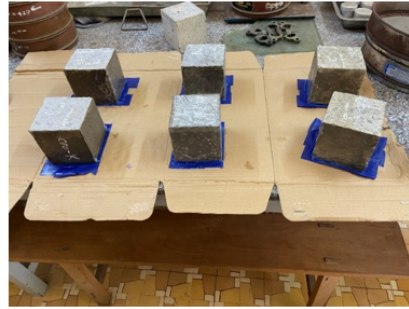
349 Ngoài ra, tại 56 ngày tuổi, mẫu của các cấp phối trong 350 2 điều kiện bảo dưỡng được lựa chọn cẩn thận với

kích thước khoảng 5 mm để tiến hành thí nghiệm xác định hình ảnh vi cấu trúc SEM (Scanning electron Microscopy). Mẫu sau khi được chọn sẽ ngâm trong axeton để ngăn chặn quá trình tiếp tục thủy hoá của xi măng và quá trình cacbonat hóa cho đến khi có thể tiến hành thí nghiệm. Trước khi thử nghiệm, mẫu được sấy khô trong bình hút ẩm chân không trong 24 giờ. Các mẫu sau đó được phủ một lớp bạch kim để cho hình ảnh cấu trúc rõ ràng. Điện áp gia tốc 15 kV và điều chỉnh độ phóng đại đến 1000 lần để quan sát sự khác biệt về cấu trúc vi mô giữa các mẫu.

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### Vận tốc xung siêu âm

Chỉ số vận tốc xung siêu âm được xem như là một chỉ tiêu để đánh giá độ đồng nhất của bê tông, và thường liên quan đến tính chất cơ lý của bê tông. Thông thường, bê tông càng đặc chắc thì cho kết quả vận tốc xung siêu âm càng lớn. Kết quả vận tốc xung siêu âm



a) Mẫu được xử lý chống thấm



b) Mẫu được để trong thùng nhựa kín



c) Mẫu đang tiến hành thí nghiệm

**Hình 6:** Thí nghiệm xác định độ hút nước mao dẫn của bê tông.

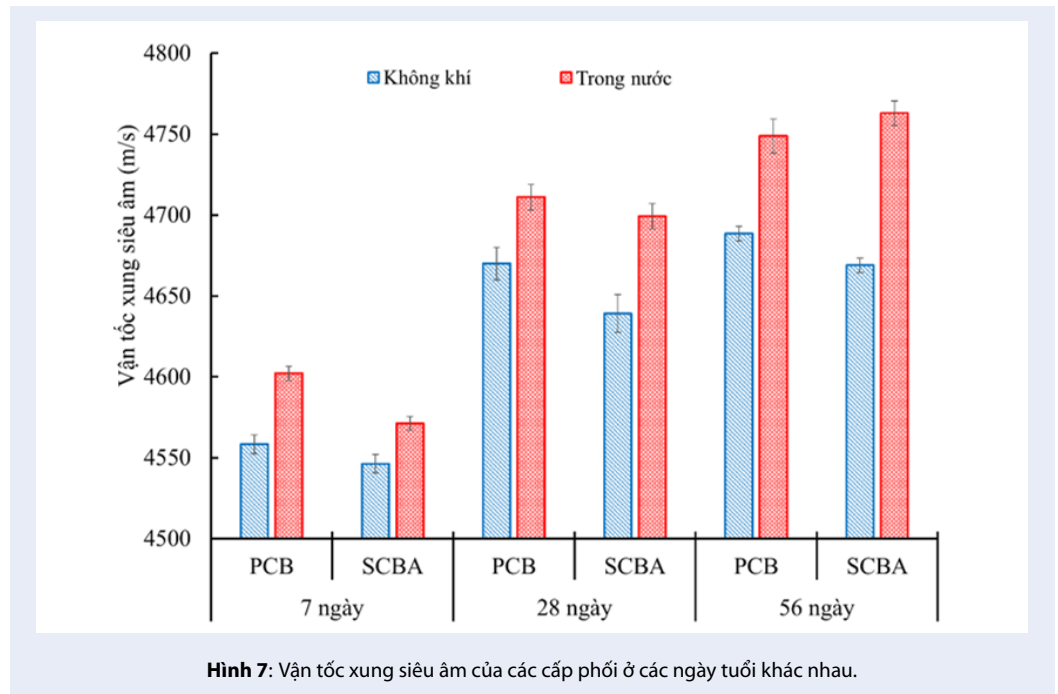
369 của tất cả các cấp phối ở hai điều kiện bảo dưỡng và  
 370 các ngày tuổi khác nhau được thể hiện qua Hình 7.  
 371 Vận tốc xung siêu âm đo được cho tất cả các hỗn hợp  
 372 nằm trong khoảng từ 4546 đến 4763 m/s. Madan-  
 373 doust and Mousavi<sup>33</sup> đã đề xuất chung cho việc phân  
 374 loại chất lượng bê tông như sau: bê tông có chất lượng  
 375 được xem là “rất tốt”, “tốt”, “ngghi ngờ”, “kém” và “rất  
 376 kém” tương ứng với giá trị vận tốc xung siêu âm tương  
 377 ứng từ 4500 m/s trở lên, 3500–4500 m/s, 3000–3500  
 378 m/s, 2000–3000 m/s, và 2000 m/s trở xuống. Theo đó,  
 379 tất cả hỗn hợp bê tông đều có chất lượng rất tốt ở tất  
 380 cả các ngày tuổi và trong cả hai điều kiện bảo dưỡng.  
 381 Từ Hình 7, vận tốc xung siêu âm của hai cấp phối đều  
 382 tăng theo thời gian bất kể điều kiện bảo dưỡng trong  
 383 nước hay ngoài không khí. Điều này có được là do  
 384 nhờ vào sự đóng góp của các sản phẩm được tạo ra từ  
 385 quá trình thủy hoá của hệ chất kết dính đã làm giảm  
 386 độ rỗng của bê tông<sup>19</sup>. Bên cạnh đó, việc thay thế xi  
 387 măng bằng SCBA đã làm giảm vận tốc xung siêu âm  
 388 của bê tông trước 28 ngày tuổi trong cả hai điều kiện  
 389 bảo dưỡng so với cấp phối đối chứng PCB. Điều này  
 390 chứng tỏ việc dùng SCBA đã làm tăng độ rỗng của  
 391 bê tông trước 28 ngày. Tuy nhiên ở tuổi 56 ngày, vận  
 392 tốc xung siêu âm của cấp phối bê tông chứa SCBA bảo  
 393 dưỡng trong nước ngọt thì lại tăng nhẹ so với cấp phối  
 394 đối chứng. Cụ thể, vận tốc xung siêu âm của cấp phối

bê tông chứa SCBA và PCB bảo dưỡng trong nước  
 395 ngọt ở 56 ngày là 4763 m/s và 4749 m/s. Trong khi  
 396 đó, vận tốc xung siêu âm của cấp phối bê tông chứa  
 397 SCBA bảo dưỡng trong không khí thì vẫn thấp hơn so  
 398 với cấp phối đối chứng ở tuổi 56 ngày. Như vậy, điều  
 399 này chứng tỏ việc bảo dưỡng bê tông trong không khí  
 400 đã ảnh hưởng đến quá trình thủy hoá của hệ chất kết  
 401 dính của bê tông.  
 402

### Cường độ chịu nén của bê tông

403  
 404 Kết quả cường độ chịu nén của tất cả các cấp phối  
 405 ở các ngày tuổi khác nhau trong hai điều kiện bảo  
 406 dưỡng được thể hiện qua Hình 8. Từ Hình 8, ta thấy  
 407 rằng cường độ chịu nén của tất cả các cấp phối đều  
 408 tăng dần theo thời gian từ 7 ngày cho đến 56 ngày bất  
 409 kể là trong cấp phối có dùng tro mía thay thế cho xi  
 410 măng hay là bảo dưỡng trong nước ngọt và khlong  
 411 khí. Us gia tăng cường độ chịu nén theo thời gian  
 412 này có thể là kết quả của quá trình thủy hoá của xi  
 413 măng<sup>19,34–37</sup>. Bên cạnh đó, cường độ chịu nén của bê  
 414 tông sử dụng tro mía để thay thế cho xi măng (SCBA)  
 415 ở 7 và 28 ngày tuổi thấp hơn so với cấp phối đối chứng  
 416 trong cả hai điều kiện bảo dưỡng. Cụ thể, việc thay  
 417 thế 5% xi măng bằng tro mía làm giảm 1.2 và 8.7%  
 418 cường độ nén của mẫu bê tông SCBA ở 28 ngày tuổi,  
 419 tương ứng trong điều kiện bảo dưỡng nước ngọt và  
 419





Hình 7: Vận tốc xung siêu âm của các cấp phối ở các ngày tuổi khác nhau.

