

Ảnh hưởng của hàm lượng bột đá cẩm thạch đến cường độ nén và độ hút nước của bê tông cường độ cao

Bùi Phương Trinh^{1,2,*}, Đào Xuân Hoàng^{1,2}, Phạm Phú Nam Trần^{1,2}, Phùng Thị Phương Hà^{1,2}, Lưu Xuân Lộc^{1,2}



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

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày ảnh hưởng của hàm lượng bột đá cẩm thạch đến cường độ nén và độ hút nước của bê tông cường độ cao nhằm mở rộng việc tận dụng loại phế thải này trong ngành công nghiệp xây dựng và giảm việc sản xuất xi măng Portland ảnh hưởng bất lợi đến môi trường sống. Cấp phối bê tông đối chứng không sử dụng bột đá được thiết kế theo TCVN 10306:2014 với mức tối thiểu 60 MPa và độ sụt nằm trong khoảng 16 ± 2 cm. Để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng bột đá cẩm thạch đến cường độ nén và độ hút nước của bê tông, hàm lượng bột đá thay thế xi măng Portland từ 0, 5, 10, 15 và 20% theo khối lượng. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng bột đá đã ảnh hưởng đáng kể đến các tính chất kỹ thuật của bê tông, cụ thể: hàm lượng bột đá thay thế xi măng Portland từ 0 đến 20% đã làm tăng độ sụt của hỗn hợp bê tông từ 16.0 đến 20.5 cm và thể tích lỗ rỗng hở của bê tông ở 28 ngày tuổi từ 2.66 đến 4.79%, dẫn đến cường độ nén thấp hơn từ 2.48 đến 18.60% và độ hút nước cao hơn từ 1.59 đến 3.79% so với bê tông đối chứng sử dụng 0% bột đá. Tuy nhiên, cường độ nén ở 28 ngày tuổi của bê tông sử dụng 5–20% bột đá nằm trong khoảng 60.94–73.01 MPa, vẫn đảm bảo yêu cầu về cường độ nén của bê tông cường độ cao. Nhìn chung, việc tận dụng bột đá cẩm thạch thay thế xi măng Portland trong khoảng 5–20% mang tính khả thi trong việc chế tạo bê tông cường độ cao với cường độ nén trên 60 MPa.

Từ khóa: Bê tông cường độ cao, Bột đá cẩm thạch, Cường độ nén, Độ hút nước, Thể tích lỗ rỗng hở

¹Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa Tp. HCM, Việt Nam

²Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Liên hệ

Bùi Phương Trinh, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa Tp. HCM, Việt Nam
Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: buiphuongtrinh@hcmut.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 02-7-2022
- Ngày chấp nhận: 03-10-2022
- Ngày đăng: 30-11-2022

DOI : 10.32508/stdjet.v5i3.1025



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.



GIỚI THIỆU

Gần đây, nhu cầu xây dựng các công trình dân dụng và cơ sở hạ tầng ngày càng gia tăng không những về số lượng mà còn về chất lượng nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển xã hội. Chính vì thế, bê tông cường độ cao đã và đang trở thành một trong những vật liệu được ứng dụng rộng rãi trong xây dựng. Nhìn chung, bê tông cường độ cao thường được chế tạo từ hệ nguyên vật liệu có chất lượng tốt, lượng xi măng sử dụng cao do tỷ lệ nước/chất kết dính (N/CKD) thấp đồng thời kết hợp sử dụng phụ gia hóa học. Kết quả dẫn đến nhu cầu sử dụng xi măng trong xây dựng gia tăng, kéo theo thúc đẩy việc sản xuất xi măng tăng cao. Tuy nhiên, quá trình sản xuất xi măng là một trong những ngành công nghiệp tác động bất lợi đến môi trường sống, cụ thể tiêu thụ nguồn tài nguyên thiên nhiên (đá vôi, đất sét), nhiên liệu để nung luyện clinker và thải khí CO₂ chi phối đáng kể đến hiệu ứng nhà kính và làm nóng toàn cầu¹. Do đó, việc tìm kiếm, nghiên cứu và chế tạo các loại vật liệu khác thay thế xi măng đang trở thành vấn đề cần thiết hiện nay.

Mặt khác, việc khai thác đá thiên nhiên và sản xuất vật liệu xây dựng từ đá thiên nhiên đang thải ra khoảng 2 đến 5% bột đá phế thải¹. Bột đá phế thải không những chiếm diện tích đất sử dụng mà còn thải ra bụi

ảnh hưởng bất lợi đến môi trường xung quanh². Theo Đoàn và Nguyễn³, việc khai thác và chế tác đá cẩm thạch tại Đà Nẵng, Việt Nam đã thải ra lượng đá phế thải đáng kể, gây ô nhiễm môi trường và ảnh hưởng đến cảnh quan khu vực. Chính vì thế, tiềm năng ứng dụng loại bột đá cẩm thạch trong việc sản xuất vật liệu xây dựng được đánh giá là rất lớn, cụ thể trong việc sản xuất xi măng, gạch, ceramic, composite ...³. Trong đó, bột đá cẩm thạch phế thải đã được đề xuất là vật liệu tiềm năng thay thế xi măng trong việc sản xuất bê tông⁴⁻¹². Arshad và cộng sự⁸ đã tận dụng phế thải đá cẩm thạch (với hàm lượng CaO khoảng 97%) thay thế xi măng với hàm lượng từ 0 đến 100% và đánh giá rằng việc thay thế xi măng bằng loại phế thải này đến 7% là hiệu quả trong bê tông thông thường. Ali và Hashmi¹⁰ cũng đã thay thế xi măng bằng bột đá cẩm thạch từ 0, 5, 10, 15 và 20% theo khối lượng và nhận thấy sự cải thiện về cường độ nén của bê tông mức 300 khi hàm lượng thay thế đến 10%. Nhìn chung, hầu hết cường độ nén của bê tông đã được nâng cao khi thay thế xi măng bằng bột đá cẩm thạch^{7,8,10,11} do tác dụng lấp đầy lỗ rỗng của bột đá⁵. Ngược lại, Ali-abdo và cộng sự⁹ đã tìm thấy sự suy giảm cường độ nén của bê tông với tỷ lệ N/CKD là 0,50 trong khoảng 4–14% khi sử dụng bột đá cẩm thạch thay thế xi măng

