

Ảnh hưởng của tro mía đến cường độ nén và độ hút nước của bê tông bọt khí có sử dụng cát biển và nước biển

Vũ Quang Thuận¹, Hồ Sĩ Lành², Hoàng Quốc Tuấn³, Lê Đức Quân¹, Đặng Quốc Việt^{1,*}

¹Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng Miền Trung, 24 Nguyễn Du, phường 7, TP Tuy Hoà, tỉnh Phú Yên, Việt Nam

²Khoa Công trình, Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải, 54 Triều Khúc, Thanh Xuân, Hà Nội

³Viện Xây dựng, Trường Đại học Giao thông Vận tải Thành phố Hồ Chí Minh, 02 Võ Oanh, phường 25, Quận Bình Thạnh, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Liên hệ

Đặng Quốc Việt, Khoa Cầu đường, 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

Lịch sử

- Ngày nhận: 14-7-2023
- Ngày chấp nhận: 26-9-2023
- Ngày đăng: 30-9-2023

DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjet.v6i3.1108>



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.



TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm tìm ra giải pháp thay thế một phần xi măng bằng việc áp dụng các nguồn tro mía hiện có tại địa bàn tỉnh Phú Yên trong sản xuất bê tông bọt khí để có thể tận dụng các nguồn phế thải từ nông nghiệp. Đồng thời, với việc ngày càng khan hiếm về vật liệu, nghiên cứu cũng xem xét đến việc ứng dụng cát biển và nước biển trong việc chế tạo bê tông. Hàm lượng tro mía thay thế xi măng từ 0, 5, 10, và 15% theo khối lượng chất kết dính (bao gồm tro mía và xi măng). Kết quả thực nghiệm cho thấy, sự thay thế xi măng bằng tro mía sẽ làm giảm cường độ chịu nén của bê tông ở 7 ngày tuổi. Nhưng ở 91 ngày tuổi, thì sự thay thế 5 và 10% tro mía làm tăng cường độ chịu nén và giảm độ hút nước so với bê tông đối chứng. Bên cạnh đó, việc sử dụng kết hợp tro mía và cát-nước biển đã đóng góp nhiều đến việc gia tăng cường độ chịu nén và độ hút nước của bê tông bọt khí so với bê tông không có tro mía và sử dụng cát vàng-nước ngọt ở 91 ngày tuổi, đặc biệt là với tỷ lệ thay thế nhỏ hơn 10%. Nhìn chung, việc tận dụng tro mía cũng như là sử dụng cát-nước biển mang tính khả thi trong việc chế tạo bê tông bọt khí trong bối cảnh nguồn vật liệu xây dựng ngày một khan hiếm và nhằm đến mục tiêu giảm khí thải CO₂ ra môi trường.

Từ khóa: Bê tông bọt khí, Tro mía, Cát-nước biển, Cường độ nén, Độ hút nước

GIỚI THIỆU

Với sự gia tăng của vấn đề nóng lên toàn cầu và các sự cố sụp đổ công trình, lĩnh vực xây dựng đang cố gắng tìm kiếm một giải pháp thay thế cho bê tông thông thường có trọng lượng nặng và tính dẫn nhiệt cao. Các nghiên cứu đang đi theo các hướng khác nhau và hiện nay xu hướng đang nổi lên là sử dụng bê tông nhẹ. Bê tông bọt khí được biết đến là một loại vật liệu mới với khối lượng thể tích tương đối thấp, tiêu thụ vật liệu thấp và có khả năng cách âm, cách nhiệt tốt. Việc sử dụng bê tông bọt góp phần giảm tải trọng bản thân của kết cấu công trình, giảm quy mô và kích thước phần nền móng, do vậy giảm chi phí xây dựng. Ngoài ra, bê tông bọt còn được sử dụng cho các kết cấu cách nhiệt vì hệ số dẫn nhiệt thấp. Công nghệ sản xuất bê tông bọt có phần khác nhau đối với mỗi quốc gia, nhưng nhìn chung bê tông bọt hiện nay được chế tạo với khối lượng thể tích từ 400kg/m³ cho đến 1800kg/m³. Ngày nay, có rất nhiều nghiên cứu trên thế giới được thực hiện liên quan đến ứng dụng của bê tông bọt khí. Tuy nhiên, để phát triển bền vững về mặt kinh tế, môi trường và xã hội, các nhà khoa học nói chung đã có sự tập trung vào việc tìm kiếm và áp dụng việc tái chế các sản phẩm phụ và chất thải công nghiệp nhằm thay thế cho các vật liệu bê tông, ví dụ như việc sử dụng các chất thải công nghiệp như

bột đá cẩm thạch thải ra, xỉ lò cao, tro bay, và muối silic để thay thế xi măng hoặc cốt liệu. Reisi và cộng sự¹ đã thay thế xi măng bằng tro bay và muối silic nhằm làm thay đổi cường độ nén của bê tông bọt. Từ các phân tích cấu trúc vi mô, nhóm tác giả thấy rằng muối silic trong bê tông bọt đã phản ứng với canxi hydroxit tự do của xi măng để tạo ra canxi-silicate-hydrat (CSH), cứng hơn và bền hơn canxi hydroxit (CH) và dẫn đến cường độ nén cao hơn. Một công trình thử nghiệm trên bê tông nhẹ bọt khí thực hiện bởi Tan và cộng sự² và kết luận rằng bê tông bọt tro bay cho thấy cường độ nén tăng 36% so với gạch đất sét nung thông thường. Tác giả Nguyễn và cộng sự³ cũng nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng sợi lên các đặc tính kỹ thuật của bê tông bọt sử dụng tro bay thay thế cho 40% xi măng và kết luận rằng khi tăng hàm lượng sợi sẽ làm giảm khối lượng thể tích bê tông, hệ số truyền nhiệt, và vận tốc truyền xung siêu âm, tuy nhiên làm tăng độ hút nước, cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn.

Bên cạnh việc nghiên cứu sử dụng các phế phẩm công nghiệp truyền thống như tro bay, muối silic, hay xỉ lò cao thì các phế phẩm từ nông nghiệp như tro mía, tro trấu, xơ dừa ngày càng được chú ý đến để thay thế một phần xi măng trong sản xuất bê tông nặng. Trong đó, mía là cây trồng được sản xuất nhiều nhất trên toàn

Trích dẫn bài báo này: Thuận V Q, Lành H S, Tuấn H Q, Quân L D, Việt D Q. Ảnh hưởng của tro mía đến cường độ nén và độ hút nước của bê tông bọt khí có sử dụng cát biển và nước biển *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.* 2023; 6(3):2010-2025.

thế giới⁴. Loại tro này có đường kính nhỏ, do đó, việc xử lý tro không đúng cách sẽ giải phóng các chất dạng hạt vào bầu khí quyển gây ô nhiễm không khí gây nguy hiểm cho sức khỏe con người và gây ra một số bệnh tim mạch và hô hấp. Tuy nhiên, trong tro mía có chứa một lượng lớn silica (SiO_2) và alumin (Al_2O_3) vô định hình có đặc tính pozzolanic rất tốt⁵. Các hàm lượng vô định hình này đóng vai trò là thành phần quan trọng của phản ứng pozzolanic với CH – một sản phẩm được tạo ra từ phản ứng thủy hoá của xi măng để tạo thành một lượng thêm vào CSH, đóng góp vào sự cải thiện hiệu quả của bê tông. Do đó, phế phẩm tro mía đang ngày được nghiên cứu áp dụng để thay thế một phần cho xi măng nhằm vừa giảm lượng tiêu thụ xi măng và đồng thời giải quyết vấn đề môi trường bởi vì tro mía là những hạt mịn có thể gây ô nhiễm không khí và có thể ảnh hưởng đến các nguồn nước và đất liền gần khu vực thải bỏ. Kazmi và cộng sự⁶ đã sử dụng tro mía làm phụ gia thay thế cho xi măng với hàm lượng lên tới 40% trong vữa. Nghiên cứu đã báo cáo rằng cường độ chịu nén gần bằng với cường độ nén của cấp phối đối chứng (90–95%) ở hàm lượng tro mía 10 và 20%. Nghiên cứu của Praveenkumar và cộng sự⁷ đã báo cáo cường độ chịu nén tương đương so với cấp phối đối chứng khi thay thế 10% xi măng bằng tro mía ở tuổi 3 ngày. Hàm lượng tro mía cao hơn thường làm giảm cường độ của bê tông; ví dụ: hàm lượng 20, 25, và 30% tro mía cho kết quả về cường độ chịu nén bằng 95, 85, và 83% so với cấp phối đối chứng. Ngoài ra, Ganesan và cộng sự⁸ đã báo cáo cường độ chịu nén của cấp phối sử dụng 20% tro mía bằng cường độ chịu nén của cấp phối đối chứng, trong khi cấp phối có 10% tro mía thay thế xi măng thì cho thấy cường độ chịu nén cao hơn so với cấp phối đối chứng. Tương tự, nghiên cứu của Shafiq và cộng sự⁹ đã báo cáo cường độ chịu nén ở 7, 28, 90 và 180 ngày cao hơn so với cấp phối đối chứng khi hàm lượng tro mía thay thế lên đến 15%. Tại Việt Nam, tác giả Lê Đức Hiến¹⁰ nghiên cứu ứng dụng tro bã mía để phát triển vật liệu kiểm hoạt hóa xi lò cao. Kết quả thí nghiệm cho thấy hỗn hợp kiểm hoạt hóa chứa 90% xi lò cao và 10% tro mía có cường độ và khối lượng thể tích lớn nhất và có độ hút nước thấp nhất trong số các hỗn hợp 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.

