

Xác định tính chất cơ học của vật liệu san hô sử dụng làm cốt liệu bê tông

Determination of the mechanical properties of coral material used as concrete aggregates

> TS NGUYỄN XUÂN BÀNG^{1*}, PGS.TS NGUYỄN TRÍ TÁ¹, THS TRẦN VĂN CƯƠNG¹,
TS LÊ HẢI DƯƠNG¹, KS PHẠM ANH VŨ²

¹Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn; *Email: nxb@lqdtu.edu.vn

²HVCH Trường Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thí nghiệm xác định tính chất cơ học của vật liệu san hô (cát san hô, đá san hô) làm cốt liệu bê tông. Kết quả cho thấy, việc sử dụng vật liệu san hô, nước biển thay thế cho vật liệu truyền thống là hoàn toàn có cơ sở (có thể chế tạo bê tông san hô đạt cường độ 45 Mpa). Việc sử dụng bê tông san hô vào thực tiễn cho một số dạng kết cấu là hoàn toàn khả thi.

Từ khóa: Vật liệu san hô; cốt liệu bê tông; bê tông san hô; tính chất cơ học.

ABSTRACT

This paper presents the results of experimental research to determine the mechanical properties of coral materials (coral sand, coral stone) as concrete aggregates. The results show that, selection the coral materials, seawater to replace for traditional materials as concrete aggregates is completely reasonable (can make coral concrete with strength of 45 Mpa). Using coral concrete make some structure types in practice is completely feasible.

Keywords: Coral materials; concrete aggregates; coral concrete; mechanical properties.

1. MỞ ĐẦU

Trong những thập kỷ gần đây, nhiều đảo nhân tạo đã được xây dựng để khai thác tài nguyên biển và bảo vệ chủ quyền. Tuy nhiên, một trở ngại lớn đối với các công trình biển quy mô lớn là thiếu nguyên liệu thô để sản xuất bê tông, như cát sông, đá dăm và nước ngọt. Bên cạnh đó, việc vận chuyển các vật liệu này từ đất liền sẽ làm tăng đáng kể chi phí xây dựng, thời gian vận chuyển, phát thải CO₂ và tiêu thụ năng lượng không tái tạo. Do đó bê tông san hô, sử dụng vật liệu san hô gồm cát san hô, đá san hô vụn, nước biển làm nguyên liệu sản xuất bê tông đã được các tác giả đề xuất do san hô rất phong phú và dễ kiếm trên các đảo. Cát, đá san hô được sử dụng để sản xuất bê

tông là chất tiết ra từ san hô, thuộc về các mảnh vụn san hô được tạo ra từ quá trình phong hóa tự nhiên và xói mòn của rạn san hô. Các mảnh vụn san hô đã được tích tụ rộng rãi trên các bãi biển của các hòn đảo ngoài khơi, và ứng dụng của nó sẽ không làm xấu đi môi trường sống của san hô.