Trích dẫn bài báo này: Trinh B P, Hoàng D X, Trần P P N, Hà P T P, Lộc L X. Ảnh hưởng của hàm lượng bột đá cẩm thạch đến cường độ nén và độ hút nước của bê tông cường độ cao. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 2022, 5(3):1633-1641.

từ 5–15% khi so với bê tông đối chứng không sử dụng bột đá. Tóm lại, ảnh hưởng của việc sử dụng bột đá cẩm thạch thay thế xi măng đến cường độ nén của bê tông vẫn chưa có xu hướng rõ ràng trong các nghiên cứu khác nhau trên thế giới. Trong khi đó, nghiên cứu đánh giá cường độ nén và độ hút nước của bê tông cường độ cao sử dụng một phần bột đá cẩm thạch thay thế xi măng vẫn còn hạn chế ở Việt Nam.

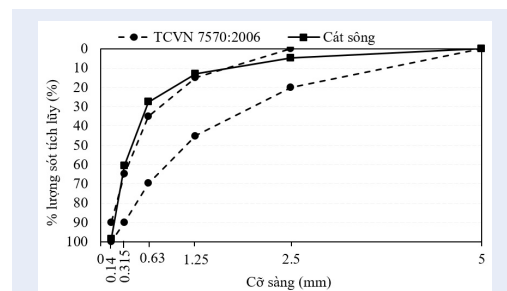
Dựa trên tổng quan tình hình nghiên cứu trên thế giới và trong nước, nhận thấy rằng việc tận dụng bột đá phế thải để thay thế xi măng không những làm giảm tác động môi trường mà còn hạn chế việc sản xuất xi măng cũng như giải quyết lượng bột đá phế thải từ việc khai thác và sản xuất đá thiên nhiên, hướng đến sự phát triển bền vững. Do đó, mục đích của nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng bột đá cẩm thạch đến cường độ nén và độ hút nước của bê tông cường độ cao nhằm đáp ứng nhu cầu xây dựng bền vững và phát triển xã hội.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

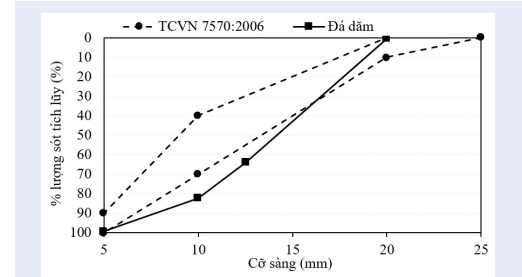
Hệ nguyên vật liệu

Xi măng được sử dụng trong nghiên cứu này là xi măng Portland loại I của nhà máy Nghi Sơn thỏa mãn theo TCVN 2682:2020¹³. Trong khi đó, bột đá cẩm thạch được vận chuyển từ nhà máy sản xuất đá thiên nhiên ở Long An về phòng thí nghiệm và được nghiền mịn đến cỡ hạt nhỏ hơn 0.14 mm. Thành phần hóa và các chỉ tiêu kỹ thuật của xi măng và bột đá được thể hiện ở Bảng 1.

Để chế tạo bê tông, cát sông và đá dăm từ cơ sở cung cấp vật liệu xây dựng tại Thành phố Hồ Chí Minh được sử dụng lần lượt như cốt liệu nhỏ và cốt liệu lớn với các chỉ tiêu kỹ thuật được thể hiện ở Bảng 2 và thành phần hạt được trình bày ở Hình 1 và Hình 2. Mặc dù cát sông và đá dăm có vài cỡ hạt nằm ngoài vùng phạm vi cho phép theo TCVN 7570:2006¹⁴ nhưng có thể tạm chấp nhận sử dụng để chế tạo bê tông trong nghiên cứu này.



Hình 1: Thành phần hạt của cát sông



Hình 2: Thành phần hạt của đá dăm

Bên cạnh đó, nước được sử dụng để chế tạo bê tông được lấy từ phòng thí nghiệm, phù hợp với TCVN 4506:2012¹⁵. Phụ gia giảm nước MasterGlenium SKY 8719, thỏa mãn tiêu chuẩn ASTM C494¹⁶, cũng được sử dụng để chế tạo hỗn hợp bê tông đối chứng không sử dụng bột đá có độ sụt thiết kế nằm trong khoảng 16 ± 2 cm.