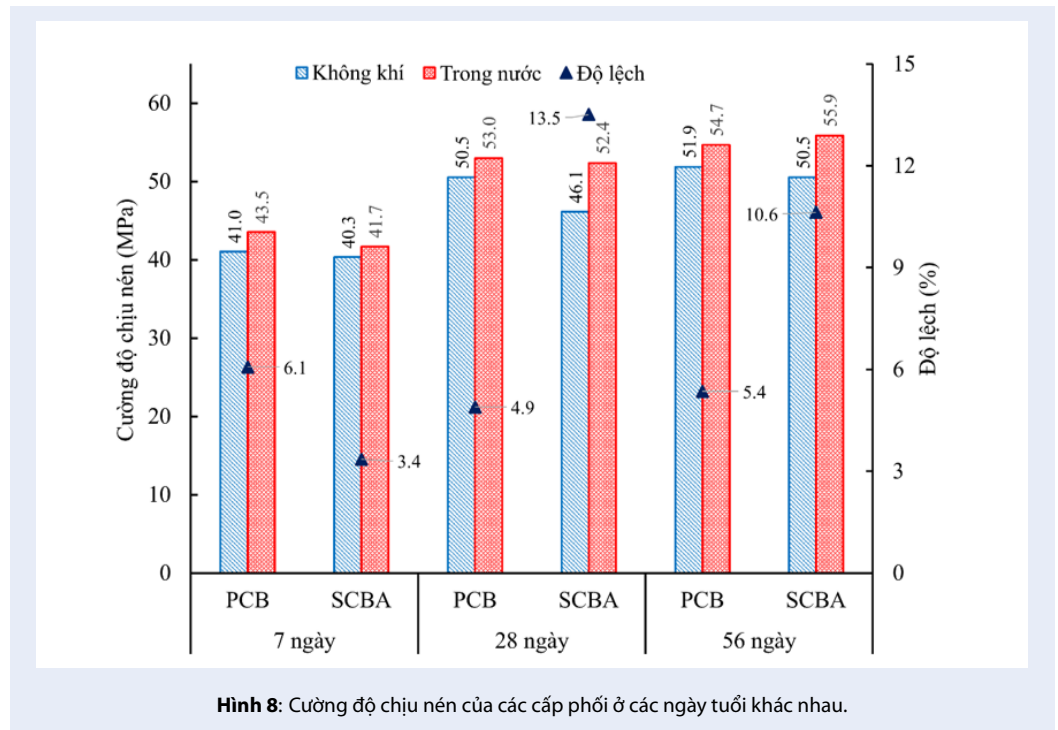
không khí so với mẫu đối chứng PCB. Nguyên nhân được cho là do khi thay thế xi măng bằng tro mía, hàm lượng xi măng bị giảm đi, nên kết quả là các sản phẩm tạo thành từ quá trình thủy hoá của xi măng như calcium silica hydrate (C-S-H) và portlandite (CH) cũng giảm theo<sup>19,38</sup>. Kết quả là làm ảnh hưởng đến quá trình phản ứng pozzolanic của tro mía – Đây là quá trình phản ứng của SiO<sub>2</sub> vô định hình có trong tro mía với thành phần CH trong bê tông để tạo thành C-S-H. Đồng thời, mức độ hoạt tính của tro mía xảy ra chậm hơn xi măng ở trước 28 ngày tuổi, xem mục 2.1 về chỉ số SAI của tro mía. Do đó, cường độ chịu nén của bê tông chứa tro mía bị giảm nhẹ so với mẫu đối chứng ở các ngày tuổi ban đầu (7 và 28 ngày tuổi). Tuy nhiên, đến 56 ngày tuổi, sự thay thế xi măng bằng 5 tro mía góp phần làm tăng nhẹ về cường độ chịu nén của bê tông 2.2% so với cấp phối PCB trong điều kiện bảo dưỡng nước ngọt. Kết quả này có được là nhờ lượng C-S-H được tạo thành nhiều hơn từ phản ứng pozzolanic của tro mía nên đã đóng góp vào sự tăng cường độ chịu nén của bê tông<sup>19</sup>.

Nhưng ngược lại, từ Hình 8, ta thấy rằng bảo dưỡng bê tông trong không khí ảnh hưởng lớn đến cường độ chịu nén của bê tông đặc biệt là bê tông có chứa tro mía. Cụ thể, độ giảm về cường độ chịu nén của cấp phối PCB bảo dưỡng trong điều kiện nước ngọt và không khí ở 28 và 56 ngày là 4.9 và 5.4%. Trong khi đó, độ giảm đối với cấp phối SCBA là 13.5 và 10.6% tương ứng 28 và 56 ngày. Bên cạnh đó, cường độ chịu

nén của cấp phối bê tông SCBA cũng thấp hơn cấp phối PCB ở 56 ngày tuổi trong điều kiện bảo dưỡng không khí. Việc giảm cường độ chịu nén khi bê tông bảo dưỡng ở trong không khí sau khi tháo khuôn là do một phần lượng nước bị bốc hơi nên không đủ để cho xi măng thủy hoá hoàn toàn nhằm tạo ra các sản phẩm thủy hoá đóng góp vào sự gia tăng cường độ của bê tông<sup>23,36,39,40</sup>. Kết quả là lượng CH tạo ra trong bê tông bảo dưỡng không khí không đủ nhiều để cho các phản ứng pozzolanic của tro mía. Kết quả là lượng C-S-H hình thành ít hơn, ảnh hưởng trực tiếp đến cường độ chịu nén của bê tông. Đồng thời, việc bê tông tiếp xúc với môi trường không khí ở tuổi sớm ngày thì cường độ chịu nén của bê tông còn bị ảnh hưởng bởi do quá trình co ngót khô và co ngót do cacbonat (dry and carbonation shrinkages)<sup>36,41,42</sup>. Ảnh hưởng của các quá trình co ngót này đã tạo ra các vết nứt trong bê tông, dẫn đến kết quả cường độ chịu nén của bê tông bị giảm.

### Độ thấm nước và thể tích lỗ rỗng hở của bê tông

Độ thấm nước của các cấp phối bê tông trong hai điều kiện bảo dưỡng được thể hiện ở Hình 9. Nhìn chung, độ thấm nước của tất cả các cấp phối đều giảm từ 28 đến 56 ngày bất kể điều kiện bảo dưỡng hay là trong cấp phối có dùng tro mía thay thế cho xi măng. Điều này là do các sản phẩm được tạo thành từ quá trình thủy hoá của xi măng và phản ứng pozzolanic đã đóng



Hình 8: Cường độ chịu nén của các cấp phối ở các ngày tuổi khác nhau.