Hiện nay, nguồn nước ngọt và cát sông sẵn có cũng hạn chế trong quá trình xây dựng cảng và hải đảo. Ngược lại, các vùng ven biển có thể cung cấp nguồn nước biển vô tận và có sẵn một lượng lớn cát biển. Do đó, nước biển và cát biển đã và đang được xem như là những vật liệu thay thế hứa hẹn và tiết kiệm chi phí cho việc sử dụng nước ngọt và cát sông trong xây dựng bê tông vùng ven biển. Nhìn chung, bê tông cát-nước biển thường đông kết nhanh hơn do sự tồn tại của ion clorua, nhưng thể hiện cường độ lâu dài thấp hơn hoặc bằng so với bê tông thông thường do ảnh hưởng của sunfat hoặc tạp chất¹¹⁻¹³. Ngoài ra, một số báo cáo cho rằng cường độ nén của bê tông cát-nước biển thấp hơn so với bê tông thông thường là do các chất hữu cơ hoặc vô sô để vôi có trong cát biển^{14,15}. Mặt khác, ảnh hưởng của nước biển và cát biển về lâu dài đối với cường độ nén của bê tông với các tỷ lệ trộn hỗn hợp khác nhau vẫn chưa rõ ràng và các kết quả trái ngược nhau. Ví dụ như kết quả của Cui và cộng sự¹⁴ thể hiện rằng cường độ chịu nén của bê tông cát-nước biển thấp hơn khoảng 5% so với bê tông thường tương ứng với tỷ lệ nước/chất kết dính từ 0,4 đến 0,8 ở 28 ngày. Trong khi đó, Akinkurolere và cộng sự¹⁵ kết luận rằng cường độ chịu nén của bê tông sử dụng nước biển và bảo dưỡng bằng nước biển làm tăng cường độ chịu nén nhanh chóng và cường độ vẫn tăng sau 28 ngày so với bê tông thông thường. Bên cạnh đó, Li và cộng sự¹¹ nghiên cứu về bê tông cường độ cao sử dụng cát-nước biển và kết quả cho thấy sau 1 năm chịu đựng tác động từ môi trường biển thì tính chất cơ lý và độ bền của bê tông vẫn còn đảm bảo so với loại thông thường. Đáng chú ý hơn, một số thành công trong việc sử dụng bê tông cát-nước biển đã được báo cáo như cầu Great Belt (giữa Đan Mạch và Thụy Điển), Sân vận động Olympic ở Luân Đôn, và hòn đảo nhân tạo Chek Lap Kok ở Hồng Kông¹⁶. Bên cạnh đó, Hoàng và Nguyễn¹⁷ cũng đã kết luận rằng có thể sử dụng cát biển để sản xuất bê tông có cường độ từ 30 đến 40 MPa nhằm xây dựng hệ thống đường quân sự ở các hải đảo xa kết hợp với việc sử dụng phụ gia hoá và phụ gia khoáng như tro bay. Do đó, việc nghiên cứu ứng dụng cát biển và nước biển có thể xem như là vật liệu tiềm năng cho việc sản xuất bê tông và cần phải được nghiên cứu hơn nữa.

Trên cơ sở tổng quát từ các nghiên cứu đã được thực hiện, ta thấy rằng các nghiên cứu trước đây chủ yếu sử dụng các phế phẩm công nghiệp như tro bay, xi lò cao trong sản xuất bê tông bọt. Theo hiểu biết của nhóm tác giả thì rất ít hoặc không có nghiên cứu thực nghiệm về việc áp dụng đồng thời phế phẩm nông nghiệp như tro mía nhằm thay thế một phần cho xi

măng và cát-nước biển trong sản xuất bê tông bọt được thực hiện trên thế giới và ở Việt Nam. Do đó, việc nghiên cứu ứng dụng cát-nước biển để thay thế cho cát sông và nước ngọt truyền thống và tro mía trong việc sản xuất bê tông bọt là hết sức cần thiết trong bối cảnh nguồn vật liệu ngày càng khan hiếm. Mục đích chính của nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng tro mía và khả năng áp dụng cát-nước biển trong việc chế tạo bê tông bọt khí xét trên phương diện xem xét đến cường độ chịu nén và độ hút nước của bê tông nhằm đáp ứng nhu cầu xây dựng bền vững và phát triển xã hội.

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

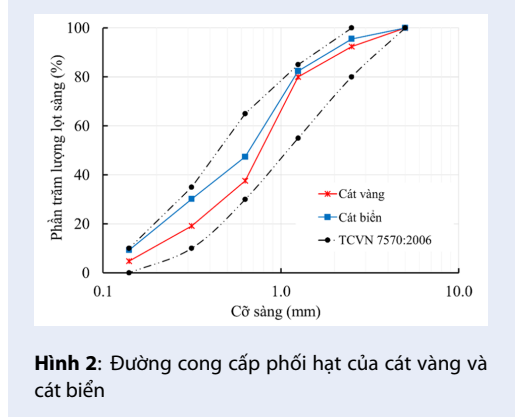
Vật liệu sử dụng

Nghiên cứu dùng xi măng PCB40 Long Sơn (PCB) để tiến hành thực nghiệm nhằm tận dụng nguồn vật liệu xi măng hiện có trên địa bàn tỉnh Phú Yên, thỏa mãn theo TCVN 2682:2020. Khối lượng riêng, tỷ diện tích bề mặt riêng, và cường độ nén ở 28 ngày của xi măng lần lượt là 3.15 g/cm^3 , $3650 \text{ cm}^2/\text{g}$, và 47 Mpa. Trong khi đó, tro mía (SCBA) sử dụng có nguồn gốc từ nhà máy đường KCP thuộc địa bàn tỉnh Phú Yên. Khối lượng riêng, đường kính hạt trung bình, và tỷ diện tích bề mặt riêng của tro lần lượt là 1.66 g/cm^3 , $66.46 \mu\text{m}$, và $1765 \text{ cm}^2/\text{g}$. Độ hoạt tính cường độ so với xi măng của tro mía ở 28 ngày (theo thí nghiệm dựa vào cường độ, strength activity index (SAI)) là 93.6%. Theo ASTM C618 thì khi SAI lớn hơn 75% thì có thể xem là vật liệu tiềm năng cho phản ứng pozzolanic. Thành phần hoá học của xi măng và tro mía được thể hiện qua Bảng 1. Hình ảnh chất kết dính được sử dụng trong nghiên cứu được thể hiện ở Hình 1.

Cốt liệu được sử dụng để chế tạo bê tông bọt là loại cát vàng (RS) hiện có trên địa bàn tỉnh Phú Yên và cát biển (SS) được lấy tại bãi biển Tuy Hoà, tỉnh Phú Yên. Các chỉ tiêu cơ lý của cát và đường cong cấp phối hạt được thể hiện qua Bảng 2 và Hình 2.

Nước được sử dụng để đúc mẫu là nước máy (TW) được cấp từ hệ thống nước sạch của tỉnh Phú Yên và nước biển (SW) được lấy tại Thành phố Tuy Hoà, tỉnh Phú Yên. Nồng độ các ion chính có trong nước biển được biểu diễn ở Bảng 3.

Bọt kỹ thuật được tạo ra từ chất tạo bọt hiện có trên thị trường Việt Nam. Chất tạo bọt sử dụng trong nghiên cứu có tên thương mại là Eabassoc Foam Agent do hãng Eabassoc (Anh Quốc) sản xuất. Chất tạo bọt này là một hỗn hợp hoá chất tổng hợp, không sử dụng nguyên liệu gốc động vật, gồm thành phần chính là Anionic surfactant. Chất tạo bọt có khả năng tự phân huỷ, không gây ô nhiễm môi trường, không độc hại,



Hình 2: Đường cong cấp phối hạt của cát vàng và cát biển

và có các thông số kỹ thuật sau: tỷ trọng: 1.02 g/cm^3 ; màu/ Mùi: màu nâu trong, không mùi; tỷ lệ sử dụng: Pha loãng trong nước ở tỷ lệ từ 1.5 – 3%; độ pH: 6,7 trong nước. Dung dịch chất tạo bọt sau khi qua máy tạo bọt sẽ tạo ra bọt khí vững chắc, màu trắng nhìn giống như bọt xà phòng, với thể tích bọt tăng lên 20-25 lần, không bị vỡ và có thể trộn dễ dàng với vữa bê tông để sản xuất bê tông bọt trong thùng trộn bê tông phụ hợp. Hình 3 thể hiện bọt kỹ thuật được tạo ra từ máy tạo bọt.



Hình 3: Bọt kỹ thuật được tạo ra từ máy tạo bọt

Thiết kế cấp phối bê tông

Mục tiêu của đề tài là tính toán cấp phối cho loại bê tông bọt khí có khối lượng thể tích là 800 kg/cm^3

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

Vật liệu	Thành phần hoá học (% theo khối lượng)								LMKN (%)
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	
Xi măng	66.34	21.86	5.31	3.43	0.72	0.30	0.22	1.05	0.75
Tro mía	2.80	65.44	4.46	1.35	2.25	0.00	0.56	4.70	17.36

LMKN: Lượng mất khi nung



Bảng 2: Các chỉ tiêu cơ lý của cát vàng và cát biển

Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị	Cát vàng	Cát biển
Khối lượng riêng	g/cm ³	2.46	2.31
Hàm lượng bụi bùn sét	%	0.68	0.61
Mô đun độ lớn		2.66	2.35
Độ hút nước	%	1.08	1.21
Hàm lượng clorua	%	-	0.2012

-: không thí nghiệm

Bảng 3: Nồng độ các ion chính có trong nước biển

Chỉ tiêu	pH	Canxi (mg/l)	Magie (mg/l)	Sulfate (mg/l)	Clorua (mg/l)
Giá trị	7.6	408.8	1428.8	2667.6	20993.5

(nhẹ hơn nước), nên căn cứ theo hướng dẫn của tổ chức ACI¹⁸, tỷ lệ nước trên chất kết dính (N/B) chọn là 0.42, và tỷ số cát trên chất kết dính (C/B) là 0.37. Ngoài ra, các nghiên cứu trước^{8,19} về việc áp dụng tro mía trong việc chế tạo bê tông thông thường chỉ ra rằng khi xem xét về mặt cường độ thì tỷ lệ sử dụng tro mía trong việc thay thế xi măng không nên vượt quá 20%. Do đó, lượng tro mía được sử dụng để thay thế cho xi măng trong nghiên cứu này được chọn với các tỷ lệ lần lượt là 5, 10, và 15%. Bảng 4 thể hiện thành phần các cấp phối bê tông bọt khí.