Thiết kế cấp phối bê tông

Cấp phối bê tông đối chứng không sử dụng bột đá được thiết kế theo TCVN 10306:2014¹⁷ với mác tối thiểu 60 MPa và độ sụt nằm trong khoảng 16 ± 2 cm, phù hợp cho các kết cấu đỡ bằng bê tông bơm theo TCVN 4553:1995¹⁸. Sau khi đúc cấp phối theo thiết kế và điều chỉnh theo thực nghiệm, thành phần cấp phối bê tông đối chứng không sử dụng bột đá được thể hiện ở Bảng 3. Để đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng bột đá cẩm thạch đến cường độ nén và độ hút nước của bê tông, hàm lượng bột đá thay thế xi măng Portland từ 0, 5, 10, 15 và 20% theo khối lượng. Thành phần cấp phối của các bê tông sử dụng bột đá cẩm thạch cũng được thể hiện ở Bảng 3.

Quy trình nhào trộn, thí nghiệm độ sụt, đúc mẫu và dưỡng hộ

Sau khi định lượng hệ nguyên vật liệu theo từng thành phần cấp phối ở Bảng 3, tiến hành quy trình nhào trộn bằng máy trộn cưỡng bức tại phòng thí nghiệm theo các bước sau: (1) lau ẩm máy trộn bằng vữa; (2) nhào trộn hỗn hợp xi măng, bột đá (nếu có) và cát sông khoảng 30 giây; (3) thêm 50% lượng nước vào hỗn hợp và tiến hành nhào trộn khoảng 30 giây; (4) thêm đá dăm vào máy trộn và tiếp tục nhào trộn khoảng 30 giây; và (5) thêm phần nước còn lại đã hòa trộn cùng với phụ gia MasterGlenium SKY 8719 vào máy trộn và tiếp tục trộn đều đến khi thu được hỗn hợp bê tông đồng nhất.

Sau khi nhào trộn, tiến hành thí nghiệm độ sụt của hỗn hợp bê tông của từng cấp phối theo TCVN 3106:1993¹⁹. Sau đó, tiến hành đúc mẫu thông qua

Bảng 1: Thành phần hóa và các chỉ tiêu kỹ thuật của xi măng và bột đá

	Đơn vị	Xi măng	Bột đá
Chỉ tiêu kỹ thuật			
Khối lượng riêng	g/cm ³	3.10	2.53
Phần trăm lượng sót trên sàng 0.09 mm	%	0.3	15.1
Cường độ nén ở 28 ngày tuổi	MPa	58.3	-
Chỉ số hoạt tính cường độ đối với xi măng sau 28 ngày so với mẫu đối chứng	%	-	81.40
Thành phần hóa			
CaO	%	68.3	55.2
SiO ₂	%	17.5	0.84
Al ₂ O ₃	%	4.03	0.07
Fe ₂ O ₃	%	3.83	0.85
SO ₃	%	3.61	-
MgO	%	1.15	0.06
K ₂ O	%	0.868	0.06
TiO ₂	%	0.401	-
Mất khi nung	%	-	42.6

:- không thí nghiệm

Bảng 2: Các chỉ tiêu kỹ thuật của cốt liệu

Chỉ tiêu kỹ thuật	Đơn vị	Cát sông	Đá dăm
Khối lượng riêng	g/cm ³	2.63	2.75
Khối lượng thể tích	kg/m ³	1516	1461
Độ hút nước	%	0.46	0.96
Mô đun độ lớn		2.04	-
D _{max} và D _{min}	mm	-	20 và 5

:- không thí nghiệm

Bảng 3: Cấp phối bê tông đối chứng và bê tông có sử dụng bột đá cẩm thạch

Cấp phối	% bột đá thay thế xi măng	Đơn vị: kg					Phụ gia giảm nước (% theo chất kết dính)	s/a
		Xi măng	Bột đá	Cát	Đá	Nước		
BD00	0	420	0	816	1018	165	1.2	0.456
BD05	5	399	21	812	1018	165	1.2	0.455
BD10	10	378	42	808	1018	165	1.2	0.453
BD15	15	357	63	804	1018	165	1.2	0.452
BD20	20	336	84	800	1018	165	1.2	0.451

s/a: tỷ lệ thể tích cát sông so với tổng thể tích cốt liệu

các khuôn thép có kích thước 100×100×100 mm theo TCVN 3105:1993²⁰. Các mẫu bê tông được dưỡng hộ trong khuôn sau khi đúc khoảng 20±4 giờ và sau đó, được tháo khuôn và được dưỡng hộ trong bể dưỡng hộ nước tại phòng thí nghiệm trước khi được thí nghiệm các chỉ tiêu kỹ thuật.

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

Cường độ nén của bê tông của từng cấp phối ở từng độ tuổi cụ thể (tức 3, 14 và 28 ngày tuổi) là giá trị trung bình của ba mẫu lập phương với kích thước 150×150×150 mm được quy đổi từ giá trị cường độ nén của ba mẫu lập phương có kích thước 100×100×100 mm theo công thức (1) theo TCVN 3118:1993²¹.

$$R = \alpha \times \frac{P}{F} \tag{1}$$

Trong đó:

R là cường độ nén của bê tông (MPa)

P là tải trọng phá hoại mẫu có kích thước 100×100×100 mm (N)

F là diện tích chịu lực nén của mẫu có kích thước 100×100×100 mm (mm²)

α là hệ số quy đổi từ mẫu có kích thước 100×100×100 mm sang mẫu có kích thước 150×150×150 mm, tức α = 0.91