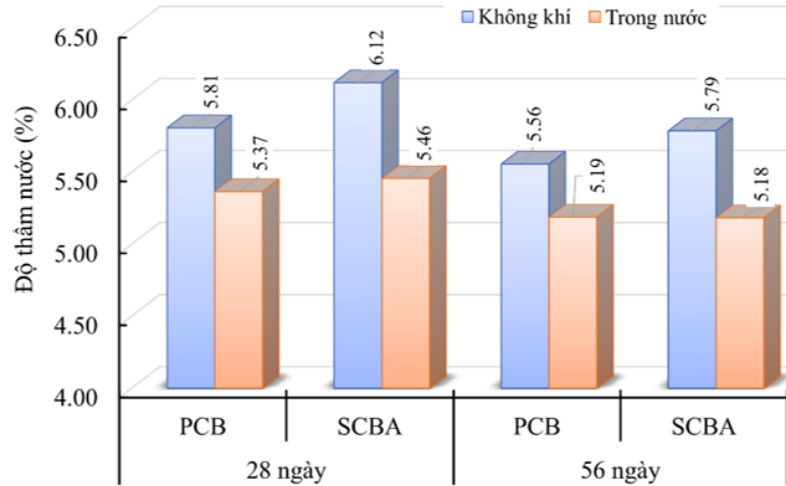
góp vào sự tắc nghẽn của các lỗ rỗng trong ma trận bê tông<sup>19,41</sup>. Ngoài ra, độ thấm nước của các cấp phối được bảo dưỡng trong điều kiện không khí cao hơn các cấp phối bảo dưỡng trong nước ngọt bất kể ngày tuổi hay là trong thành phần chất kết dính có tro mía hoặc không. Xu hướng này cũng xảy ra tương tự đối với kết quả thể tích lỗ rỗng hở, xem Hình 10. Tức là, thể tích lỗ rỗng hở của các cấp phối cũng giảm theo thời gian từ 28 đến 56 ngày tuổi. Ngoài ra, thể tích lỗ rỗng hở của các cấp phối trong điều kiện bảo dưỡng không khí lại cao hơn so với cấp phối tương ứng được bảo dưỡng trong điều kiện nước ngọt.

Sự chênh lệch về độ thấm nước và thể tích lỗ rỗng hở của các cấp phối so với cấp phối PCB bảo dưỡng trong nước ngọt (cấp phối đối chứng) được thể hiện qua Hình 11. Ta thấy rằng, điều kiện bảo dưỡng ảnh hưởng lớn đến thể tích lỗ rỗng hở và độ thấm nước của bê tông, đặc biệt là cấp phối có chứa SCBA. Cụ thể, trong điều kiện bảo dưỡng nước ngọt thì cấp phối SCBA có độ thấm nước và thể tích lỗ rỗng hở ở 56 ngày tuổi tương đương với cấp phối đối chứng. Nhưng ngược lại, trong điều kiện bảo dưỡng không khí thì độ thấm nước và thể tích lỗ rỗng hở của cấp phối SCBA cao hơn cấp phối đối chứng lần lượt là 11.5 và 13.3% ở 56 ngày tuổi. Xu hướng này cũng xảy ra tương tự đối với cấp phối PCB, cụ thể độ thấm nước và thể tích lỗ rỗng hở của cấp phối PCB bảo dưỡng trong không khí cao hơn 7.1 và 9.2% so với cấp phối

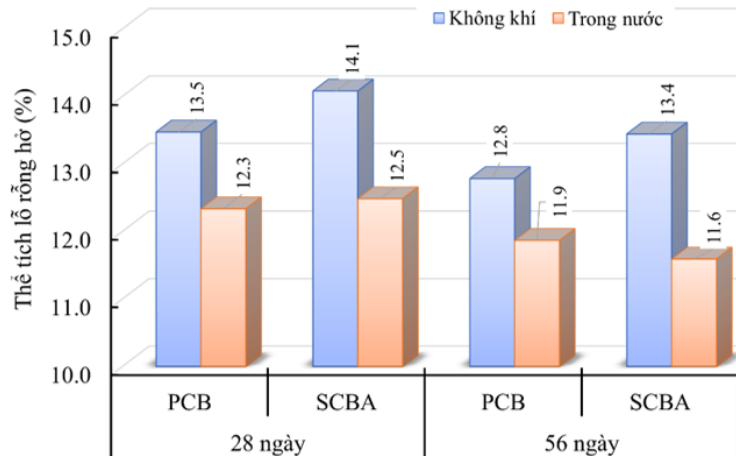
PCB bảo dưỡng trong nước ngọt ở 56 ngày tuổi. Như được giải thích ở phần 3.2, một phần nguyên nhân do không đủ nước để cho quá trình thủy hoá của xi măng được xảy ra hoàn toàn khi bê tông tiếp xúc với môi trường bên ngoài trong giai đoạn ban đầu. Một phần nguyên nhân khác đến từ ảnh hưởng của quá trình co ngót (khô và carbonat) đã phát sinh các vết nứt trong bê tông nên kết quả là độ thấm nước và thể tích lỗ rỗng hở của cấp phối bảo dưỡng trong không khí cao hơn so với bảo dưỡng trong nước ngọt<sup>36,41,42</sup>.

### Độ hút nước mao dẫn của bê tông

Hình 12 thể hiện tương quan điển hình giữa lượng nước hút do mao dẫn tích lũy và thời gian của các cấp phối bê tông ở 56 ngày tuổi. Từ Hình 12, ta cũng thấy được rằng lượng nước hút do mao dẫn tích lũy theo thời gian của các cấp phối bảo dưỡng trong điều kiện nước ngọt thấp hơn các cấp phối bảo dưỡng trong điều kiện không khí. Đồng thời, dựa vào mối tương quan giữa lượng nước hút do mao dẫn tích lũy và thời gian, hệ số độ hút nước do mao dẫn được xác định và thể hiện ở Hình 13. Trong khi hệ số độ hút nước mao dẫn của các cấp phối được bảo dưỡng trong điều kiện nước ngọt giảm từ 28 đến 56 ngày thì ngược lại, hệ số độ hút nước mao dẫn của các cấp phối được bảo dưỡng trong điều kiện không khí lại tăng bất kể là trong cấp phối có dùng tro mía thay thế cho xi măng hay không. Đồng thời, hệ số độ hút nước mao dẫn của



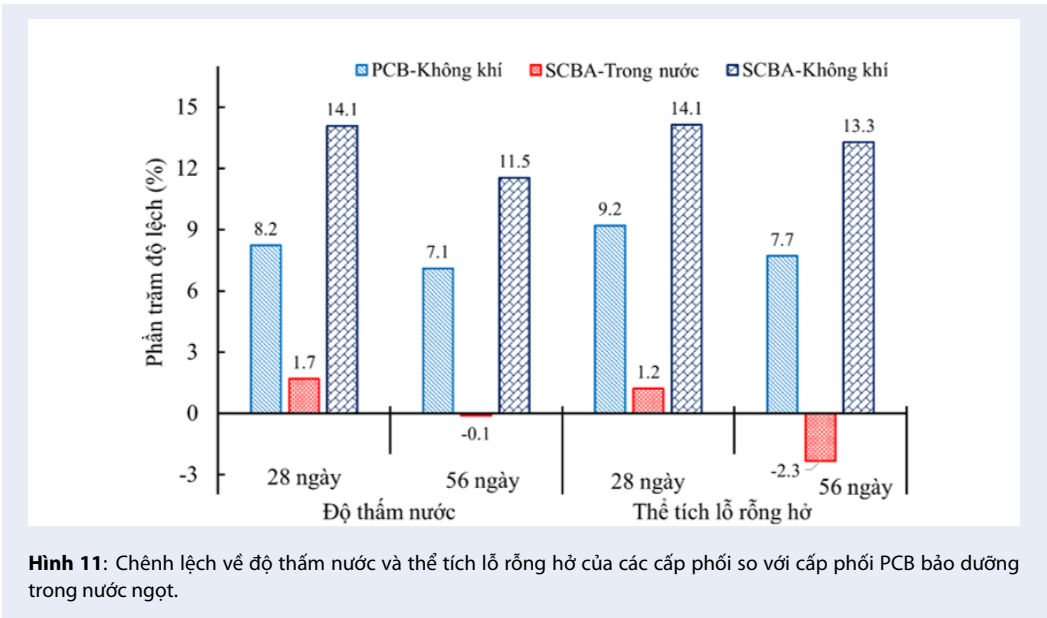
Hình 9: . Độ thấm nước của các cấp phối bê tông ở các ngày tuổi khác nhau.