Bê tông được sản xuất từ cốt liệu san hô có thể được gọi là bê tông san hô, và nước biển có thể vừa là nước trộn vừa là nước bảo dưỡng. Các công trình nghiên cứu và ứng dụng của bê tông san hô được khởi xướng từ Hoa Kỳ. Trong Thế chiến II, quân đội Hoa Kỳ bắt đầu sử dụng bê tông san hô để vận chuyển và xây dựng công trình trên một số hòn đảo ở phía tây Thái Bình Dương và một số trong số đó vẫn đang hoạt động cho đến ngày nay [1]. Kể từ đó, những ưu điểm của việc sử dụng cốt liệu san hô trong kỹ thuật đại dương thu hút sự chú ý của các nhà nghiên cứu khác nhau. Năm 1951, Dempsey chỉ ra rằng việc sử dụng nước biển và cốt liệu san hô trong bê tông là khả thi [2]. Trong khi đó, cần phải phát triển một tỷ lệ hỗn hợp thích hợp dựa trên sự phân cấp của cốt liệu san hô. Narver (1964) nhận thấy rằng, so với bê tông thông thường có cùng thiết kế cấp phối, bê tông san hô có cường độ sớm cao hơn nhưng cường độ muộn lại thấp hơn một chút [3]. Ehlert (1991) đã tiến hành khảo sát chất lượng bê tông san hô trên đảo san hô Bikini ở Thái Bình Dương và kết luận rằng bê tông san hô chất lượng cao vẫn có thể duy trì độ bền sau 10–15 năm sử dụng [4]. Nghiên cứu của Arumugam và Ramamurthy (1996) đã chứng minh rằng bê tông san hô thuộc loại bê tông cốt liệu nhẹ và mối tương quan giữa tỷ lệ xi măng nước và cường độ của bê tông san hô phù hợp với bê tông thông thường [5]. Wanchai et al. (2003) phát hiện ra rằng cả cốt liệu san hô và xi măng đều có thể chi phối sự phát triển cường độ của bê tông san hô do cường độ tương đối thấp của cốt liệu san hô [6]. Các nghiên cứu trên cho thấy bê tông san hô có cường độ thấp hơn nhưng tương đương với bê tông thông thường. Bên cạnh đó, việc sử dụng cốt liệu san hô có thể ảnh hưởng cường độ của bê tông. Howdyshell (1974) đã kiểm tra cường độ lâu dài của các tòa nhà được xây dựng bằng bê tông san hô trên một số đảo và rạn san hô. Kết quả cho thấy ion clorua từ cốt liệu san hô đưa vào có thể dễ dàng ăn mòn thanh thép, vì vậy cần tăng độ dày lớp bê tông bao phủ cốt thép [1]. Bullen (1990) đề xuất rằng tro bay và chất siêu dẻo được thêm vào có thể làm giảm hiệu quả độ sâu thâm nhập của ion clorua trong bê tông san hô [7]. Wattanachai và cộng sự (2009) báo cáo rằng hệ số khuếch tán của ion clorua đối với bê tông san hô cao hơn so với bê tông thông thường với cùng tỷ lệ xi măng nước [8].

Việc nghiên cứu và ứng dụng bê tông san hô ở Trung Quốc hiện đang được phát triển nhanh chóng. Liang và Lu (1993) bắt đầu khám

phá việc sử dụng cốt liệu san hô trong bê tông từ năm 1986 và thấy rằng cường độ của bê tông san hô có thể đạt tới hơn 20 Mpa [9]. Nghiên cứu của Wang (1988) chỉ ra rằng để đạt được cùng cấp cường độ với bê tông thông thường, liều lượng xi măng, tỷ lệ xi măng-nước và tỷ lệ cát trên cốt liệu đều phải được tăng lên trong thiết kế hỗn hợp của bê tông san hô. Chen và cộng sự (1991) đã xác nhận mối tương quan tuyến tính giữa tỷ lệ nước-xi măng và cường độ nén của bê tông san hô thông qua một số lượng lớn các thử nghiệm thiết kế hỗn hợp và đề xuất một công thức hồi quy dựa trên những kết quả đó. Nhóm tác giả Bing Liu, Jingkai Zhou, Xiaoyan Wen, Jianhua Guo, Xuanyu Zhang, Zhiheng Deng và Huailiang Wang (2020) đã công bố kết quả nghiên cứu về khả năng chống va đập của bê tông san hô cốt sợi carbon. Kết quả thu được bê tông có cấp độ bền C20, C30 và C40 (tương đương cấp B25, B37, và B40) [10].

Ở Việt Nam, Công ty Thạch Anh (2013) đã công bố vật liệu bê tông từ nước biển và cát san hô, có sử dụng phụ gia, là một dạng bê tông polymer. Kết quả công bố đạt mức 45 Mpa, là dạng mẫu gạch bê tông tự chèn, không phải phải mẫu bê tông tiêu chuẩn theo quy phạm. Ngô Ngọc Thủy và các cộng sự đã nghiên cứu ứng dụng vật liệu mới, trong đó có mẫu bê tông nước mặn (bê tông cát san hô, cốt liệu lớn gồm khoảng 30 % đá san hô + 70% đá tự nhiên, nước biển (hoặc nước ngọt)), phụ gia SikamenNN, Silicafume, cường độ nén đạt đến 47,2 Mpa [11].