Độ hút nước và thể tích lỗ rỗng hở của bê tông của từng cấp phối ở 28 ngày tuổi là giá trị trung bình của ba mẫu lập phương với kích thước 100×100×100 mm được xác định theo ASTM C642²² theo quy trình sau: (1) ở 28 ngày tuổi, mẫu được đem đi sấy khô trong lò sấy ở nhiệt độ 105 ± 5 °C và được cân trong không khí sau khi được làm nguội đến nhiệt độ từ 20 – 25 °C; (2) sau khi sấy khô, mẫu được ngâm trong nước không dưới 48 giờ và sau đó được cân trong không khí sau khi làm khô bề mặt; (3) mẫu được đun sôi trong bể điều nhiệt trong 5 giờ và sau đó được cân trong không khí sau khi được làm nguội đến nhiệt độ từ 20 – 25 °C; và (4) mẫu được cân trong nước sau khi đun sôi trong bể điều nhiệt. Độ hút nước và thể tích lỗ rỗng hở của bê tông của từng cấp phối ở 28 ngày tuổi được xác định theo công thức (2) và (3).

$$H_p = \frac{(B - A)}{A} \times 100\% \tag{2}$$

$$V_r = \frac{(C - A)}{(C - D)} \times 100\% \tag{3}$$

Trong đó:

H_p là độ hút nước của bê tông (%)

V_r là thể tích lỗ rỗng hở của bê tông (%)

A là khối lượng của mẫu được cân trong không khí sau khi sấy khô (g)

B là khối lượng mẫu ở trạng thái khô bề mặt được cân trong không khí sau khi ngâm trong nước (g)

C là khối lượng mẫu ở trạng thái khô bề mặt được cân trong không khí sau khi được đun sôi trong bể điều nhiệt (g)

D là khối lượng mẫu được cân trong nước sau khi đun sôi trong bể điều nhiệt (g).

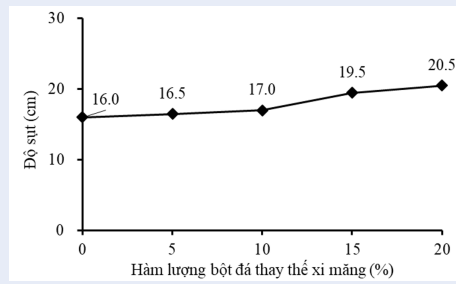
KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Ảnh hưởng của hàm lượng bột đá đến độ sụt của hỗn hợp bê tông

Hình 3 thể hiện ảnh hưởng của hàm lượng bột đá đến độ sụt của hỗn hợp bê tông. Nhìn chung, việc thay thế một phần xi măng bằng bột đá đã ảnh hưởng đến độ sụt của hỗn hợp bê tông, cụ thể: hàm lượng bột đá thay thế từ 0 đến 20% đã làm tăng độ sụt từ 16.0 đến 20.5 cm, tăng 28.13%. Về cơ bản, có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến độ sụt của hỗn hợp bê tông như lượng nước nhào trộn, tỷ lệ thành phần nguyên vật liệu, tính chất của chất kết dính, cốt liệu và tỷ lệ thể tích cốt liệu nhỏ so với tổng thể tích cốt liệu. Trong nghiên cứu này, khi thay thế xi măng bằng bột đá, mặc dù lượng cát thay đổi nhưng tỷ lệ thể tích cốt liệu nhỏ so với tổng thể tích cốt liệu thay đổi không đáng kể, nằm trong khoảng 0.451 đến 0.456 (xem Bảng 3). Do đó, yếu tố này được xem không ảnh hưởng đáng kể đến độ sụt của hỗn hợp bê tông. Trong khi đó, do bột đá có thành phần cỡ hạt lớn hơn so với hạt xi măng (bột đá có phần trăm lượng sót trên sàng 0.09 mm là 15.1% > phần trăm lượng sót trên sàng 0.09 mm của xi măng là 0.3%, xem Bảng 1) nên khi hỗn hợp bê tông chứa bột đá, lượng nước cần có để bao bọc các hạt bột đá thấp hơn so với hỗn hợp bê tông đối chứng chứa 100% xi măng và 0% bột đá, dẫn đến gia tăng lượng nước dư trong hỗn hợp bê tông và kết quả tính công tác gia tăng. Việc cải thiện tính công tác của hỗn hợp bê tông khi sử dụng bột đá cũng được báo cáo trong nghiên cứu của Krishna Rao²³. Việc sử dụng bột đá với hàm lượng thay thế xi măng từ 5 đến 10% vẫn đảm bảo độ sụt thiết kế của hỗn hợp bê tông nằm trong khoảng 14 đến 18 cm. Trong khi đó, Ashish²⁴, Rana và cộng sự²⁵, và Majeed và cộng sự²⁶ đã nhận xét rằng việc sử dụng bột đá thay thế xi măng đã làm giảm độ sụt của hỗn hợp bê tông và nguyên nhân là do bột đá có diện tích bề mặt cao hơn (tức có độ mịn cao hơn) so với xi măng Portland.