Hình 10: Thể tích lỗ rỗng hở của các cấp phối bê tông ở các ngày tuổi khác nhau.

532 các cấp phối được bảo dưỡng trong điều kiện không  
 533 khí cao hơn so với các cấp phối được bảo dưỡng trong  
 534 điều kiện nước ngọt bất kể ngày tuổi. Cụ thể, hệ số độ  
 535 hút nước mao dẫn của cấp phối PCB và SCBA được  
 536 bảo dưỡng trong điều kiện nước ngọt giảm tương ứng  
 537 là 6.0 và 9.4% từ 28 đến 56 ngày tuổi; trong khi đó, hệ  
 538 số độ hút nước mao dẫn của cấp phối PCB và SCBA  
 539 được bảo dưỡng trong điều kiện không khí tăng tương  
 540 ứng là 45.3 và 22.5% từ 28 đến 56 ngày tuổi. Ngoài ra  
 541 trong điều kiện bảo dưỡng nước ngọt, hệ số độ hút  
 542 nước mao dẫn của cấp phối SCBA thấp hơn cấp phối  
 543 PCB 6.6% ở 56 ngày tuổi; trong khi ở điều kiện bảo

544 dưỡng không khí thì cấp phối SCBA có hệ số độ hút  
 545 nước mao dẫn cao hơn cấp phối PCB 40.7%. Nguyên  
 546 nhân là việc bảo dưỡng trong nước ngọt đã tạo điều  
 547 kiện thuận lợi cho quá trình thủy hoá của xi măng và  
 548 phản ứng pozzolanic của tro mía diễn ra nhiều hơn,  
 549 kết quả là tạo ra được nhiều sản phẩm như C-S-H  
 550 góp phần vào việc giảm độ hút nước mao dẫn của  
 551 bê tông<sup>19,41</sup>. Trong khi đó, bảo dưỡng bê tông trong  
 552 không khí không chỉ ảnh hưởng đến quá trình thủy  
 553 hoá và pozzolanic mà còn tạo điều kiện thuận lợi cho  
 554 việc phát sinh các vết nứt trong bê tông do co ngót  
 555 (co ngót khô và carbonat). Kết quả là làm tăng hệ số độ



**Hình 11:** Chênh lệch về độ thấm nước và thể tích lỗ rỗng hở của các cấp phối so với cấp phối PCB bảo dưỡng trong nước ngọt.

556 hút nước mao dẫn của bê tông. Tác giả Dang và cộng  
 557 sự<sup>41</sup> đã nói rằng hệ số độ hút nước mao dẫn có thể  
 558 được xem là một chỉ số để đánh giá độ bền hóa học  
 559 vì nó liên quan trực tiếp đến khả năng chống chịu của  
 560 bê tông trước sự xâm nhập của các tác nhân gây hại  
 561 bên ngoài như các ion clo hay sulfate. Do đó hệ số độ  
 562 hút nước mao dẫn tăng cũng đồng nghĩa với việc tuổi  
 563 thọ của bê tông sẽ giảm.

564 **Quan hệ giữa cường độ chịu nén, vận tốc**  
 565 **xung siêu âm, tính thấm nước và thể tích lỗ**  
 566 **rỗng hở của bê tông**

567 Tương quan giữa thể tích lỗ rỗng hở, cường độ chịu  
 568 nén và vận tốc xung siêu âm ở 28 và 56 ngày được thể  
 569 hiện qua Hình 14. Từ Hình 14, ta thấy cả hai chỉ số  
 570 cường độ chịu nén và vận tốc xung siêu âm đều có mối  
 571 tương quan nghịch với thể tích lỗ rỗng hở của bê tông  
 572 với hệ số tương quan R<sup>2</sup> tương ứng là 0.94 và 0.96.  
 573 Điều này chứng tỏ rằng bê tông có thể tích lỗ rỗng hở  
 574 càng nhỏ thì cường độ chịu nén và vận tốc xung siêu  
 575 âm càng cao.

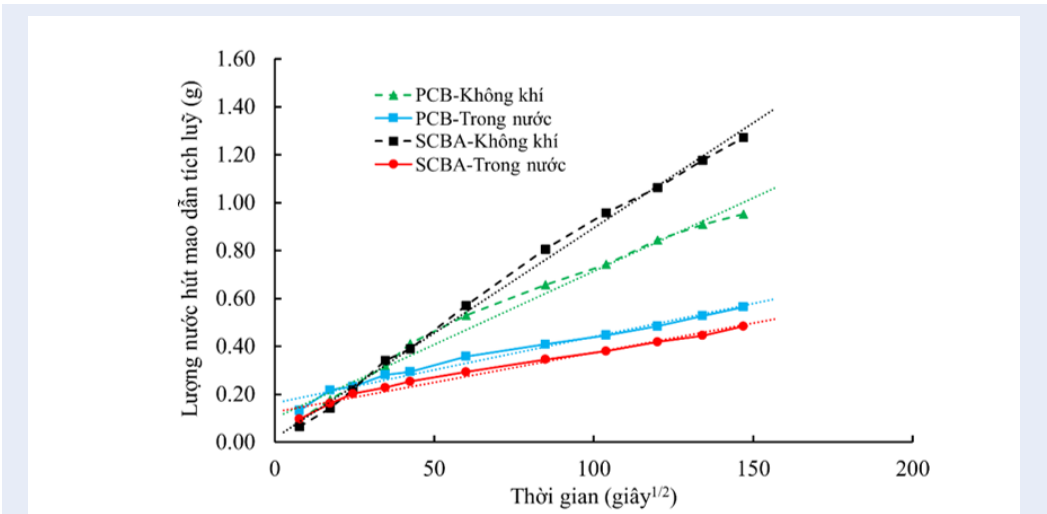
576 Hình 15 trình bày mối tương quan giữa thể tích lỗ  
 577 rỗng hở với độ thấm nước và hệ số độ hút nước mao  
 578 dẫn của bê tông. Độ thấm nước của bê tông có mối  
 579 tương quan thuận với thể tích lỗ rỗng hở với hệ số  
 580 tương quan R<sup>2</sup> = 0.98, tức bê tông có thể tích lỗ rỗng  
 581 hở càng lớn thì nước càng dễ thấm xâm nhập vào bên  
 582 trong thông qua các lỗ rỗng liên kết với nhau không  
 583 phụ thuộc vào điều kiện bảo dưỡng hay sử dụng tro  
 584 mía. Trong khi đó, điều kiện bảo dưỡng không khí  
 585 đã ảnh hưởng rất lớn đến tương quan giữa hệ số độ  
 586 hút nước mao dẫn và thể tích lỗ rỗng hở. Dang và

587 cộng sự<sup>36,41</sup> đã nói rằng hệ số độ hút nước mao dẫn  
 588 phản ánh khả năng hút nước do lực hút mao dẫn của  
 589 vật liệu và bị chi phối rất lớn bởi tính chất hay chất  
 590 lượng của bề mặt của vật liệu. Khi bảo dưỡng bê tông  
 591 trong điều kiện không khí thì sự hình thành các vết  
 592 nứt do quá trình co ngót nên đã thúc đẩy sự xâm nhập  
 593 của nước vào bê tông bằng lực hút mao dẫn và kết  
 594 quả là làm tăng hệ số hút nước mao dẫn của bê tông.  
 595 Kết quả này hoàn toàn phù hợp với kết luận của Dang  
 596 và cộng sự<sup>36,41</sup> khi báo cáo rằng quá trình co ngót  
 597 do carbonat mặc dù làm giảm thể tích lỗ rỗng hở của  
 598 bê tông nhưng lại làm tăng hệ số độ hút nước mao  
 599 dẫn của bê tông. Bên cạnh đó, để minh chứng cho  
 600 giải thích này, mẫu bê tông của các cấp phối ở 2 điều  
 601 kiện bảo dưỡng được thu thập và thí nghiệm xác  
 602 định hình ảnh vi cấu trúc với độ phân giải × 1000 bằng  
 603 thiết bị JSM-IT200 (USA). Từ Hình 16, ta rõ ràng thấy  
 604 được các vết nứt hình thành trên bề mặt của mẫu bê  
 605 tông bảo dưỡng trong điều kiện không khí (Hình 16  
 606 c và d). Trong khi đó thì các mẫu bê tông bảo dưỡng  
 607 trong điều kiện ngâm nước ngọt thì không có vết nứt  
 608 (Hình 16 a và b).