Trong đó, F hay S là thứ tự kí hiệu cho bê tông bọt sử dụng cát vàng và nước ngọt hay bê tông bọt sử dụng cát biển và nước biển; BX là kí hiệu hàm lượng tro mía dùng để thay thế cho xi măng; ví dụ, FB5 là kí hiệu cho loại cấp phối bê tông bọt khí sử dụng cát vàng và nước ngọt với hàm lượng thay thế của tro mía là 5%; Trong khi đó, SB15 là kí hiệu cho loại cấp phối bê tông bọt khí sử dụng cát biển và nước biển với hàm lượng thay thế của tro mía là 15%.

Bảng 4: Cấp phối bê tông bọt (kg/m³)

Số TT	Tên cấp phối	Nước ngọt	Nước biển	Chất kết dính	Cốt liệu nhỏ			Bọt	Khối lượng thể tích sau khi trộn
				Xi măng	Tro mía	Cát vàng	Cát biển		
1	FB0	179.9	-	428.2	0.0	159.3	-	32.5	817
2	FB5	179.9	-	406.8	21.4	159.3	-	32.5	833
3	FB10	179.9	-	385.4	42.8	159.3	-	32.5	827
4	FB15	179.9	-	364.0	64.2	159.3	-	32.5	821
5	SB0	-	179.9	428.2	0.0	-	159.6	32.3	812
6	SB5	-	179.9	406.8	21.4	-	159.6	32.3	815
7	SB10	-	179.9	385.4	42.8	-	159.6	32.3	826
8	SB15	-	179.9	364.0	64.2	-	159.6	32.3	828

Quy trình chế tạo mẫu và dưỡng hộ

Đầu tiên, các thành phần của bê tông bao gồm nước, chất kết dính (xi măng và tro mía), và cát được cân định lượng theo đúng tỷ lệ của mẻ trộn. Sau đó cho chất kết dính và cát vào máy trộn trong 3 phút để đạt được hỗn hợp khô đồng đều. Tiếp theo, cho từ từ nước vào hỗn hợp trong thùng trộn. Trộn thêm trong 3 phút hỗn hợp nước, chất kết dính và cát để tạo thành hỗn hợp hồ xi măng đồng nhất. Đồng thời, dung dịch chất tạo bọt sau khi được chuẩn bị và khuấy đều theo đúng tỷ lệ thì được cho kết nối mới máy tạo bọt. Khối lượng bọt cần thiết được tiến hành xác định thử nghiệm trước bằng cách cân khối lượng bọt tạo ra trong một khoảng thời gian nhất định. Phun trực tiếp bọt vào máy trộn trong đúng một khoảng thời gian đã xác định thử nghiệm trước đó nhằm đảm bảo lượng đúng lượng bọt yêu cầu. Trong quá trình bọt kỹ thuật được phun vào hỗn hợp vữa xi măng và cát, máy trộn vẫn hoạt động thêm 3 phút để trộn đều vữa xi măng và cát với bọt kỹ thuật tạo thành hỗn hợp bê tông bọt. Trước khi hỗn hợp bê tông bọt được cho vào khuôn mẫu, khối lượng thể tích ướt của hỗn hợp bê tông bọt được kiểm tra bằng cách cân hỗn hợp bê tông bọt bằng thùng đong đã biết trước thể tích nhằm đảm bảo hỗn hợp sau khi trộn đạt được khối lượng thể tích mong muốn. Thực tế cho thấy, độ lệch giữa khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông bọt tươi thực tế và theo tính toán chênh lệch nhỏ hơn 50 kg/m³, xem Bảng 4. Giá trị độ lệch này hoàn toàn được chấp nhận điển hình đối với loại bê tông bọt được sản xuất trong thực tế²⁰. Hỗn hợp bê tông bọt sau khi trộn thì được cho vào khuôn. Sau khi hỗn hợp bê tông bọt bắt đầu ninh

kết, dùng bay và bàn xoa đã được làm ấm để hoàn thiện bề mặt lớp bê tông bọt mới thi công. Sau đó, các bề mặt của mẫu được bao phủ bởi lớp plastic mỏng nhằm tránh mất nước, như Hình 4. Các mẫu được tháo khuôn sau 48 giờ và được ngâm bảo dưỡng trong nước đến khi thí nghiệm.



Hình 4: Mẫu bê tông bọt sau khi đúc

Quy trình thí nghiệm các chỉ tiêu kỹ thuật của bê tông bọt khí

Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén được thực hiện theo tiêu chuẩn theo TCVN 9030:2017²¹. Thí nghiệm được tiến hành trên mẫu lập phương có kích thước 15×15×15 cm ở độ tuổi 7, 28, và 91 ngày. Kết quả thí nghiệm là giá trị trung bình của 3 mẫu thử. Giá trị cường độ chịu nén của mẫu được tính theo

công thức (1) sau:

$$R = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Trong đó:

R là giá trị cường độ nén, MPa;

F là tải trọng lớn nhất khi mẫu bị phá huỷ, N;

A là diện tích bề mặt chịu nén của mẫu, mm²;

Thí nghiệm xác định độ hút nước được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM C642²². Thí nghiệm được tiến hành trên mẫu lập phương có kích thước 10×10×10 cm ở độ tuổi 28 và 91 ngày. Kết quả thí nghiệm là giá trị trung bình của 3 mẫu thử. Tại thời điểm thí nghiệm, mẫu bê tông được đặt trong tủ sấy ở nhiệt độ 100 ± 5°C trong 24 giờ và khối lượng mẫu khô được xác định sau khi mẫu được làm nguội tự nhiên bằng cách để trong phòng thí nghiệm. Tiếp theo, mẫu mẫu được ngâm trong nước trong 48 giờ. Sau đó, mẫu được để đun sôi trong bể đun nhiệt ở 90 °C trong 5h và khối lượng mẫu sau khi ngâm nước được xác định sau khi để nước nguội đến nhiệt độ phòng hơn 14h. Độ thấm nước của mẫu được xác định theo công thức (2) sau:

$$T = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100$$

Trong đó:

T là độ thấm nước của bê tông, %;

m₁ là khối lượng của mẫu sau khi thấm nước và đun sôi, g;

m₀ là khối lượng mẫu ở trạng thái khô, g;

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Cường độ chịu nén của hỗn hợp bê tông bọt khí

Ảnh hưởng của hàm lượng tro mía đến cường độ chịu nén của hỗn hợp bê tông khí

Kết quả cường độ chịu nén của tất cả các cấp phối ở các ngày tuổi khác nhau được thể hiện qua Hình 5. Từ Hình 5, ta thấy rằng cường độ chịu nén của tất cả các cấp phối đều tăng dần theo thời gian từ 7 ngày cho đến 91 ngày bất kể là trong cấp phối có dùng tro mía thay thế cho xi măng hay là dùng nước biển và cát biển để chế tạo. Sự gia tăng cường độ chịu nén theo thời gian này có thể là kết quả của quá trình thủy hoá của xi măng²³. Bên cạnh đó, ở tuổi 28 ngày, cường độ chịu nén của cấp phối FB10 tương đương với cường độ chịu nén của cấp phối FB0. Nhưng, ở tuổi 91 ngày, cường độ chịu nén của cấp phối FB5 và FB10 cao hơn cường độ chịu nén của cấp phối FB0. Trong khi đó thì cường độ chịu nén của cấp phối FB15 thì lại nhỏ hơn cường độ chịu nén của cấp phối FB0. Ngoài ra, cấp phối dùng tro mía để thay thế cho xi măng với hàm

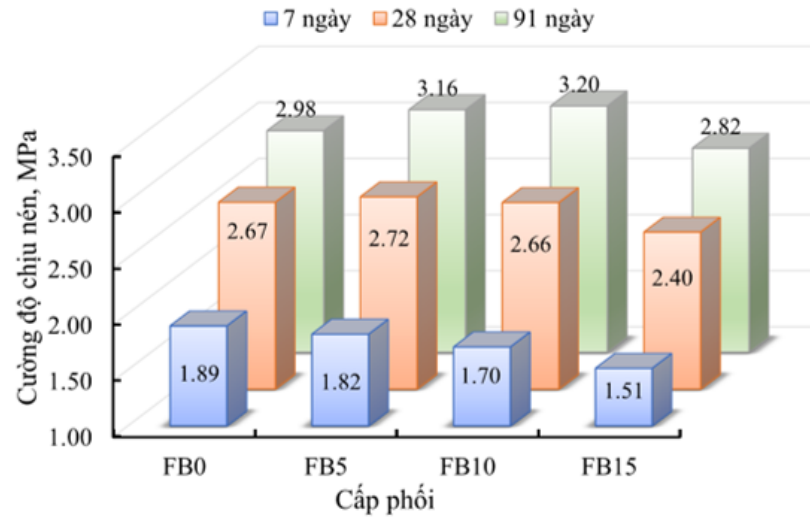
lượng là 10% (FB10) có cường độ chịu nén cao nhất ở tuổi 91 ngày, với giá trị là 3.20 Mpa. Kết quả này cũng xảy ra tương tự khi bê tông bọt sử dụng cát biển và nước biển.

Đồng thời, để đánh giá ảnh hưởng của sự thay thế xi măng bằng tro mía đến cường độ chịu nén của bê tông bọt thì sự chênh lệch về cường độ chịu nén của các cấp phối so với cấp phối không sử dụng tro mía thay thế (FB0 và SB0) được tính toán qua công thức (3) sau:

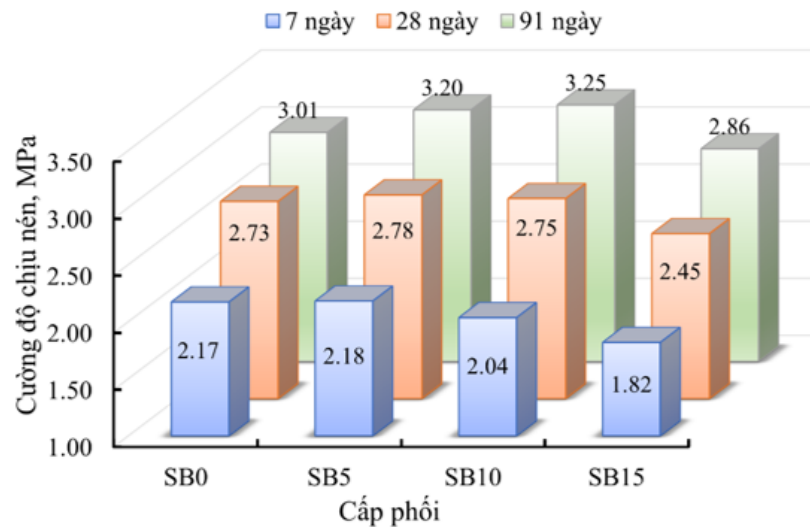
$$f_t = \frac{f_{cd-t} - f_{cdo}}{f_{cdo}} \times 100 \quad (3)$$

Trong đó: f_t là sự chênh lệch về cường độ chịu nén do ảnh hưởng của việc sử dụng tro mía, %; f_{cd-t} là cường độ chịu nén của bê tông bọt có sử dụng tro mía với các tỷ lệ khác nhau, MPa; f_{cdo} là cường độ chịu nén của bê tông bọt không sử dụng tro mía, MPa.