Ảnh hưởng của hàm lượng bột đá đến cường độ nén của bê tông

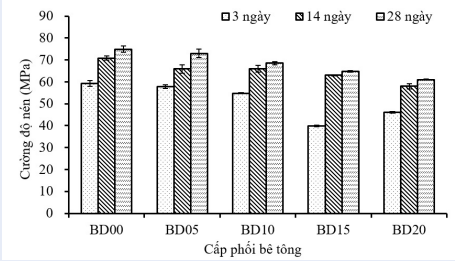
Ảnh hưởng của hàm lượng bột đá đến cường độ nén của bê tông ở 3, 14 và 28 ngày tuổi được trình bày ở



Hình 3: Ảnh hưởng của hàm lượng bột đá đến độ syt của hỗn hợp bê tông

Hình 4. Nhìn chung, việc thay thế xi măng bằng bột đá đã làm giảm cường độ nén của bê tông ở từng độ tuổi nhất định. Cụ thể: ở 3 ngày tuổi, cường độ nén của bê tông đối chứng không sử dụng bột đá có cường độ nén đạt được 59.21 MPa; trong khi đó, cường độ nén của bê tông sử dụng bột đá thay thế ở hàm lượng 5, 10, 15 và 20% lần lượt đạt được 57.88, 54.81, 39.89 và 46.11 MPa, tức giảm từ 2.66 đến 32.64%. Từ Hình 4, có thể thấy rằng cường độ nén của bê tông sử dụng bột đá thay thế ở hàm lượng 15% ở 3 ngày tuổi có giá trị thấp đáng kể. Nguyên nhân của giá trị thấp này vẫn chưa thể được giải thích trong nghiên cứu hiện tại; do đó, cần được tìm hiểu trong các hướng nghiên cứu tiếp theo. Ở 14 ngày tuổi, cường độ nén của bê tông đối chứng có cường độ nén đạt được 70.84 MPa; trong khi đó, cường độ nén của bê tông sử dụng bột đá thay thế ở hàm lượng 5, 10, 15 và 20% lần lượt đạt được 65.88, 65.98, 63.00 và 57.99 MPa, tức giảm từ 7.00 đến 18.14%. Ở 28 ngày tuổi, cường độ nén của bê tông đối chứng có cường độ nén đạt được 74.87 MPa; trong khi đó, cường độ nén của bê tông sử dụng bột đá thay thế ở hàm lượng 5, 10, 15 và 20% lần lượt đạt được 73.01, 68.52, 64.79 và 60.94 MPa, tức giảm từ 2.48 đến 18.60%. Việc làm giảm cường độ nén có thể được giải thích bởi các nguyên nhân sau: (1) bột đá có thành phần cỡ hạt lớn hơn so với hạt xi măng nên dẫn đến gia tăng lượng nước dư trong hỗn hợp bê tông; (2) bê tông chứa bột đá có hàm lượng xi măng thấp hơn so với bê tông đối chứng nên việc hình thành các sản phẩm của quá trình hydrat hóa xi măng Portland để lấp đầy lỗ rỗng trong bê tông xảy ra ít hơn cũng như chỉ số hoạt tính cường độ của bột đá đối với xi măng sau 28 ngày so với mẫu đối chứng đạt 81.40% (xem Bảng 1); (3) bột đá cấm thạch đã cản trở đến việc hòa tan của các khoáng C_2S và C_3S trong xi măng mà góp phần chi phối chủ yếu đến cường độ trong bê tông^{6,24}. Xu hướng làm giảm cường độ nén khi gia tăng hàm lượng bột đá thay thế xi măng cũng đã được trình bày trong các nghiên cứu của Soliman⁶, Vardhan và cộng

sự¹², và Aruntaş và cộng sự²⁷. Trong khi đó, Shirule và cộng sự⁵ và Aliabdo và cộng sự⁹ đã kết luận rằng bột đá thay thế từ 10 đến 15% xi măng đã cải thiện cường độ nén của bê tông và nguyên nhân là do hiệu quả lấp đầy của bột đá (do bột đá có cỡ hạt mịn hơn xi măng) đã cải thiện các tính chất kỹ thuật của vùng chuyển tiếp bề mặt xung quanh các hạt cốt liệu.

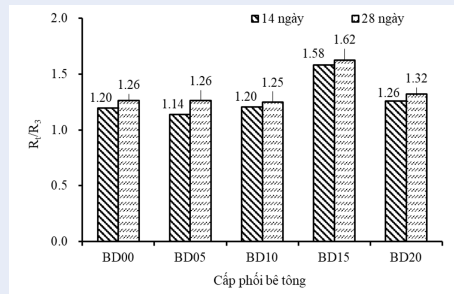


Hình 4: Cường độ nén của bê tông có và không có sử dụng bột đá ở 3, 14 và 28 ngày tuổi

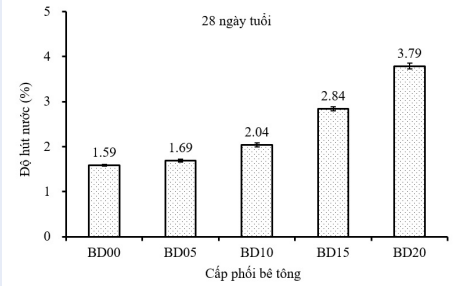
Hình 5 trình bày tỷ số cường độ nén ở từng độ tuổi so với cường độ nén ở 3 ngày tuổi (R_t/R_3) của bê tông có và không có sử dụng bột đá. Nhận thấy rằng tỷ số R_t/R_3 tăng theo thời gian, cụ thể: ở 14 ngày tuổi so với 3 ngày tuổi, tỷ số R_t/R_3 nằm trong khoảng 1.14 đến 1.58 và ở 28 ngày tuổi so với 3 ngày tuổi, tỷ số R_t/R_3 nằm trong khoảng 1.26 đến 1.62. Điều này chứng tỏ rằng cường độ nén của bê tông phát triển theo thời gian, không phụ thuộc vào việc sử dụng bột đá thay thế xi măng. Tỷ số R_t/R_3 đạt giá trị lớn nhất ở 14 và 28 ngày tuổi với giá trị lần lượt là 1.58 và 1.62 ở mẫu bê tông sử dụng bột đá thay thế xi măng ở mức độ 15%. Điều này là do cường độ nén ở 3 ngày tuổi của bê tông với 15% bột đá thấp đáng kể, thậm chí thấp hơn bê tông với 20% bột đá (Hình 4). Nguyên nhân vẫn chưa thể đánh giá trong nghiên cứu hiện tại; do đó, cần phân tích cấu trúc của bê tông sử dụng bột đá để tìm ra nguyên nhân cụ thể trong hướng nghiên cứu tiếp theo.