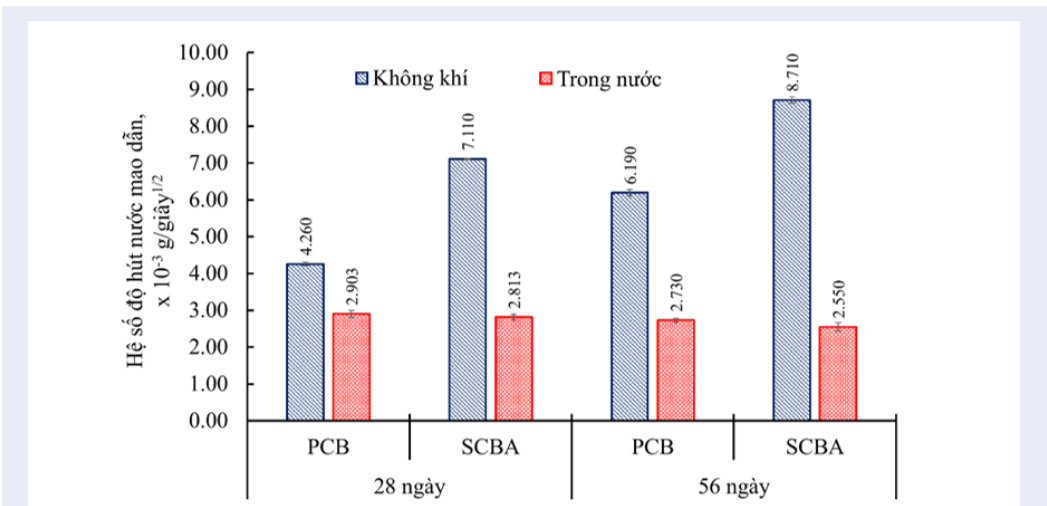
609 **KẾT LUẬN**

610 Một số kết luận sau được rút ra từ kết quả thí nghiệm  
 611 như sau:

- 612 • Sự thay thế xi măng bằng tro mía làm giảm vận  
 613 tốc xung siêu âm và cường độ chịu nén của bê  
 614 tông trước 28 ngày tuổi bất kể điều kiện bảo  
 615 dưỡng. Nhưng ở 56 ngày tuổi, thì cấp phối chứa  
 616 tro mía được bảo dưỡng trong nước ngọt thì có



**Hình 12:** Tương quan điển hình giữa lượng hút nước do mao dẫn và thời gian của các cấp phối bê tông ở 56 ngày tuổi.



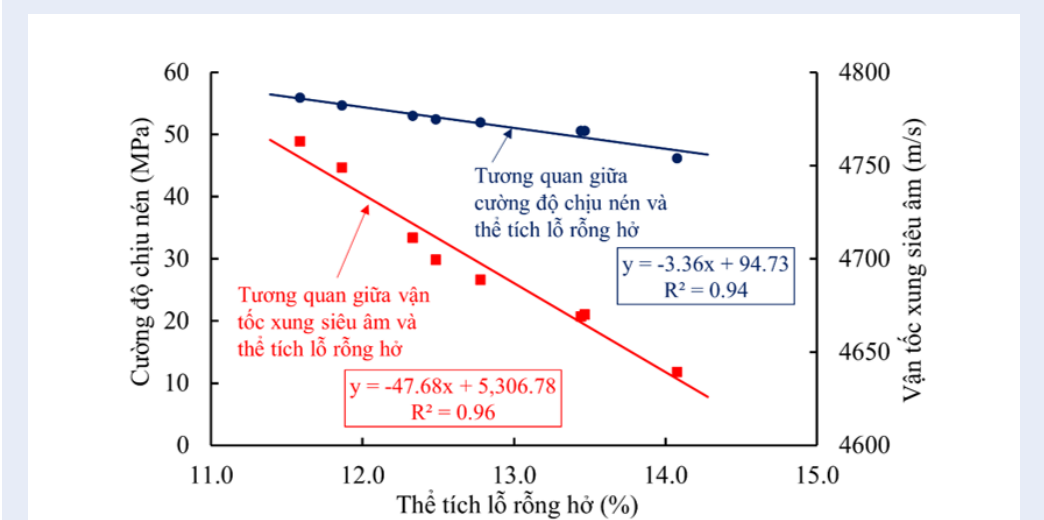
**Hình 13:** Độ hút nước do mao dẫn của các cấp phối bê tông ở các ngày tuổi khác nhau.

617 vận tốc xung siêu âm và cường độ chịu nén tăng  
618 nhẹ so với cấp phối đối chứng.

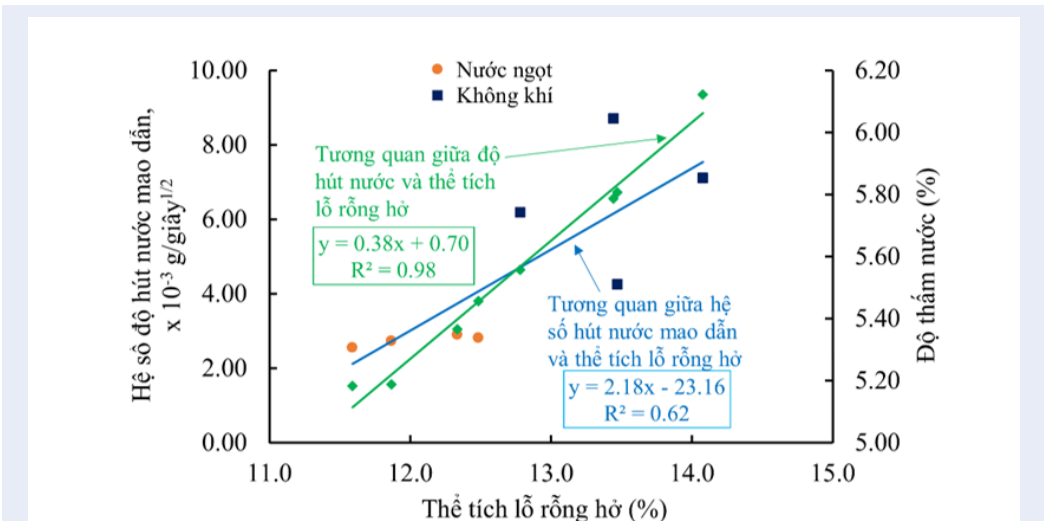
- 619 • Bảo dưỡng bê tông trong không khí làm giảm  
620 vận tốc xung siêu âm và cường độ chịu nén của  
621 bê tông, đặc biệt là bê tông có sử dụng tro mía  
622 so với bê tông được bảo dưỡng trong nước ngọt.
- 623 • Độ thấm nước và thể tích lỗ rỗng hở của bê  
624 tông sử dụng tro mía tương đương với cấp phối  
625 đối chứng ở 56 ngày tuổi khi được bảo dưỡng  
626 trong điều kiện nước ngọt. Nhưng trong điều  
627 kiện không khí, độ thấm nước và thể tích lỗ  
628 rỗng hở của cấp phối kể cả có chứa tro mía  
629 hay không đều cao hơn cấp phối đối chứng bảo

630 dưỡng trong nước ngọt bất kể ngày tuổi.