Ảnh hưởng của sự thay thế xi măng bằng tro mía đến cường độ chịu nén của bê tông bọt được thể hiện qua Hình 6. Từ Hình 6, ta thấy rằng việc sử dụng tro mía để thay thế cho xi măng sẽ làm giảm cường độ chịu nén của bê tông bọt khí ở 7 ngày tuổi. Đồng thời, tăng tỷ lệ thay thế xi măng bằng tro mía sẽ càng làm giảm về cường độ chịu nén ở 7 ngày tuổi so với mẫu đối chứng FB0 hay SB0. Cụ thể, việc thay thế 5% xi măng chỉ làm giảm 3.9% cường độ nén ở 7 ngày tuổi so với mẫu đối chứng FB0. Trong khi đó, sự thay thế xi măng bằng 15% tro mía thì làm giảm đến 20.0% về mặt cường độ chịu nén ở 7 ngày tuổi. Nguyên nhân là do khi thay thế xi măng bằng tro mía thì sẽ làm giảm hàm lượng xi măng, nên sản phẩm thủy hoá tạo thành như CH cũng giảm. Kết quả là làm ảnh hưởng đến quá trình phản ứng pozzolanic của tro mía. Đồng thời, mức độ hoạt tính của tro mía xảy ra chậm ở các ngày tuổi ban đầu²⁴. Do đó, khi thay thế xi măng bằng tro mía thì cường độ chịu nén của bê tông giảm so với mẫu đối chứng ở các ngày tuổi ban đầu (7 ngày tuổi). Đến 28 ngày tuổi, cấp phối có 10 và 15% tro mía thay thế (FB10 và FB15) cho kết quả cường độ chịu nén tương đương với cấp phối FB0. Đến 91 ngày tuổi, sự thay thế xi măng bằng 5 và 10% tro mía góp phần làm tăng cường độ chịu nén của bê tông bọt khí lên lần lượt tương ứng là 6.3 và 7.4% so với cấp phối FB0. Sự gia tăng cường độ chịu nén khi thay thế 5 và 10% xi măng bằng tro mía là kết quả từ phản ứng pozzolanic của các thành phần silic oxit (SiO₂) trong tro mía với lượng CH được tạo ra từ phản ứng thủy hoá của xi măng. Kết quả là lượng hợp chất calcium silicate hydrate CSH được tạo thành nhiều hơn và đóng góp vào sự tăng cường độ chịu nén của bê tông bọt khí²⁴. Trong khi đó, việc thay thế 15% xi măng vẫn làm giảm cường độ khoảng 5.2% so với cấp phối FB0 ở tuổi 91 ngày. Việc giảm cường độ chịu nén khi hàm



a) Bê tông bọt khí dùng cát vàng và nước ngọt



b) Bê tông bọt khí dùng cát biển và nước biển

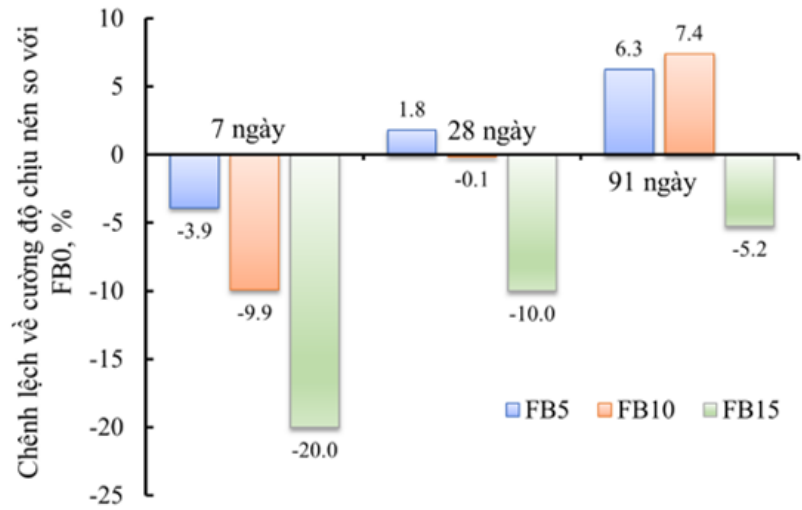
Hình 5: Cường độ chịu nén của bê tông bọt khí không có và có thành phần tro mía trong thành phần chất kết dính ở các ngày tuổi khác nhau

lượng tro mía thay thế 15% có thể là do lượng xi măng sử dụng ít nên lượng CH tạo ra không đủ để cần thiết cho phản ứng pozzolanic. Kết quả là lượng CSH hình thành ít hơn, ảnh hưởng trực tiếp đến cường độ chịu nén của bê tông²⁴. Xu hướng này cũng được tìm thấy tương tự đối với bê tông bọt dùng cát biển và nước biển. Cụ thể, ở 91 ngày tuổi, bê tông bọt có 5 và 10% lượng tro mía thì cho cường độ chịu nén cao hơn 6.6 và 8.0% so với cấp phối SB0. Trong khi đó, bê tông

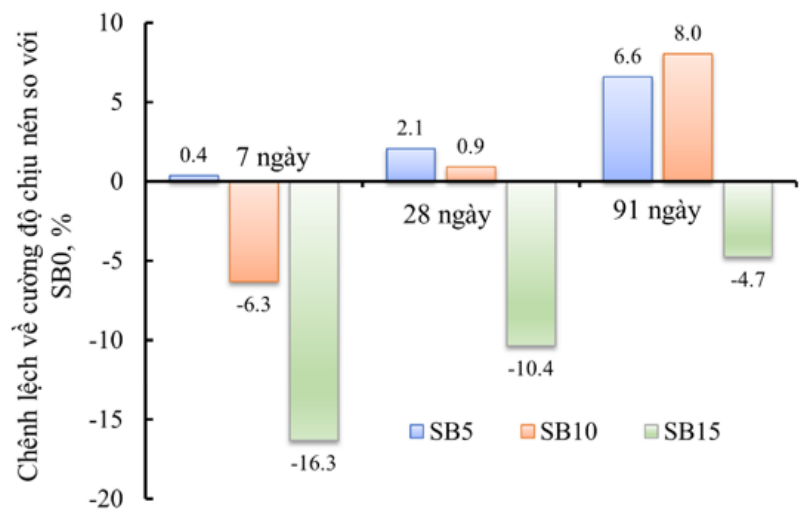
bọt có 15% lượng tro mía thì cho cường độ chịu nén thấp hơn 4.7% so với cấp phối SB0.

Ảnh hưởng của cát biển và nước biển đến cường độ chịu nén của bê tông bọt khí

Để đánh giá ảnh hưởng của cát biển và nước biển đến cường độ chịu nén của bê tông bọt thì sự chênh lệch về cường độ chịu nén của các cấp phối sử dụng cát biển và nước biển so với cấp phối tương ứng sử dụng



a) Bê tông bọt khí dùng cát vàng và nước ngọt



b) Bê tông bọt khí dùng cát biển và nước biển

Hình 6: Chênh lệch về cường độ chịu nén của các cấp phối so với FB0 hay SB0

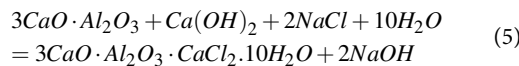
cát vàng và nước ngọt được tính toán qua công thức (4) sau:

$$f_b = \frac{f_{cd-b} - f_{cd-n}}{f_{cd-n}} \times 100 \quad (4)$$

Trong đó: f_b là sự chênh lệch về cường độ chịu nén do ảnh hưởng của việc sử dụng cát biển và nước biển, %; f_{cd-b} là cường độ chịu nén của bê tông bọt sử dụng cát biển và nước biển, MPa; f_{cd-n} là cường độ chịu nén của bê tông bọt sử dụng cát vàng và nước ngọt tương ứng, MPa.