Nguyên liệu thô của bê tông san hô bao gồm nước biển, thành phần xi măng, cốt liệu to, cốt liệu nhỏ, phụ gia. Cốt liệu san hô là cốt liệu chính, các mảnh san hô có thể được sử dụng làm cốt liệu to, cát san hô có thể được sử dụng làm cốt liệu nhỏ. Mặc dù cốt liệu san hô có hình thái bề mặt khác nhau, vi cấu trúc xốp là một cấu trúc phổ biến. Về thành phần hóa học, san hô cốt liệu chứa hơn 96% canxi cacbonat (Vines, 1982), đó là một sự khác biệt đáng kể khác so với cốt liệu bê tông thông thường. Cả hai đặc điểm vi cấu trúc và hóa học của tập hợp san hô dẫn đến tính chất vật lý và cơ học độc đáo [12]. Các phần sau đây sẽ thí nghiệm, đánh giá nguyên liệu thô của bê tông san hô.



Hình 1. Vật liệu san hô

2. THÀNH PHẦN CẤP PHỐI CỦA BÊ TÔNG THÔNG THƯỜNG

Bê tông là một vật liệu xây dựng bao gồm xi măng, cốt liệu nhỏ

(cát, đá mịn, đá xay) và cốt liệu lớn (đá, sỏi) trộn với nước làm cứng theo thời gian. Có nhiều loại vật liệu liên kết khác nhau được sử dụng ngoài xi măng như vôi cho bê tông vôi và bitum cho bê tông nhựa được sử dụng cho xây dựng đường. Các loại xi măng khác nhau được sử dụng cho các công trình bê tông có các tính chất và ứng dụng khác nhau. Một số loại xi măng là xi măng Portland Pozzolana (PPC), xi măng cứng nhanh, xi măng chống sunfat, v.v. Xi măng Portland là loại xi măng thường được sử dụng để sản xuất bê tông.

Tỷ lệ xi măng nước đóng một vai trò quan trọng ảnh hưởng đến các tính chất khác nhau. Đó là khả năng làm việc, cường độ và độ bền. Tỷ lệ xi măng nước đầy đủ là cần thiết để sản xuất bê tông khả thi. Khi nước được trộn với vật liệu, xi măng sẽ phản ứng với nước và phản ứng hydrat hóa bắt đầu. Phản ứng này giúp các thành phần tạo thành một ma trận cứng liên kết các vật liệu lại với nhau thành một vật liệu giống như đá.

3. TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU SAN HÔ

3.1. Theo nghiên cứu các đề tài đã công bố

Theo R. A. Arumugam và K. Ramamurthy [5], các tính chất cơ học của cốt liệu san hô (đá và cát) và cốt liệu thông thường (đá granit nghiền và cát sông) đã được khảo sát, theo quy trình nêu trong IS 2386 (tương đương với BS 812 và ASTM C 289-87 và ASTM C 88-83) và được so sánh trong bảng 1.

Bảng 1. So sánh tính chất cơ học của cốt liệu san hô và cốt liệu thông thường theo [5]

Vật liệu	Đặc điểm vật liệu	San hô		Vật liệu thông thường	
		Đá san hô	Cát san hô	Đá granit nghiền	Cát sông
1	Khối lượng thể tích: kg/m ³				
	a) Bão hòa nước	1013	1353	1500	1567
	b) Khô	920	1233	1373	133
2	Độ rỗng: %				
	a) Bão hòa nước	52	43	47	48
	b) Khô	56	48	51	53
3	Modun độ lớn		1,00		2,78
4	Khối lượng riêng	2,09	2,36	2,82	2,52
5	Độ hút nước	5,91	4,79	0,29	2,17
6	Độ phồng cát: lớn nhất %		56		44
7	Chỉ số bong tróc: %	15,62		32	
8	Chỉ số kéo dài: %	38		25	
9	Độ ổn định: phần trăm vượt qua (5 chu kỳ sử dụng dung dịch magie sunphat khan)	0,67		6	
10	Giá trị nghiền: %	54		26	
11	Giá trị tác động: %	32,04		14,63	
12	Giá trị mài mòn: %	42,94		14,63	