- 631 • Hệ số độ hút nước mao dẫn của các cấp phối  
632 được bảo dưỡng trong điều kiện nước ngọt giảm  
633 từ 28 đến 56 ngày thì ngược lại, hệ số độ hút  
634 nước mao dẫn của các cấp phối được bảo dưỡng  
635 trong điều kiện không khí lại tăng bất kể là trong  
636 cấp phối có dùng tro mía thay thế cho xi măng  
637 hay không. Đồng thời, hệ số độ hút nước  
638 mao dẫn của các cấp phối được bảo dưỡng trong điều  
639 kiện không khí cao hơn so với các cấp phối được  
640 bảo dưỡng trong điều kiện nước ngọt bất kể  
641 ngày tuổi.



Hình 14: Tương quan giữa giữa cường độ chịu nén và vận tốc xung siêu âm với thể tích lỗ rỗng hở.



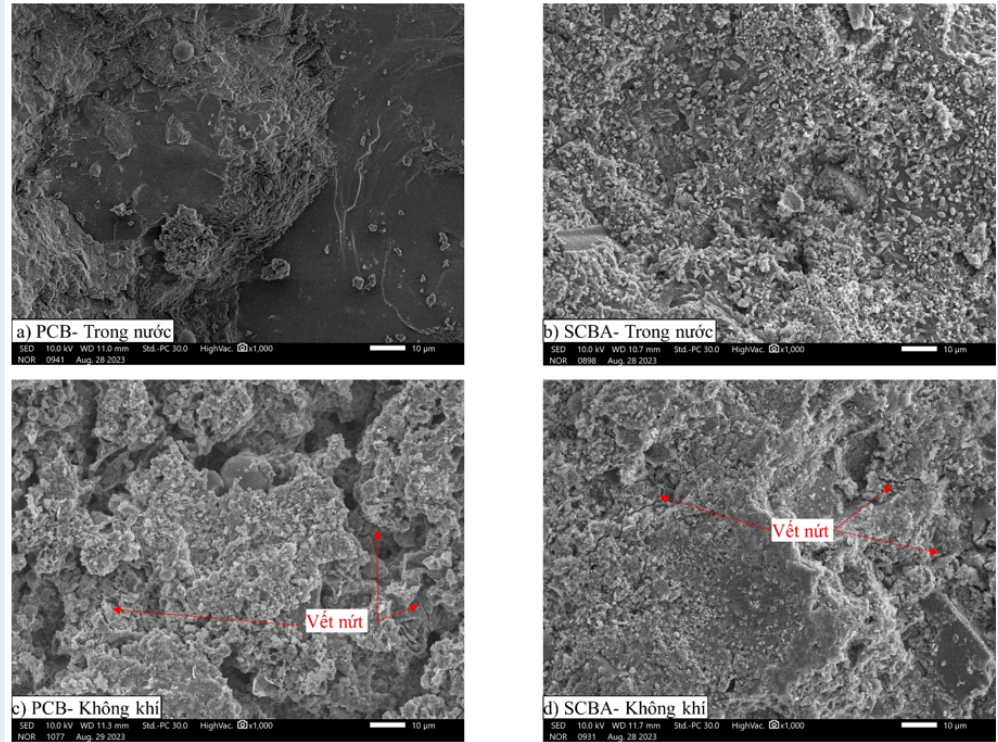
Hình 15: Tương quan giữa giữa hệ số độ hút nước mao dẫn và độ thấm nước với thể tích lỗ rỗng hở.

642 Nhìn chung, việc tận dụng tro mía để thay thế xi măng  
 643 trong việc chế tạo bê tông mang tính khả thi vì vẫn có  
 644 thể đảm bảo được các tính chất cơ lý của bê tông so  
 645 với cấp phối đối chứng. Điều này góp phần làm giảm  
 646 hàm lượng xi măng sử dụng, qua đó giảm phát thải khí  
 647 CO<sub>2</sub> ra môi trường. Tuy nhiên, việc ứng dụng trong  
 648 mía trong sản xuất bê tông cần phải xem xét đến điều  
 649 kiện bảo dưỡng của bê tông. Hay nói cách khác là nên  
 650 kéo dài thời gian bảo dưỡng bê tông trong điều kiện  
 651 hợp lý (nước ngọt). Ngoài ra, để có thêm minh chứng  
 652 về ảnh hưởng của tro mía hay điều kiện bảo dưỡng  
 653 đến tính chất của bê tông, kiến nghị cần có các nghiên  
 654 cứu tiếp theo về đánh giá đến sự thay đổi theo thời

gian lâu hơn (sau 56 ngày). Đồng thời, cần nghiên  
 cứu về ảnh hưởng của thời gian bảo dưỡng kể từ khi  
 đúc mẫu đến khi bắt đầu chịu tác động của các yếu tố  
 bên ngoài như không khí hay nhiệt độ đến các tính  
 chất cơ lý của bê tông. Để từ đó có tổng hợp đánh giá  
 chi tiết hơn về ảnh hưởng của tro mía hay điều kiện  
 bảo dưỡng đến các tính chất của bê tông.

## XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả không có xung đột lợi ích.



Hình 16: Hình ảnh vi cấu trúc của các cấp phối ở 56 ngày tuổi với độ phân giải  $\times 1000$ .

## ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Đặng Quốc Việt: Chủ trì nghiên cứu, phát thảo ý tưởng, viết bản thảo, phân tích và kiểm tra bài báo;  
 Đoàn Thế Long: Thực nghiệm thí nghiệm, phân tích số liệu và kiểm tra bài báo; Vũ Quang Thuận: Thực nghiệm thí nghiệm và kiểm tra bài báo; Đặng Bảo Lợi: Kiểm tra và chỉnh sửa bài báo; Lương Thị Bích: Phân tích và kiểm tra bài báo; Châu Ngọc Vinh: Kiểm tra và chỉnh sửa bài báo.

## LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn đến Trường Đại học Xây dựng Miền Trung đã giúp đỡ và hỗ trợ kinh phí cho việc thực hiện nghiên cứu này. Nhóm tác giả cũng xin cảm ơn phòng thí nghiệm, các bạn sinh viên D17, D18 khoa Hạ tầng Kỹ thuật – Công nghệ trường Đại học Xây dựng Miền Trung đã hỗ trợ để thực hiện các thí nghiệm trong nghiên cứu này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Xiao J, Qiang C, Nanni A, Zhang K. Use of sea-sand and seawater in concrete construction: Current status and future opportunities. *Constr Build Mater.* 2017;155:1101-1111; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.130>.
- Amran YH, Soto MG, Alyousef R, El-Zeadani M, Alabduljabbar H, Aune V. Performance investigation of high-proportion Saudi-fly-ash-based concrete. *Results Eng.*