Ảnh hưởng của hàm lượng bột đá đến thể tích lỗ rỗng hờ và độ hút nước của bê tông

Ảnh hưởng của hàm lượng bột đá đến thể tích lỗ rỗng hờ và độ hút nước của bê tông ở 28 ngày tuổi được trình bày ở Hình 6 và Hình 7. Bên cạnh cường độ nén, hàm lượng bột đá cũng ảnh hưởng đáng kể đến thể tích lỗ rỗng hờ và độ hút nước của bê tông, cụ thể việc thay thế xi măng bằng bột đá từ 0 đến 20% đã làm gia tăng thể tích lỗ rỗng hờ ở 28 ngày tuổi từ 2.66 đến 4.79%, tức tăng 80.08%. Kết quả là, độ hút nước của bê tông ở 28 ngày tuổi tăng từ 1.59 đến 3.79%,

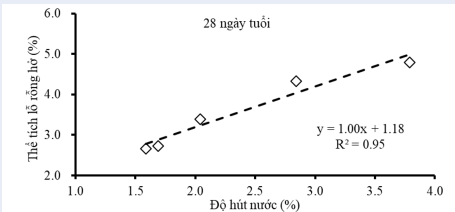


Hình 5: Tỷ số cường độ nén ở từng độ tuổi so với cường độ nén ở 3 ngày tuổi (R_t/R_3) của bê tông có và không có sử dụng bột đá

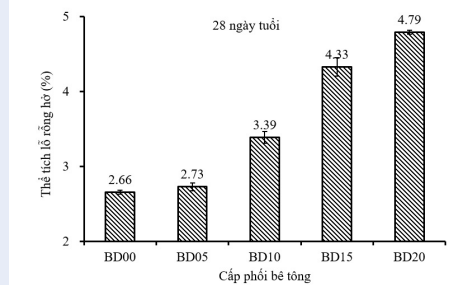


Hình 7: Độ hút nước của bê tông có và không có sử dụng bột đá ở 28 ngày tuổi

tức tăng 138%. Nguyên nhân việc gia tăng thể tích lỗ rỗng hở của bê tông chứa bột đá khi so với bê tông đối chứng có thể được giải thích bởi các nguyên nhân sau: (1) lượng nước dư trong hỗn hợp bê tông chứa bột đá cao hơn (như đã được giải thích ở trên); (2) hàm lượng các sản phẩm hydrat hóa (gel C-S-H) để lấp đầy lỗ rỗng trong bê tông hình thành thấp hơn do hàm lượng xi măng thấp hơn (như đã được giải thích ở trên).

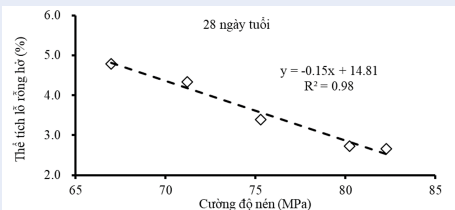


Hình 8: Mối quan hệ giữa thể tích lỗ rỗng hở và độ hút nước của bê tông ở 28 ngày tuổi



Hình 6: Thể tích lỗ rỗng hở của bê tông có và không có sử dụng bột đá ở 28 ngày tuổi

với cường độ nén của bê tông với hệ số tương quan $R^2 = 0.98$, tức bê tông có thể tích lỗ rỗng hở càng lớn, khả năng chịu lực của bê tông càng giảm, không phụ thuộc vào việc sử dụng bột đá thay thế xi măng.



Hình 9: Mối quan hệ giữa thể tích lỗ rỗng hở và cường độ nén của bê tông ở 28 ngày tuổi

Mối quan hệ giữa thể tích lỗ rỗng hở, độ hút nước và cường độ nén của bê tông

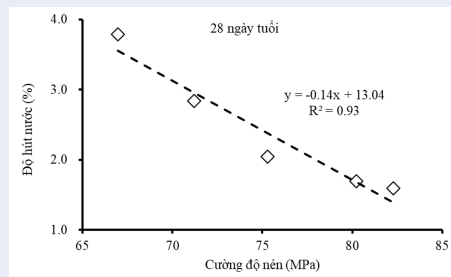
Hình 8 trình bày mối quan hệ giữa thể tích lỗ rỗng hở và độ hút nước của bê tông ở 28 ngày tuổi. Thể tích lỗ rỗng hở của bê tông có mối tương quan thuận với độ hút nước của bê tông với hệ số tương quan $R^2 = 0.95$, chứng tỏ rằng bê tông có thể tích lỗ rỗng hở càng lớn, khả năng hút nước càng cao thông qua các lỗ rỗng hở này, không phụ thuộc vào việc sử dụng bột đá thay thế xi măng.