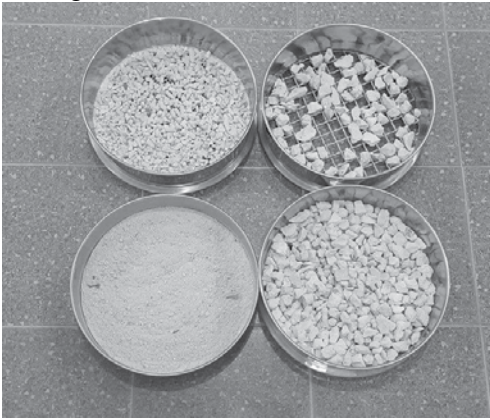
Độ hút nước trong cốt liệu san hô cao hơn so với cốt liệu thông thường. Sự khác biệt này trong trường hợp đá san hô nhiều hơn cát san hô, có thể là do tính chất xốp của vật liệu gây ra bởi vỏ sỏi lỗ rỗng và khoang cực nhỏ trong đá san hô.

Cát san hô mịn hơn (với mô đun độ lớn là 1) so với cát sông thường được sử dụng để làm bê tông. Độ phồng tương đối của cát san hô cao hơn cát sông. Do hai đặc điểm này, tỷ lệ nước cần thiết

để độ phồng tối đa cho cát san hô cao hơn 2,25 lần so với cát sông. Do đó cần phải chú ý tính toán tỷ lệ vật liệu trong quá trình trộn bê tông.

Nhìn chung, khối lượng riêng (điều kiện bão hòa bề mặt khô) của cốt liệu san hô thấp hơn so với cốt liệu thông thường. Khối lượng riêng của san hô nằm trong khoảng từ 2,09 đến 2,36. Điều cần lưu ý là khối lượng riêng của đá san hô thấp hơn so với cát san hô. Khối lượng riêng thấp hơn của đá san hô là do các lỗ rỗng không thấm nước và đặc tính này dẫn đến bê tông có tỷ trọng tương đối thấp, đây là một lợi thế bổ sung khi được sử dụng trong xây dựng bê tông nguyên khối cho các tòa nhà thấp tầng.

3.2. Thí nghiệm xác định tính chất cơ học của các thành phần cấp phối bê tông san hô



Hình 2. Kết quả sàng cốt liệu san hô

a. Cốt liệu nhỏ

Cốt liệu nhỏ dùng trong nghiên cứu là cát san hô, thành phần hóa của cát chủ yếu là khoáng canxi cacbonat (Hình 3).



Hình 3. Cát san hô

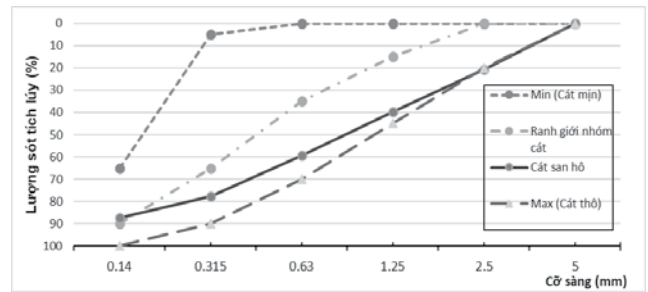
Các chỉ tiêu cơ lý chủ yếu đã được thí nghiệm kiểm tra trên cơ sở vận dụng tiêu chuẩn thí nghiệm TCVN 7572-2006 và được đánh giá theo TCVN 7570-2006 đối với cát dùng cho bê tông xi măng. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 2, Bảng 3 và Hình 4.

Bảng 2. Một số tính chất cơ lý của Cát san hô

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả	Ghi chú
1	Khối lượng riêng	Kg/m ³	2715	
2	Khối lượng thể tích xốp ở trạng thái khô	Kg/m ³	1287	
3	Khối lượng thể tích hạt cốt liệu ở trạng thái bão hòa nước	Kg/m ³	1882	
4	Khối lượng thể tích hạt cốt liệu ở trạng thái khô	Kg/m ³	1397	
5	Độ hút nước theo khối lượng	%	34,76	
6	Mô đun độ lớn		2,85	

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm thành phần hạt của cát san hô

Kích thước lỗ sàng	Lượng sót tích lũy trên từng sàng (%)				
	Cát mịn		Cát thô		Cát san hô
	Min	Max	Min	Max	
<0,14	65	100	90	100	100,0
0,14	65	90	90	100	87,3
0,315	5	65	65	90	77,6
0,63	0	35	35	70	59,2
1,25	0	15	15	45	39,7
2,5	0	0	0	20	20,7
5	0	0	0	0	0