- 2020;6:100118; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100118>.
- Fennell PS, Davis SJ, Mohammed A. Decarbonizing cement production. *Joule.* 2021;5(6):1305-1311; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.04.011>.
- Tiêu thụ xi măng nội địa năm 2022 đạt 63 triệu tấn, xấp xỉ năm 2021; Available from: <https://baodautu.vn/tieu-thu-xi-mang-noi-dia-nam-2022-dat-63-trieu-tan-xap-xi-nam-2021-d182685.html>.
- Andrade Neto JS, de França MJS, de Amorim Júnior NS, Ribeiro DV. Effects of adding sugarcane bagasse ash on the properties and durability of concrete. *Constr Build Mater.* 2021;266:120959; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120959>.
- Ngô Văn Toàn. Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng cát mịn và phụ gia khoáng hỗn hợp từ xỉ lò cao hoạt hóa và tro trấu. *Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng.* 2014;4:36-45;.
- Khawaja SA, Javed U, Zafar T, Riaz M, Zafar MS, Khan MK. Eco-friendly incorporation of sugarcane bagasse ash as partial replacement of sand in foam concrete. *Cleaner Eng Technol.* 2021;4:100164; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100164>.
- Shafiq N, Hussein AAE, Nuruddin MF, Al Mattarneh H. Effects of sugarcane bagasse ash on the properties of concrete. *Proc Inst Civ Eng.* 2018;171(2):123-132; Available from: <https://doi.org/10.1680/jensu.15.00014>.
- Ganesan K, Rajagopal K, Thangavel K. Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material. *Cem Concr Compos.* 2007;29(6):515-524; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.03.001>.
- Srinivasan R, Sathiya K. Experimental study on bagasse ash in concrete. *Int J Serv Learn Eng Humanit Eng Soc Entrep.* 2010;5(2):60-66; Available from: [https://doi.org/10.24908/ijlse.2010.5\(2\):60-66](https://doi.org/10.24908/ijlse.2010.5(2):60-66).

- 723 v5i2.2992.
- 724 11. Klathae T, Tanawuttiphong N, Tangchirapat W, Chindaprasirt  
725 P, Sukontasukkul P, Jaturapitakkul C. Heat evolution,  
726 strengths, and drying shrinkage of concrete containing  
727 high volume ground bagasse ash with different LOIs.  
728 *Constr Build Mater.* 2020;258:119443;Available from:  
729 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119443>.
- 730 12. Arenas-Piedrahita JC, Montes-García P, Mendoza-Rangel JM,  
731 López Calvo HZ, Valdez-Tamez PL, Martínez-Reyes J. Mechanical  
732 and durability properties of mortars prepared with un-  
733 treated sugarcane bagasse ash and untreated fly ash. *Constr*  
734 *Build Mater.* 2016;105:69-81;Available from: [https://doi.org/](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.047)  
735 [10.1016/j.conbuildmat.2015.12.047](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.047).
- 736 13. Chindaprasirt P, Kroehong W, Damrongwiriyanupap N, Suriyo  
737 W, Jaturapitakkul C. Mechanical properties, chloride resis-  
738 tance and microstructure of Portland fly ash cement con-  
739 crete containing high volume bagasse ash. *J Build Eng.*  
740 2020;31:101415;Available from: [https://doi.org/10.1016/j.job.](https://doi.org/10.1016/j.job.2020.101415)  
741 [2020.101415](https://doi.org/10.1016/j.job.2020.101415).
- 742 14. Zareei SA, Ameri F, Bahrami N. Microstructure, strength, and  
743 durability of eco-friendly concretes containing sugarcane  
744 bagasse ash. *Constr Build Mater.* 2018;184:258-268;Available  
745 from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.153>.
- 746 15. Kazmi SMS, Munir MJ, Patnaikuni I, Wu YF. Pozzolanic reaction  
747 of sugarcane bagasse ash and its role in controlling alkali silica  
748 reaction. *Constr Build Mater.* 2017;148:231-240;Available  
749 from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.025>.
- 750 16. Praveenkumar S, Sankarasubramanian G, Sindhu S.  
751 Strength, permeability and microstructure character-  
752 ization of pulverized bagasse ash in cement mortars.  
753 *Constr Build Mater.* 2020;238:117691;Available from:  
754 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117691>.
- 755 17. Setayesh Gar P, Suresh N, Bindiganavile V. Sugar cane  
756 bagasse ash as a pozzolanic admixture in concrete for resis-  
757 tance to sustained elevated temperatures. *Constr Build*  
758 *Mater.* 2017;153:929-936;Available from: [https://doi.org/10.](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.107)  
759 [1016/j.conbuildmat.2017.07.107](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.107).
- 760 18. Maldonado García MA, Hernández Toledo UI, Montes  
761 García P, Valdez Tamez PL. The influence of un-  
762 treated sugarcane bagasse ash on the microstruc-  
763 tural and mechanical properties of mortars. *Materiales*  
764 *de Construcción.* 2018;68(329):6;Available from:  
765 <https://doi.org/10.3989/mc.2018.13716>.
- 766 19. Thuan VQ, Lanh HS, Tuan HQ, Quan LD, Dang VQ. Effect of  
767 sugarcane bagasse ash on compressive strength and water  
768 absorption of foam concrete using sea sand and seawater.  
769 *VNUHCM J Eng Technol.* 2023;6(3);
- 770 20. Đức HL, Sheen YN. Một số đặc tính kỹ thuật của bê tông sử  
771 dụng tro bã mía đã xử lý thay thế một phần xi măng. *Tạp Chí*  
772 *Xây Dựng.* 2022;73(6):630-646;Available from: [https://doi.org/](https://doi.org/10.47869/tcsj.73.6.3)  
773 [10.47869/tcsj.73.6.3](https://doi.org/10.47869/tcsj.73.6.3).
- 774 21. Xue B, Pei J, Sheng Y, Li R. Effect of curing compounds on  
775 the properties and microstructure of cement concretes. *Constr*  
776 *Build Mater.* 2015;101:410-416;Available from: [https://doi.](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.124)  
777 [org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.124](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.124).
- 778 22. Ismail S, Kwan WH, Ramli M. Mechanical strength and dura-  
779 bility properties of concrete containing treated recycled con-  
780 crete aggregates under different curing conditions. *Constr*  
781 *Build Mater.* 2017;155:296-306;Available from: [https://doi.org/](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.076)  
782 [10.1016/j.conbuildmat.2017.08.076](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.076).
- 783 23. Benli A, Karataş M, Bakir Y. An experimental study of different  
784 curing regimes on the mechanical properties and sorptivity of  
785 self-compacting mortars with fly ash and silica fume. *Constr*  
786 *Build Mater.* 2017;144:552-562;Available from: [https://doi.org/](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.228)  
787 [10.1016/j.conbuildmat.2017.03.228](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.228).
- 788 24. Bingöl AF, Tohumcu İ. Effects of different curing  
789 regimes on the compressive strength properties of  
790 self-compacting concrete incorporating fly ash and  
791 silica fume. *Mater Des.* 2013;51:12-18;Available from:  
792 <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.03.106>.
- 793 25. Nguyễn HC, Hồ NK, Bùi ĐĐ. Kỹ thuật bảo dưỡng bê tông  
tự lên hiệu quả trong điều kiện khí hậu Việt Nam. *Tạp Chí*  
794 *Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng.* 2019;13:133-145 ;PMID:  
795 29370147. Available from: [https://doi.org/10.31814/stce.](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13(5V)-15)  
796 [nuce2019-13\(5V\)-15](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2019-13(5V)-15).  
797
26. Sản lượng đường sẽ tiếp tục tăng trong vụ 2022/2023; Avail-  
798 able from: [https://nongnghiep.vn/san-luong-duong-se-tiep-](https://nongnghiep.vn/san-luong-duong-se-tiep-tuc-tang-trong-vu-2022-2023-d335370.html)  
799 [tang-trong-vu-2022-2023-d335370.html](https://nongnghiep.vn/san-luong-duong-se-tiep-tuc-tang-trong-vu-2022-2023-d335370.html).  
800
27. Hiền LD. Thời gian ninh kết, cường độ chịu nén và co ngót của  
801 vật liệu kiểm hoạt hóa xi lò cao nghiên mìn-tro bã mía. Avail-  
802 able from: [https://stce.huce.edu.vn/index.php/vn/article/vie](https://stce.huce.edu.vn/index.php/vn/article/view/2222/1183)  
803 [w/2222/1183](https://stce.huce.edu.vn/index.php/vn/article/view/2222/1183). Accessed April 3, 2023;Available from: [https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2022-16\(1V\)-11](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2022-16(1V)-11).  
804 [https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2022-16\(1V\)-11](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2022-16(1V)-11).  
805
28. TCVN 6260:2009. Xi măng poóc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ  
806 thuật;.
29. TCVN 8862:2011. Quy trình thí nghiệm xác định cường độ kéo  
808 khi ép chèn của vật liệu hạt liên kết bằng các chất kết dính;.
30. TCVN 3118:2022. Bê tông - Phương pháp xác định cường độ  
810 nén;.
31. ASTM C642-13, Standard test method for density, absorption,  
812 and voids in hardened concrete, ASTM International, West  
813 Conshohocken, PA (2013) 1-3;Available from: [https://doi.org/](https://doi.org/10.1520/C0642-13.5)  
814 [10.1520/C0642-13.5](https://doi.org/10.1520/C0642-13.5).
32. ASTM C1585-13, Test method for measurement of rate of ab-  
816 sorption of water by hydraulic-cement concretes, ASTM Inter-  
817 national, 2013;.
33. Madandoust R, Mousavi SY. Fresh and hardened properties  
819 of self-compacting concrete containing metakaolin. *Constr*  
820 *Build Mater.* 2012;35:752-60;Available from: [https://doi.org/](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.109)  
821 [10.1016/j.conbuildmat.2012.04.109](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.109).
34. Dang VQ, Ogawa Y, Bui PT, Kawai K. Effects of chloride ion  
823 in sea sand on properties of fresh and hardened concrete in-  
824 corporating supplementary cementitious materials. *J Sustain*  
825 *Cem Based Mater.* 2022;11:439-51;Available from: [https://doi.](https://doi.org/10.1080/21650373.2021.1992683)  
826 [org/10.1080/21650373.2021.1992683](https://doi.org/10.1080/21650373.2021.1992683).  
827
35. Sang NT, Quan TM, Dang VQ, Ho LS, George RC. Applicabil-  
828 ity of concrete containing the binary and ternary system of  
829 binder materials under natural marine environment. *J Appl Sci*  
830 *Eng.* 2022;25:881-91;.
36. Dang QV, Okada A, Ogawa Y, Kawai K. Influence of chloride  
832 ion in sea sand on mechanical properties of fly ash concrete  
833 exposed to accelerated carbonation. In: Reddy JN, Wang CM,  
834 Luong VH, Le AT, editors. ICSCFA 2019. Singapore: Springer;  
835 2020. p. 521-29;Available from: [https://doi.org/10.1007/978-](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5144-4_48)  
836 [981-15-5144-4\\_48](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5144-4_48).  
837
37. Vu TB, Dang VQ, Ngo QA, Ho LS. Influence of some fac-  
838 tors on the mechanical properties of cement-treated clay for  
839 shallow mixing in Vietnam: A comparative study. *Results*  
840 *Eng.* 2023;17:101011;Available from: [https://doi.org/10.1016/](https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101011)  
841 [j.rineng.2023.101011](https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101011).  
842
38. Jagadesh P, Ramachandramurthy A, Murugesan R. Evaluation  
843 of mechanical properties of Sugar Cane Bagasse Ash concrete.  
844 *Constr Build Mater.* 2018;176:608-17;Available from: [https://](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.037)  
845 [doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.037](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.037).  
846
39. Dang VQ, Ogawa Y, Kawai K. Mechanical properties and car-  
847 bonation resistance of sea sand concrete containing ground  
848 granulated blast furnace slag under accelerated carbonation;  
849 2019;.
40. Morandeu A, Thiéry M, Dangla P. Impact of accelerated car-  
851 bonation on OPC cement paste blended with fly ash. *Cem*  
852 *Concr Res.* 2015;67:226-36;Available from: [https://doi.org/10.](https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2014.10.003)  
853 [1016/j.cemconres.2014.10.003](https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2014.10.003).  
854
41. Dang VQ, Ogawa Y, Bui PT, Kawai K. Effects of chloride ions  
855 on the durability and mechanical properties of sea sand  
856 concrete incorporating supplementary cementitious materi-  
857 als under an accelerated carbonation condition. *Constr Build*  
858 *Mater.* 2021;274:122016;Available from: [https://doi.org/10.](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122016)  
859 [1016/j.conbuildmat.2020.122016](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122016).  
860
42. Chen JJ, Thomas JJ, Jennings HM. Decalcification shrinkage of  
861 cement paste. *Cem Concr Res.* 2006;36:801-9;Available from:  
862 <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2005.11.003>.  
863