Hình 7 thể hiện ảnh hưởng của việc sử dụng cát biển và nước biển đến cường độ chịu nén của bê tông bọt ở các ngày tuổi khác nhau. Từ Hình 7, ta thấy rằng việc sử dụng cát biển và nước biển làm gia tăng đáng kể cường độ chịu nén của bê tông bọt khí ở 7 ngày tuổi. Đồng thời, mức tăng về cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát biển và nước biển có sử dụng tro mía thì càng cao hơn so với cấp phối không có sử dụng tro mía trong thành phần chất kết dính. Cụ thể, cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát biển và nước biển chỉ tăng có 14.8%, trong khi đó đối với

bê tông có hàm lượng tro mía thì tỷ lệ tăng về cường độ chịu nén cao hơn và trong khoảng 19.4 đến 20.1% so với bê tông sử dụng cát vàng và nước ngọt ở 7 ngày tuổi. Nguyên nhân cho sự gia tăng cường độ chịu nén khi bê tông sử dụng cát biển và nước biển đầu tiên là do thành phần clorua và sulfate có trong cát biển và nước biển. Dang và cộng sự²⁵ đã chứng minh rằng sự tồn tại của các ion clorua trong nước biển có thể thúc đẩy quá trình thủy hóa xi măng bằng cách phản ứng với alite C₃S để tạo thành CSH ở các ngày tuổi ban đầu. Bên cạnh đó, muối chlorua trong nước biển cũng phản ứng với tricalcium aluminate C₃A để tạo ra muối Friedel (3CaO · Al₂O₃ · CaCl₂ · 10H₂O) thông qua công thức (5). Các muối Friedel này sẽ lấp đầy các lỗ rỗng và làm cho bê tông đặc chắc hơn, dẫn đến tăng cường độ ở độ tuổi 7 ngày²⁵. Bên cạnh đó, nước biển chứa các ion sunfat cũng phản ứng với C₃A để tạo ra thạch cao và ettringit²⁶. Các sản phẩm này được hình thành có thể lấp đầy các lỗ rỗng trong bê tông, kết quả là làm tăng độ đặc chắc trong vi cấu trúc của bê tông. Ngoài ra, việc thúc đẩy quá trình thủy hoá xi măng ở 7 ngày tuổi sẽ tạo ra nhiều sản phẩm như Ca(OH)₂. Do đó, các phản ứng pozzolan từ tro mía sẽ dần dần xảy ra hơn. Kết quả là cường độ chịu nén của các cấp phối có tro mía cao hơn so với cấp phối không có tro mía ở 7 ngày tuổi. Nguyên nhân thứ hai đó có thể là do thành phần hạt của cát biển nhỏ hơn so với cát vàng (xem Hình 2). Lim và cộng sự²⁷ đã giải thích rằng khi bê tông bọ sử dụng cát hạt mịn hơn thì các bọ khí dễ dàng được phân bố đồng đều hơn so với việc sử dụng cát hạt thô. Kết quả là cường độ chịu nén của bê tông bọ dùng cát hạt mịn sẽ cao hơn so với loại sử dụng cát hạt thô²⁷.



Ở 28 ngày tuổi, sự chênh lệch về cường độ chịu nén giữa bê tông sử dụng cát biển và nước biển so với bê tông sử dụng cát vàng và nước ngọt giảm đáng kể, nằm trong khoảng từ 1.9 đến 3.3%. Trong khi đó, ở 91 ngày tuổi, sự chênh lệch về cường độ chịu nén giữa bê tông sử dụng cát biển và nước biển so với bê tông sử dụng cát vàng và nước ngọt rất nhỏ. Cụ thể, sự chênh lệch về cường độ chịu nén chỉ nằm trong khoảng 0.9 đến 1.5% ở 91 ngày tuổi. Theo lời giải thích của Younis và cộng sự²⁸ thì cho rằng quá trình kết tinh muối có thể dẫn đến cường độ chịu nén lâu dài của các mẫu bê tông dùng biển thấp hơn. Sự có mặt của Ca²⁺ trong CSH có thể trải qua quá trình trao đổi với Mg²⁺ trong nước biển. Sự trao đổi này dẫn đến việc tạo ra magie silicat hydrat (M-S-H), một chất không phải là xi măng và xốp. Hơn nữa,

các ion Mg²⁺ và SO₄²⁻ trong nước biển có thể phản ứng với Ca(OH)₂ có trong dung dịch lỗ rỗng của bê tông để tạo ra magie hidroxit (Mg(OH)₂) và thạch cao (CaSO₄ · 2H₂O). Các sản phẩm mới này sẽ lấp vào bê tông lỗ rỗng và gây ra ứng suất giãn nở bên trong bê tông, và gây ra các vết nứt. Do đó, cường độ chịu nén của các mẫu bê tông dùng cát biển và nước biển có thể bị suy giảm.

Ngoài ra, ảnh hưởng đồng thời của cát-nước biển và tro mía đến cường độ chịu nén của bê tông bọ khí so với cấp phối bê tông đối chứng (FB0) ở các ngày tuổi khác nhau cũng được tính toán qua công thức (6) sau:

$$f_{b-t} = \frac{f_{cd-b-t} - f_{cdo}}{f_{cdo}} \times 100 \quad (6)$$

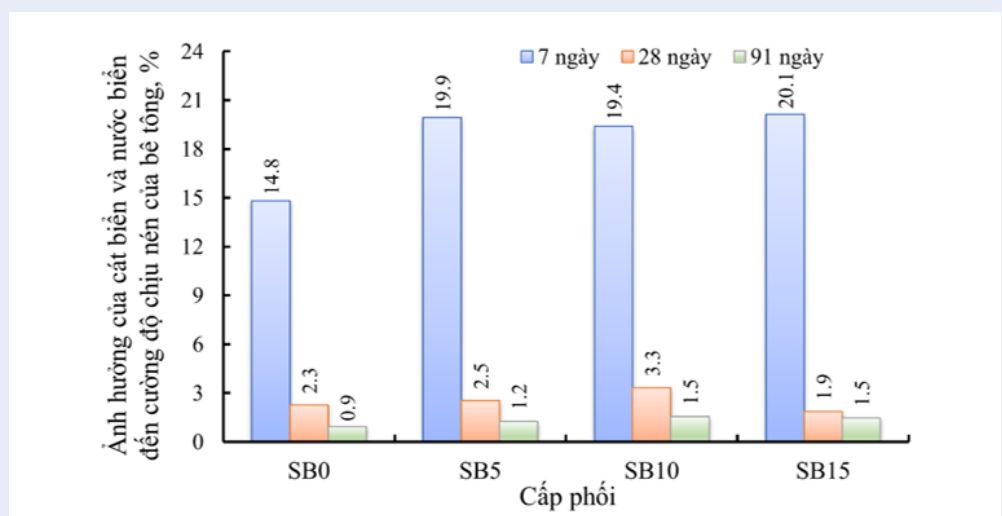
Trong đó: f_{b-t} là sự chênh lệch về cường độ chịu nén do ảnh hưởng đồng thời của cát-nước biển và tro mía, %; f_{cd-b-t} là cường độ chịu nén của bê tông bọ sử dụng đồng thời tro mía và cát biển và nước biển, MPa; f_{cdo} là cường độ chịu nén của bê tông bọ sử dụng cát vàng và nước ngọt nhưng không có tro mía, MPa.

Hình 8 thể hiện ảnh hưởng đồng thời của cát-nước biển và tro mía đến cường độ chịu nén của bê tông bọ ở các ngày tuổi khác nhau. Ta thấy được từ Hình 8 rằng bê tông sử dụng cát biển và nước biển và có sử dụng 5 và 10% tro mía thì cường độ chịu nén được tăng lên ở tất cả các ngày tuổi, trong đó thì cường độ chịu nén đạt giá trị cao nhất tương ứng với cấp phối có 10% tro mía ở 91 ngày tuổi. Cụ thể, cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát biển và nước biển và 10% tro mía (SB10) thì cho giá trị cao hơn 9.1% so với cấp phối bê tông đối chứng (FB0) ở 91 ngày tuổi. Trong khi đó, bê tông sử dụng cát-nước biển và 15% tro mía thì luôn cho giá trị cường độ chịu nén thấp hơn cấp phối FB0 bất kể các ngày tuổi. Nguyên nhân là do hàm lượng xi măng bị giảm nên không đủ thành phần CH cho các phản ứng pozzolan của tro mía như đã được đề cập giải thích ở trên.

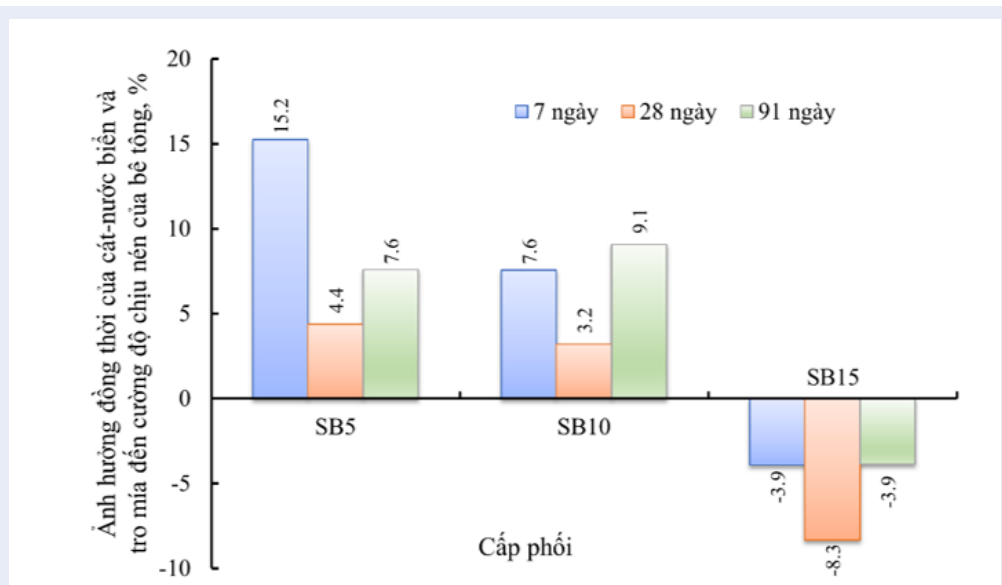
Độ hút nước của hỗn hợp bê tông bọ khí

Ảnh hưởng của hàm lượng tro mía đến độ hút nước của hỗn hợp bê tông khí

Đặc tính hấp thụ nước (hút nước) là một chỉ số quan trọng mà qua đó có thể gián tiếp thể hiện tính thấm cũng như là thể tích các lỗ rỗng thấm hay mao dẫn trong bê tông. Do đó, tính thấm nước có liên quan chặt chẽ đến độ bền của bê tông, và bê tông có độ hấp thụ thấp hơn thường có hiệu suất độ bền tốt hơn²⁹. Tỷ lệ hấp thụ nước trong bê tông có liên quan chặt chẽ với sự hiện diện của lỗ rỗng, thể tích của lỗ rỗng, sự phân bố lỗ rỗng, hay là sự liên kết giữa các lỗ rỗng với nhau³⁰. Khi số lượng lỗ rỗng tăng lên, tốc độ xâm



Hình 7: Chênh lệch về cường độ chịu nén của các cấp phối sử dụng cát biển và nước biển so với cấp phối sử dụng cát vàng và nước ngọt



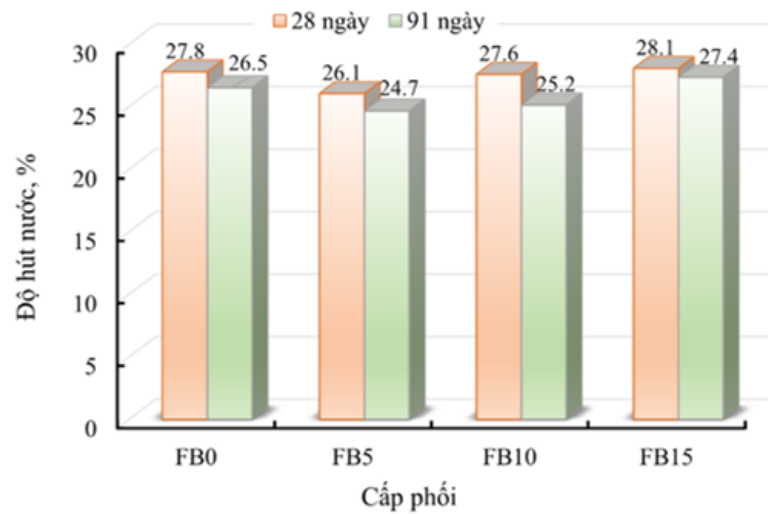
Hình 8: Ảnh hưởng đồng thời của cát-nước biển và tro mía đến cường độ chịu nén của bê tông bọt khí

nhập của nước tăng lên. Nếu lỗ rỗng được kết nối với nhau thì sự hấp thụ nước sẽ cao hơn.