Hình 9 trình bày mối quan hệ giữa thể tích lỗ rỗng hở và cường độ nén của bê tông ở 28 ngày tuổi. Thể tích lỗ rỗng hở của bê tông có mối tương quan nghịch

Từ đây, mối quan hệ nghịch giữa độ hút nước và cường độ nén của bê tông ở 28 ngày tuổi được thiết lập với hệ số tương quan $R^2 = 0.93$ ở Hình 10, tức cường độ nén của bê tông càng cao thì độ hút nước càng thấp và ngược lại, không phụ thuộc vào việc sử dụng bột đá thay thế xi măng.

KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, bột đá cẩm thạch từ việc khai thác đá thiên nhiên được tận dụng để thay thế xi măng với hàm lượng từ 0 đến 20% theo khối lượng trong



Hình 10: Mối quan hệ giữa độ hút nước và cường độ nén của bê tông ở 28 ngày tuổi

việc chế tạo bê tông cường độ cao. Từ các kết quả thực nghiệm, một số kết luận được rút ra như sau:

- Bột đá thay thế xi măng Portland từ 0 đến 20% đã làm tăng độ sụt của hỗn hợp bê tông từ 16.0 đến 20.5 cm, tăng 28.13%. Điều này là do bột đá có thành phần cỡ hạt lớn hơn so với hạt xi măng. Việc sử dụng bột đá với hàm lượng thay thế xi măng từ 5 đến 10% vẫn đảm bảo độ sụt thiết kế của hỗn hợp bê tông nằm trong khoảng 14 đến 18 cm.
- Việc thay thế xi măng bằng bột đá từ 0 đến 20% đã làm gia tăng thể tích lỗ rỗng hở ở 28 ngày tuổi từ 2.66 đến 4.79%, dẫn đến độ hút nước của bê tông ở 28 ngày tuổi tăng từ 1.59 đến 3.79% và cường độ nén ở 28 ngày tuổi giảm từ 2.48 đến 18.60%.
- Mặc dù việc sử dụng bột đá làm giảm cường độ nén nhưng cường độ nén ở 28 ngày tuổi của bê tông sử dụng 5–20% bột đá nằm trong khoảng 60.94–73.01 MPa, vẫn đảm bảo yêu cầu về cường độ nén của bê tông cường độ cao.

Tóm lại, việc tận dụng bột đá cẩm thạch thay thế xi măng Portland trong khoảng 5–20% mang tính khả thi trong việc chế tạo bê tông cường độ cao với cường độ nén trên 60 MPa. Do sử dụng bột đá cẩm thạch có cỡ hạt thô hơn xi măng đã làm tăng thể tích lỗ rỗng hở và độ hút nước của bê tông. Điều này có thể ảnh hưởng đến tuổi thọ và độ bền của công trình. Đây cũng là mặt hạn chế của nghiên cứu hiện tại. Do đó, việc cải thiện các tính chất kỹ thuật của bê tông cường độ cao sử dụng bột đá cẩm thạch cần được triển khai nghiên cứu trong hướng tiếp theo. Phân tích cấu trúc và độ bền của bê tông sử dụng bột đá cũng nên được tiến hành trong hướng nghiên cứu tiếp theo.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả không có xung đột lợi ích.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Bùi Phương Trinh: phát thảo ý tưởng, viết bản thảo, phân tích và kiểm tra bài báo, Đào Xuân Hoàng: thực nghiệm, phân tích và kiểm tra bài báo, Phạm Phú Nam Trân: thực nghiệm và kiểm tra bài báo, Phùng Thị Phương Hà: thực nghiệm và kiểm tra bài báo, Lưu Xuân Lộc: phân tích và kiểm tra bài báo.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Bách Khoa - ĐHQG-HCM trong khuôn khổ đề tài mã số **To-KTXD-2021-19**. Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa - ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Singh M, Choudhary K, Srivastava A, Sangwan KS, Bhunia D (2017) A study on environmental and economic impacts of using waste marble powder in concrete. *Journal of Building Engineering* 13:87-95; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.07.009>.
2. Fernandes HR, Torres PS, Agathopoulos, Tulyaganov D, Ferreira JMF (2003) Utilization of solid wastes from granite cutting processing in Porcelain Industry. *Al-Azhar Bulletin of Science* 33-43;.
3. Đoàn TTL, Nguyễn TS. Đánh giá đặc trưng của bột đá phế thải từ làng đá Non Nước và khả năng chế tạo sản phẩm composite, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*. 2018; 5(126):73-78;.
4. Ergün A. Effects of the usage of diatomite and waste marble powder as partial replacement of cement on the mechanical properties of concrete. *Construction and Building Materials*. 2011; 25(2):806-812; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.07.002>.
5. Shirule PA, Rahman A, Gupta RD. Partial replacement of cement with marble dust powder. *Int J Adv Eng Res Stud*. 2012;1(3):175-7;.
6. Soliman NM. Effect of using marble powder in concrete mixes on the behavior and strength of R.C. Slabs. *Int J Curr Eng Technol*. 2013;3(5):1863-70;.
7. Vaidevi C. Engineering study on marble dust as partial replacement of cement in concrete. *Indian J Eng*. 2013;4:9-11;.
8. Arshad A, Shahid I, Anwar UHC, Baig MN, Khan S, Shakir K. The wastes utility in concrete. *Int J Environ Res*. 2014;8(4):1323-8;.
9. Aliabdo AA, Abd Elmoaty AEM, Auda EM. Re-use of waste marble dust in the production of cement and concrete. *Constr Build Mater*. 2014;50:28-41; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.005>.
10. Ali M, Hashmi PSM. An experimental investigation on strength characteristics of concrete with the partial replacement of cement by marble powder dust and sand by stone dust. *Int J Eng Res Appl*. 2014;4:203-9;.
11. Deshmukh JV, Varhade R, Tandel K, Gadekar M, Alhat P 2015. Green cement for sustainable concrete using marble dust. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management* 4(4):144-150;.
12. Vardhan K, Goyal S, Siddique R, Singh M. Mechanical properties and microstructural analysis of cement mortar incorporating marble powder as partial replacement of cement. *Constr Build Mater*. 2015;96:615-21; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.071>.
13. Bộ Khoa học và công nghệ (2020) TCVN 2682:2020 Xi măng Poóc lăng, Việt Nam;.
14. Bộ Khoa học và công nghệ (2006) TCVN 7570:2006 Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật, Việt Nam;.