# Effect of curing conditions on mechanical properties and sorption characteristics of concrete using sugarcane bagasse ash

Viet Quoc Dang<sup>1,2,\*</sup>, Long The Doan<sup>3</sup>, Thuan Quang Vu<sup>1</sup>, Loi Dang Bao<sup>4</sup>, Bich Luong Thi<sup>1</sup>, Vinh Chau Ngoc<sup>5</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## ABSTRACT

With the significant development in infrastructure and buildings, the demand for concrete is gradually increasing. However, with the trend of sustainable development, there are more and more researchers focusing on the application of industrial and agricultural by-products in concrete production. This study aims to evaluate the applicability of sugarcane bagasse ash (SCBA) in cement replacement considering the curing conditions. The cement was partially replaced by 5% of SCBA. The mechanical properties and sorption characteristics of concrete were investigated for up to 56 days. The results show that the ultrasonic pulse velocity and compressive strength of concrete specimens containing SCBA were lower than the reference concrete before 28 days, regardless of curing conditions. However, the ultrasonic pulse velocity, compressive strength, sorption characteristics, and apparent porosity of concrete incorporating SCBA were slightly higher than those of the reference concrete under tap water curing at 56 days. Additionally, ambient air curing significantly reduced the ultrasonic pulse velocity and compressive strength, as well as increased the sorption characteristics of concrete, especially concrete containing SCBA. As a consequence, the concrete specimens cured under ambient air condition showed lower performance than those under tap water condition.

**Key words:** Curing conditions, sugarcane bagasse ash, compressive strength, water penetration, sorptivity coefficient

<sup>1</sup>Faculty of Infrastructural Engineering-Technology, Mien Trung University of Civil Engineering (MUCE), 24 Nguyen Du Street, Ward 7, Tuy Hoa City, Phu Yen Province, Vietnam

<sup>2</sup>Lab of Innovative Technology and Bigdata for Sustainable Development, Mien Trung University of Civil Engineering (MUCE), 24 Nguyen Du Street, Ward 7, Tuy Hoa City, Phu Yen Province, Vietnam

<sup>3</sup>Quality Management Department of Transport Construction, Phu Yen Department of Transportation, Vietnam, 72 Le Duan Street, Ward 7, Tuy Hoa City, Phu Yen Province, Vietnam

<sup>4</sup>Faculty of Civil Engineering, Mien Trung University of Civil Engineering (MUCE), 24 Nguyen Du Street, Ward 7, Tuy Hoa City, Phu Yen Province, Vietnam

<sup>5</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109, USA

## Correspondence

**Viet Quoc Dang**, Faculty of Infrastructural Engineering-Technology, Mien Trung University of Civil Engineering (MUCE), 24 Nguyen Du Street, Ward 7, Tuy Hoa City, Phu Yen Province, Vietnam

Lab of Innovative Technology and Bigdata for Sustainable Development, Mien Trung University of Civil Engineering (MUCE), 24 Nguyen Du Street, Ward 7, Tuy Hoa City, Phu Yen Province, Vietnam

Email: dangquocviet@muce.edu.vn

**Cite this article :** Dang V Q, Doan L T, Vu T Q, Bao L D, Thi B L, Ngoc V C. **Effect of curing conditions on mechanical properties and sorption characteristics of concrete using sugarcane bagasse ash** . *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology* 2024; ():1-1.