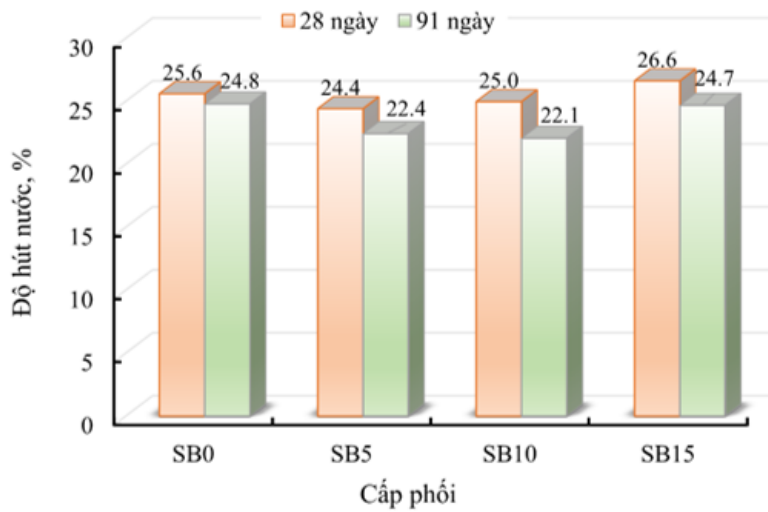
Độ hút nước của bê tông bọt khí không có và chỉ có thành phần tro mía trong thành phần chất kết dính được thể hiện ở Hình 9. Ta thấy rằng độ hút nước của tất cả các cấp phối đều giảm từ 28 đến 91 ngày bất kể là trong cấp phối có dùng tro mía thay thế cho xi măng, hay là dùng nước biển và cát biển để chế tạo. Điều này là do các sản phẩm từ quá trình thủy hoá của xi măng và phản ứng pozzolanic đã đóng góp vào sự tắc

ngẽn của các lỗ rỗng trong ma trận bê tông bọt²⁹. Từ Hình 9, độ hút nước của cấp phối có 5 và 10% tro mía thấp hơn, trong khi đó thì độ hút nước của cấp phối có 15% tro mía thì lại cao hơn độ hút nước của cấp phối đối chứng không có tro mía ở 91 ngày tuổi.

Sự chênh lệch về độ hút nước của các cấp phối so với cấp phối không sử dụng tro mía thay thế (FB0 và SB0) được tính toán qua công thức (7) để đánh giá ảnh hưởng của sự thay thế xi măng bằng tro mía đến độ



a) Bê tông bọt khí dùng cát vàng và nước ngọt



b) Bê tông bọt khí dùng cát biển và nước biển

Hình 9: Độ hút nước của bê tông bọt khí không có và có thành phần tro mía trong thành phần chất kết dính ở các ngày tuổi khác nhau

hút nước của bê tông bọt:

$$f_t = \frac{f_{hm-t} - f_{hno}}{f_{hno}} \times 100 \quad (7)$$

Trong đó: f_t là sự chênh lệch về độ hút nước do ảnh hưởng của việc sử dụng tro mía, %; f_{hm-t} là độ hút nước của bê tông bọt có sử dụng tro mía với các tỷ lệ khác nhau, %; f_{hno} là độ hút nước của bê tông bọt không sử dụng tro mía, %.

Ảnh hưởng của sự thay thế xi măng bằng tro mía đến độ hút nước của bê tông bọt được thể hiện qua Hình 10. Từ Hình 10, ta thấy rằng ở 91 ngày tuổi, sự thay thế xi măng bằng 5 và 10% tro mía cũng góp phần làm giảm độ hút nước của bê tông bọt khí. Cụ thể, đối với bê tông sử dụng cát vàng và nước ngọt (xem Hình 10a), với 5 và 10% tro mía thì độ hút nước giảm lần lượt là 7.0 và 5.2% so với cấp phối FB0P0. Trong khi đó, đối với bê tông sử dụng cát biển và nước biển (xem Hình 10b) thì tỷ lệ giảm là 9.5 và 11.0% so

với cấp phối không có tro mía ở 91 ngày tuổi. Gökçe và cộng sự³¹ đã giải thích rằng sự hấp thụ nước của bê tông bọt bị ảnh hưởng bởi chất lượng và số lượng của các sản phẩm thủy hoá (hỗ xi măng) chứ không phải bởi tất cả các lỗ rỗng xốp nhân tạo bởi vì chúng không liên kết với nhau. Do đó, việc giảm giá trị hấp thụ nước khi thay thế 5 và 10% xi măng bằng tro mía có được là kết quả từ phản ứng pozzolanic của các thành phần SiO₂ trong tro mía với lượng CH từ phản ứng thủy hoá của xi măng. Do đó, các sản phẩm thủy hoá như CSH được tăng cường hình thành, kết quả là làm cho cấu trúc vi mô của bê tông đặc chắc hơn, do đó làm giảm được độ hút nước của bê tông³¹. Trong khi đó, việc thay thế 15% xi măng vẫn làm tăng độ hút nước của bê tông sử dụng cát vàng-nước ngọt là khoảng 3.2% so với cấp phối không sử dụng tro mía ở tuổi 91 ngày.

Ảnh hưởng của hàm lượng tro mía đến độ hút nước của hỗn hợp bê tông khí

Để đánh giá ảnh hưởng của cát biển và nước biển đến độ hút nước của bê tông bọt thì sự chênh lệch về độ hút nước của các cấp phối sử dụng cát biển và nước biển so với cấp phối tương ứng sử dụng cát vàng và nước ngọt được tính toán qua công thức (8) sau:

$$f_b = \frac{f_{hm-b} - f_{hm-n}}{f_{hm-n}} \times 100 \quad (8)$$

Trong đó: f_b là sự chênh lệch về độ hút nước do ảnh hưởng của việc sử dụng cát biển và nước biển, %; f_{hm-b} là độ hút nước của bê tông bọt sử dụng cát biển và nước biển, %; f_{hm-n} là độ hút nước của bê tông bọt sử dụng cát vàng và nước ngọt tương ứng, %.

Hình 11 thể hiện ảnh hưởng của việc sử dụng cát biển và nước biển đến độ hút nước của bê tông bọt ở các ngày tuổi khác nhau. Từ Hình 11, ta thấy rằng việc sử dụng cát biển và nước biển làm giảm đáng kể độ hút nước của bê tông bọt khí, và giảm trong khoảng từ 6.5 đến 12.3% ở 91 ngày tuổi. Cụ thể, đối với bê tông không có và có 5, 10 và 15% hàm lượng tro mía thì độ hút nước cao giảm tương ứng là 6.5, 9.1, 12.3, 9.8% so với bê tông sử dụng cát vàng và nước ngọt tương ứng ở 91 ngày tuổi.

Ngoài ra, ảnh hưởng đồng thời của cát-nước biển và tro mía đến độ hút nước của bê tông bọt khí so với cấp phối bê tông đối chứng (FB0) ở các ngày tuổi khác nhau cũng được tính toán qua công thức (9) sau:

$$f_{b-t} = \frac{f_{hm-b-t} - f_{hno}}{f_{hno}} \times 100 \quad (9)$$

Trong đó: f_{b-t} là sự chênh lệch về độ hút nước do ảnh hưởng đồng thời của cát-nước biển và tro mía, %; f_{hm-b-t} là độ hút nước của bê tông bọt sử dụng

đồng thời tro mía và cát biển và nước biển, %; f_{hno} là độ hút nước của bê tông bọt sử dụng cát vàng và nước ngọt nhưng không có tro mía, %.

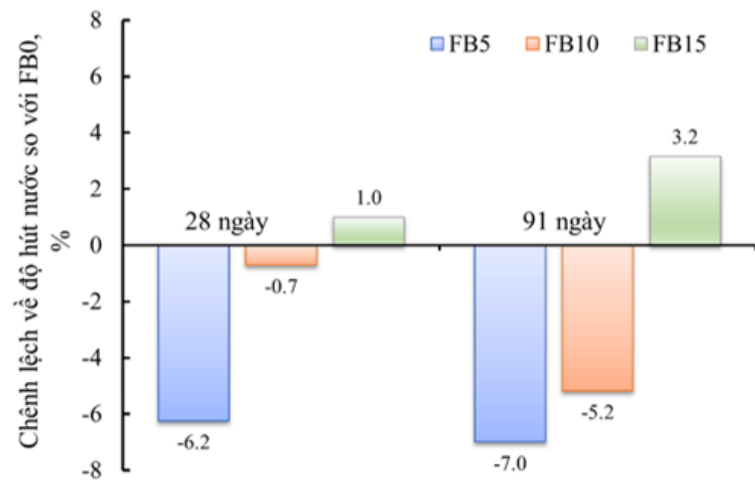
Hình 12 thể hiện ảnh hưởng đồng thời của cát-nước biển và tro mía đến độ hút nước của bê tông bọt ở các ngày tuổi khác nhau. Ta thấy được từ Hình 12 rằng bê tông sử dụng cát- nước biển và tro mía thì độ hút nước cải thiện đáng kể, trong đó thì mức giảm về độ hút nước đạt giá trị lớn nhất tương ứng với cấp phối có 10% tro mía ở 91 ngày tuổi, và bằng -16.8%, tiếp đến là cấp phối có 5% (-15.4%) và 15% (-6.9) tro mía.