15. Bộ Khoa học và công nghệ (2012) TCVN 4506:2012 Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật, Việt Nam;.
16. Hội thử nghiệm và vật liệu Mỹ. ASTM International; 2019 ASTM C494 Standard specification for chemical additives for concrete;.
17. Bộ Khoa học và công nghệ (2014) TCVN 10306:2014 bê tông cường độ cao - thiết kế thành phần mẫu trụ, Việt Nam;.
18. Bộ Khoa học và công nghệ (1995) TCVN 4553:1995 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Quy phạm thi công và nghiệm thu, Việt Nam;.
19. Bộ Khoa học và công nghệ (1993) TCVN 3106:1993 Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt, Việt Nam;.
20. Bộ Khoa học và công nghệ (1993) TCVN 3105:1993 Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử, Việt Nam;.
21. Bộ Khoa học và công nghệ (1993) TCVN 3118:1993 bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén, Việt Nam;.
22. Hội thử nghiệm và vật liệu Mỹ. ASTM International; 2021 ASTM C642 Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete;.
23. Krishna Rao B. Study on marble powder as partial replacement of cement in normal compacting concrete. IOSR JMCE (IOSR-JMCE). 2016;13(4):01-5. doi: 10.9790/1684-1304030105;.
24. Ashish DK. Feasibility of waste marble powder in concrete as partial substitution of cement and sand amalgam for sustainable growth. J Build Eng. 2018;15:236-42; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2017.11.024>.
25. Rana A, Kalla P, Csetenyi LJ. Sustainable use of marble slurry in concrete. J Cleaner Prod. 2015;94:304-11; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.053>.
26. Majeed M, Khitab A, Anwar W, Khan RBN, Jalil A, Tariq Z. Evaluation of concrete with partial replacement of cement by waste marble powder. Civ Eng J. 2021;7(1):59-70; Available from: <https://doi.org/10.28991/cej-2021-03091637>.
27. Aruntaş HY, Gürü M, Dayı M, Tekin İ. Utilization of waste marble dust as an additive in cement production. Mater Des. 2010;31(8):4039-42; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.03.036>.

Effect of marble powder content on compressive strength and water absorption of high-strength concrete

Phuong Trinh Bui^{1,2,*}, Xuan Hoang Dao^{1,2}, Phu Nam Tran Pham^{1,2}, Thi Phuong Ha Phung^{1,2}, Xuan Loc Luu^{1,2}



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

¹Faculty of Civil Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

Correspondence

Phuong Trinh Bui, Faculty of Civil Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam

Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: buiphuongtrinh@hcmut.edu.vn

History

- Received: 02-7-2022
- Accepted: 03-10-2022
- Published: 30-11-2022

DOI : 10.32508/stdjet.v5i3.1025



Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



ABSTRACT

This paper presents the effect of marble powder content on compressive strength and water absorption of high-strength concrete to expand the utilization of such waste in the construction industry and to reduce the Portland cement production which negatively affects the environment. Mixture proportion of reference concrete without marble powder was designed as per TCVN 10306:2014 with a designed compressive strength at least of 60 MPa and slump of 16 ± 2 cm. To evaluate the effect of marble powder content on compressive strength and water absorption of hardened concrete, the Portland cement was replaced by the marble powder at levels of 0, 5, 10, 15, and 20% by mass. Experimental results showed that the marble powder significantly affected the engineering properties of fresh and hardened concretes, in detail: the replacement of Portland cement by the marble powder from 0 to 20% increased the slump of fresh concrete from 16.0 to 20.5 cm, and the void volume of hardened concrete at the age of 28 days from 2.66 to 4.79%, resulting in the reduction of compressive strength by 2.48–18.60% and the increase in water absorption by 1.59–3.79% when compared with the reference concrete with 0% marble powder. However, the value of compressive strength at the age of 28 days of hardened concrete using 5–20% marble powder reached 60.94–73.01 MPa, ensuring the requirement in terms of compressive strength of high-strength concrete. In conclusion, the utilization of marble powder as the Portland cement replacement in a range from 5–20% was feasible in making high-strength concrete with compressive strength of above 60 MPa.

Key words: High-strength concrete, Marble powder, Compressive strength, Water absorption, Void volume

Cite this article : Bui P T, Dao X H, Pham P N T, Phung T P H, Luu X L. **Effect of marble powder content on compressive strength and water absorption of high-strength concrete.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology* 2022, 5(3):1633-1641.