KẾT LUẬN

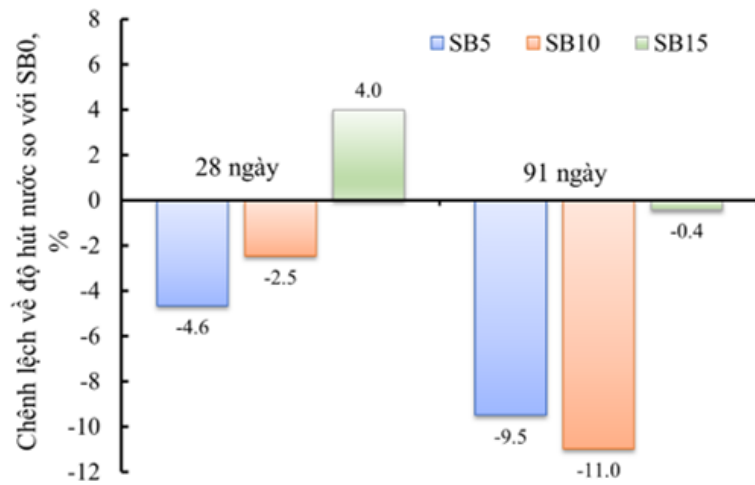
Từ kết quả đạt được thông qua các thí nghiệm thực nghiệm, một số kết luận sau được rút ra:

- Sự thay thế xi măng bằng tro mía sẽ làm giảm cường độ chịu nén của bê tông ở 7 ngày tuổi. Nhưng ở 91 ngày tuổi, thì sự thay thế 5 và 10% tro mía cho cường độ chịu nén cao hơn bê tông không có sử dụng tro mía. Giá trị cao nhất về mật cường độ chịu nén được ghi nhận với tỷ lệ thay thế là 10% xi măng bằng tro mía ở 91 ngày tuổi, với tỷ lệ tăng so với cấp phối đối chứng FB0 và SB0 tương ứng là 7.4 và 8.0%.
- Độ hút nước của bê tông bọt cũng được cải thiện rất nhiều khi sử dụng tro mía. Kết quả là với sự kết hợp 5 hoặc 10% tro mía thì bê tông cát vàng và nước ngọt cho độ hút nước nhỏ hơn so với bê tông đối chứng FB0 là 7.0 và 5.2% ở 91 ngày tuổi.
- Ở 91 ngày tuổi, với 15% lượng tro mía thay thế thì làm giảm cường độ chịu nén là 5.2% và tăng độ hút nước của bê tông cát vàng và nước ngọt là 3.2% so với cấp phối FB0.
- Việc sử dụng kết hợp tro mía và cát-nước biển đã đóng góp nhiều đến việc gia tăng cường độ chịu nén và độ hút nước của bê tông bọt khí so với bê tông đối chứng (FB0-không có tro mía và sử dụng cát vàng và nước ngọt) ở 91 ngày tuổi, đặc biệt là với tỷ lệ thay thế nhỏ hơn 10%.

Tóm lại, việc tận dụng tro mía để thay thế xi măng trong khoảng 5-10% và sử dụng cát-nước biển trong việc chế tạo bê tông bọt khí với khối lượng thể tích 800kg/m³ mang tính khả thi. Điều này không chỉ góp phần làm giảm lượng xi măng sử dụng nhằm giảm CO₂ phát thải ra môi trường, mà còn làm giảm áp lực trong việc tìm các nguồn vật liệu xây dựng thay thế cho cát vàng và nước ngọt đang ngày một khan hiếm. Ngoài ra, hạn chế của bài báo này là việc giải thích được dựa vào các kết quả thí nghiệm từ các nghiên cứu có liên quan trước đó. Do đó, cần có thêm các



a) Bê tông bọt khí dùng cát vàng và nước ngọt



b) Bê tông bọt khí dùng cát biển và nước biển

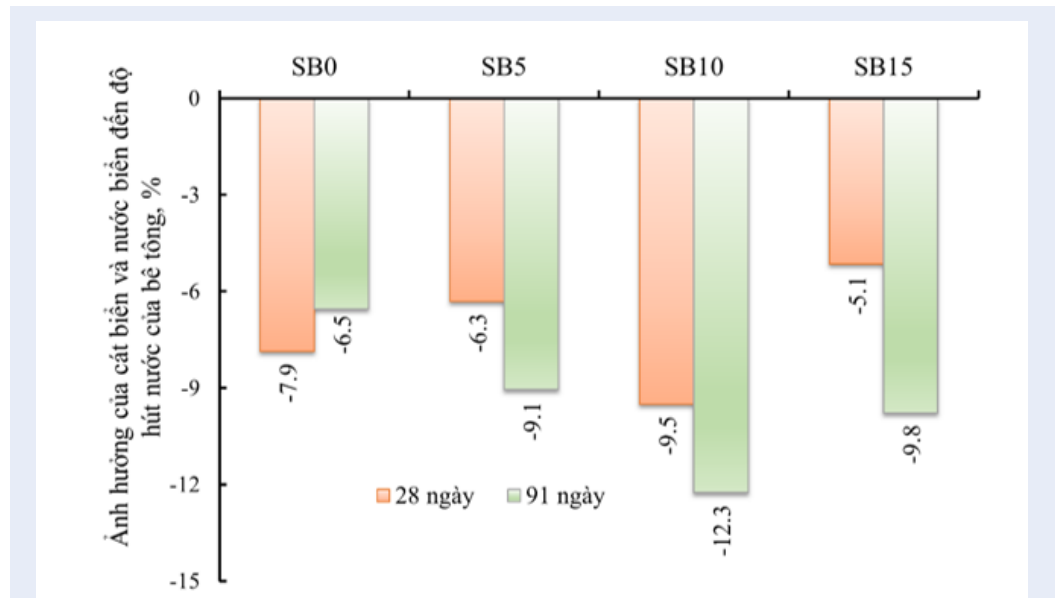
Hình 10: Chênh lệch về độ hút nước của các cấp phối so với FB0 hay SB0

thí nghiệm chuyên sâu như thí nghiệm về vi cấu trúc để đánh giá phân bố lỗ rỗng, thí nghiệm xác định các thành phần trong bê tông như hàm lượng CH, lượng CSH, hay thí nghiệm scanning electron microscope trong tương lai để có căn cứ giải thích kết quả xác đáng hơn nhằm tăng tính thuyết phục. Bên cạnh đó, với việc khan hiếm của nguồn vật liệu dành cho xây dựng như cát vàng và nước ngọt, thì cát biển và nước biển có thể được xem là nguồn vật liệu xây dựng tiềm năng để sản xuất bê tông bọt khí. Tuy nhiên, cần có thêm các nghiên cứu về các chỉ tiêu cơ lý khác cũng như là độ bền của bê tông bọt theo thời gian lâu hơn (sau

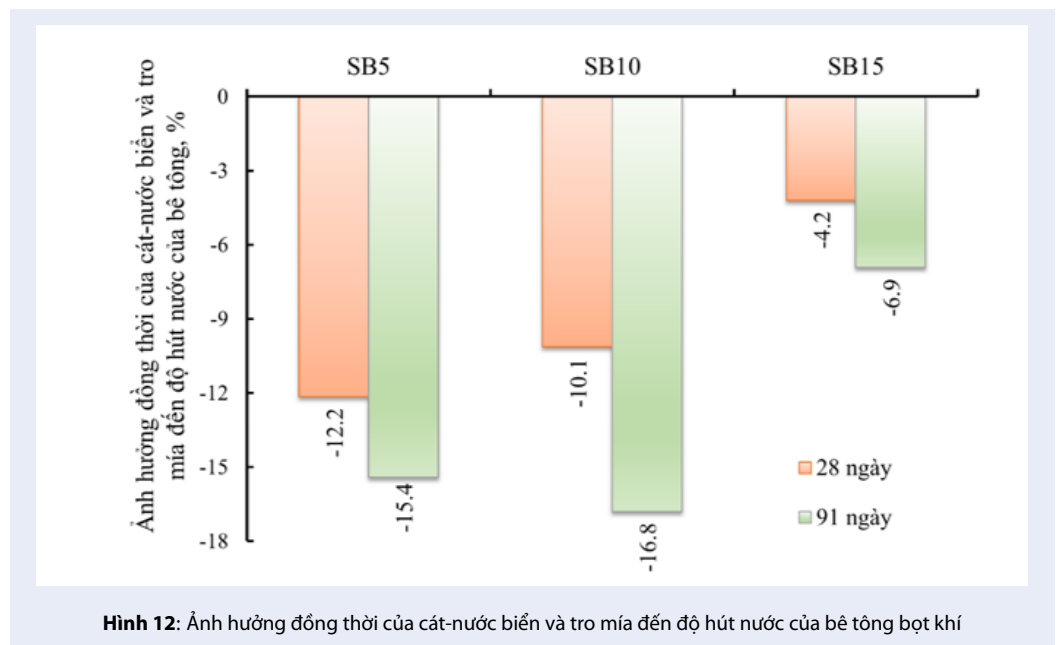
91 ngày) để có kết quả đánh giá tổng quát hơn khi sử dụng tro mía và cát-nước biển trong việc chế tạo bê tông bọt khí.

LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên, nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn đến Trường Đại học Xây dựng Miền Trung đã giúp đỡ và hỗ trợ cho việc thực hiện nghiên cứu này với mã số đề tài **GV.02.21.03**. Nhóm tác giả cũng xin cảm ơn phòng thí nghiệm, các bạn sinh viên D17, D18 khoa Cầu đường và Xây dựng thuộc trường Đại học Xây dựng Miền Trung đã hỗ trợ để thực hiện các thí nghiệm



Hình 11: Chênh lệch về độ hút nước của các cấp phối sử dụng cát biển và nước biển so với cấp phối sử dụng cát vàng và nước ngọt



Hình 12: Ảnh hưởng đồng thời của cát-nước biển và tro mía đến độ hút nước của bê tông bọt khí

trong nghiên cứu này.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả không có xung đột lợi ích.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Vũ Quang Thuận: Thực nghiệm thí nghiệm, phân tích số liệu và kiểm tra bài báo; Hồ Sĩ Lành: Thực nghiệm, kiểm tra và chỉnh sửa bài báo; Hoàng Quốc Tuấn: Phân tích và kiểm tra bài báo, Lê Đức Quân: Phân tích và kiểm tra bài báo; Đặng Quốc Việt: Chủ trì nghiên cứu, phát thảo ý tưởng, viết bản thảo, phân tích và kiểm tra bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Reisi M, Dadvar SA, Sharif A. Microstructure and mixture proportioning of non-structural foamed concrete with silica fume. *Https*. 2017;69(23):1218-30; Available from: <https://doi.org/10.1680/jmacr.17.00066>.
- Tan X, Chen W, Hao Y, Wang X. Experimental study of ultralight (<300 kg/m³) foamed concrete. *Adv Mater Sci Eng*. 2014;2014:1-7; Available from: <https://doi.org/10.1155/2014/514759>.
- Nguyễn TM, Trịnh THP, Nguyễn TT, Thanh T. Lê, Quan điểm của Ảnh hưởng của hàm lượng sợi Polypropylene lên các đặc tính kỹ thuật của bê tông bọt; 2022 [cited May 10, 2023]; Available from: <https://vjol.info.vn/index.php/DHTL/article/view/70896/60096>.
- Siddique R, Cachim P. Waste and Supplementary Cementitious Materials in Concrete: characterisation, properties, and applications; 2018. p. 640.
- Batool F, Masood A, Ali M. Characterization of sugarcane bagasse ash as pozzolan and influence on concrete properties. *Arab J Sci Eng*. 2020;45(5):3891-900; Available from: <https://doi.org/10.1007/s13369-019-04301-y>.
- Kazmi SMS, Munir MJ, Patnaikuni I, Wu YF. Pozzolanic reaction of sugarcane bagasse ash and its role in controlling alkali silica reaction. *Constr Build Mater*. 2017;148:231-40; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.025>.
- Praveenkumar S, Sankarasubramanian G, Sindhu S. Strength, permeability and microstructure characterization of pulverized bagasse ash in cement mortars. *Constr Build Mater*. 2020;238:117691; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117691>.
- Ganesan K, Rajagopal K, Thangavel K. Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material. *Cem Concr Compos*. 2007;29(6):515-24; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.03.001>.
- Shafiq N, Hussein AAE, Nuruddin MF, Al Mattarneh H. Effects of sugarcane bagasse ash on the properties of concrete. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability*. 2018;171(3):123-32; Available from: <https://doi.org/10.1680/jensu.15.00014>.
- Hiền LD, Sheen Y. Thời gian ninh kết, cường độ chịu nén và co ngót của vật liệu kiểm hoạt hóa xi lò cao nghiền mịn-tro bã mía. *TCKHCNXD*;16(1V):126-38; 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).
- He X, Zhou J, Wang Z, Zhang L. Study on mechanics and water transport characteristics of sea-sand concrete based on the volume analysis of each solid composition. *Constr Build Mater*. 2020;257; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119591>.
- Kaushik SK, Islam S. Suitability of sea water for mixing structural concrete exposed to a marine environment. *Cem Concr Compos*. 1995;17(3):177-85; Available from: [https://doi.org/10.1016/0958-9465\(95\)00015-5](https://doi.org/10.1016/0958-9465(95)00015-5).
- Lindvall A. Chloride ingress data from field and laboratory exposure - influence of salinity and temperature. *Cem Concr Compos*. 2007;29(2):88-93; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2006.08.004>.
- CUI M, MAO J-Z, JIA D-G, LI B. Experimental study on mechanical properties of marine sand and seawater concrete. *Proceedings of the 2014 int. conf. mech. Civ Eng*. 2014;7:106-11; Available from: <https://doi.org/10.2991/icmce-14.2014.19>.
- Akinkulore OO, Jiang C, Shobola OM. The influence of salt water on the compressive strength of concrete.pdf. *J Eng Appl Sci*. 2007;2:412-5;.
- 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;155:1101-11; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.130>.
- Hoang QL, Nguyen TC. A study on manufacturing fine-grained concrete using sea sand in the construction of military mobile roads on coastal and islands in the northern-central region of Vietnam, *J. Sci. Tech. - Sect. Spec. Constr Eng*. 2022;5; Available from: <https://doi.org/10.56651/lqdtu.jst.v5.n01.366.sce>.
- American Concrete Institute. Guide for cellular concretes above 50 lb/ft³ (800 kg/m³); ACI 523.3. 2014;R14:17;.
- SRINIVASAN R, Sathiya K. Experimental study on bagasse ash in concrete, *Int. J. J Soc Entrep*. 2010;5(2):60-6; Available from: <https://doi.org/10.24908/ijlse.v5i2.2992>.
- Bing C, Zhen W, Ning L. Experimental research on properties of high-strength foamed concrete. *J Mater Civ Eng*. 2012;24(1):113-8; Available from: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0000353](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000353).
- TCVN 9030:2017. Bê tông nhẹ - Phương pháp thử [Cited Jun 6, 2023]; Available from: <http://vntvietnam.com/xem-tin/tcvn-90302017-be-tong-nhe-phuong-phap-thu-585.html>.
- ASTM C. Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete, ASTM Int., West Conshohocken, PA. 2013;1-3:642-13. doi: 10.1520/C0642-13.5;.
- He W, Liu L, Fang Z, Gao Y, Sun W. Effect of polypropylene fiber on properties of modified magnesium-coal-based solid waste backfill materials. *Constr Build Mater*. 2023;362:129695; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129695>.
- Jagadesh P, Ramachandramurthy A, Murugesan R. Evaluation of mechanical properties of Sugar Cane bagasse Ash concrete. *Constr Build Mater*. 2018;176:608-17; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.037>.
- Dang VQ, Ogawa Y, Bui PT, Kawai K. Effects of chloride ion in sea sand on properties of fresh and hardened concrete incorporating supplementary cementitious materials. *J Sustain Cem Mater*. 2022;11(6):439-51; Available from: <https://doi.org/10.1080/21650373.2021.1992683>.
- Vafaei D, Hassanli R, Ma X, Duan J, Zhuge Y. Sorptivity and mechanical properties of fiber-reinforced concrete made with seawater and dredged sea-sand. *Constr Build Mater*. 2021;270:121436; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121436>.
- Lim SK, Tan CS, Zhao X, Ling TC. Strength and toughness of lightweight foamed concrete with different sand grading. *KSCE J Civ Eng*. 2014;19:2191-7; Available from: <https://doi.org/10.1007/s12205-014-0097-y>.
- Younis A, Ebead U, Suraneni P, Nanni A. Fresh and hardened properties of seawater-mixed concrete. *Constr Build Mater*. 2018;190:276-86; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.126>.
- Zhang Y, Chen D, Liang Y, Qu K, Lu K, Chen S et al. Study on engineering properties of foam concrete containing waste seashell. *Constr Build Mater*. 2020;260:119896; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119896>.
- Zhong H, Zhang M. Experimental study on engineering properties of concrete reinforced with hybrid recycled tyre steel and polypropylene fibres. *J Clean Prod*. 2020;259:120914; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120914>.
- Gökçe HS, Hatungimana D, Ramyar K. Effect of fly ash and silica fume on hardened properties of foam concrete. *Constr Build Mater*. 2019;194:1-11; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.036>.

Effect of sugarcane bagasse ash on compressive strength and water absorption of foam concrete using sea sand and seawater

Thuan Quang Vu¹, Lanh Si Ho², Tuan Quoc Hoang³, Quan Duc Le¹, Viet Quoc Dang^{1,*}

ABSTRACT

The rapid development of infrastructure has led to a shortage of construction materials. Therefore, the utilization of waste or potential materials is gaining attention. This study aims to investigate the effect of partially replacing Portland cement with sugarcane bagasse ash (SCBA) in Phu Yen province and sea sand-seawater (SSSW) on the properties of foam concrete. Portland cement was replaced with SCBA at 0, 5, 10, and 15% by mass of the binder. The results showed that the compressive strength of foam concrete was reduced at 7 days due to the SCBA replacement. However, the inclusion of 5% and 10% SCBA increased the compressive strength and reduced the water absorption of foam concrete compared to the reference concrete at 91 days. Moreover, the combination of SCBA and SSSW significantly contributed to the enhancement of compressive strength and reduction of water absorption of foam concrete at 91 days, especially when SCBA replacement was less than 10%. In general, the use of SCBA and SSSW is feasible in the production of foam concrete, considering the increasing scarcity of construction materials and the goal of reducing CO₂ emissions.

Key words: Foam concrete, sugarcane bagasse ash, sea sand-seawater, compressive strength, water absorption

¹Faculty of Bridge and Road Construction, Mien Trung University of Civil Engineering (MUCE), 24 Nguyen Du Street, Ward 7, Tuy Hoa City, Phu Yen Province, Vietnam

²Faculty of Civil engineering, University of Transport Technology, 54 Trieu Khuc, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

³Institute of civil engineering, Ho Chi Minh city University of Transport, 02 Vo Oanh Street, Ward 25, Binh Thanh District, Ho Chi Minh city, Vietnam

Correspondence

Viet Quoc Dang, Faculty of Bridge and Road Construction, 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

History

- Received: 14-7-2023
- Accepted: 26-9-2023
- Published Online: 30-9-2023

DOI :

<https://doi.org/10.32508/stdjet.v6i3.1108>



Cite this article : Vu T Q, Ho L S, Hoang T Q, Le Q D, Dang V Q. **Effect of sugarcane bagasse ash on compressive strength and water absorption of foam concrete using sea sand and seawater.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology* 2023; 6(3):2010-2025.