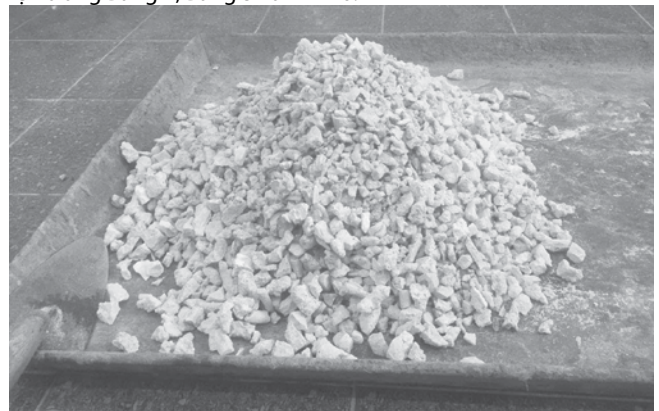
Hình 4. Đường cong cấp phối của cát san hô

Đường cong cấp phối cho thấy cát san hô dùng trong thử nghiệm thuộc nhóm cát thô. Mô đun độ lớn của cát $M_{dl} = 2,85$. Cát có thể dùng chế tạo bê tông cấp từ B15 đến B25.

b. Cốt liệu lớn

Cốt liệu lớn dùng trong nghiên cứu là sản phẩm xay nghiền từ đá san hô. Về nguồn gốc, cốt liệu thô được xay nghiền ngẫu nhiên từ đá san hô gốc (khối lớn) hoặc xác san hô dạng cành nhánh. Các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu thô được đảm bảo theo tiêu chuẩn quy định (TCVN 7570:2006) đối với cốt liệu dùng cho bê tông xi măng.

Cốt liệu lớn trong nghiên cứu này là sản phẩm xay nghiền được phối trộn chủ động các nhóm hạt để đảm bảo thành phần hạt đáp ứng yêu cầu theo tiêu chuẩn quy định (Hình 5). Kết quả được thể hiện trong Bảng 4, Bảng 5 và Hình 6.



Hình 5. Đá san hô 1x2

So sánh với các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước cho thấy các chỉ tiêu cơ lý như hình dạng và trạng thái bề mặt hạt, độ lớn hạt, thành phần hạt hoàn toàn có thể kiểm soát thông qua việc tác động lên quá trình sản xuất cốt liệu với công nghệ gia công phù hợp; giúp thu được hỗn hợp cốt liệu có các chỉ tiêu cơ lý đáp

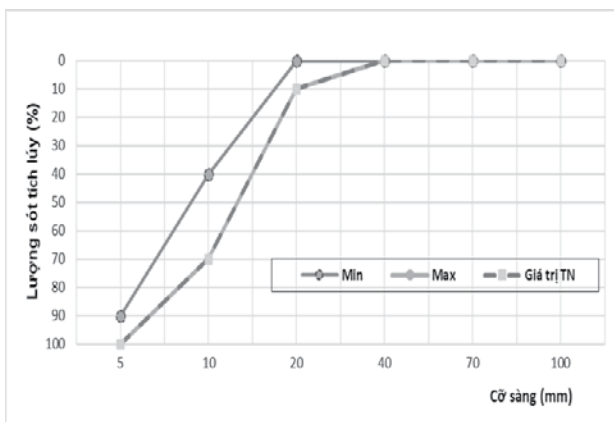
ứng với tiêu chuẩn quy định đối với cốt liệu dùng cho bê tông xi măng. Độ hút nước của vật liệu san hô tương đối lớn do tính chất vật liệu cùng vỏ số khoáng, lỗ rỗng trong vật liệu.

Bảng 4. Một số tính chất cơ lý của đá san hô 1x2

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả	Ghi chú
1	Khối lượng riêng	Kg/m ³	2554	
2	Khối lượng thể tích xốp ở trạng thái khô	Kg/m ³	1009	
3	Khối lượng thể tích hạt cốt liệu ở trạng thái bão hòa nước	Kg/m ³	1662	
4	Khối lượng thể tích hạt cốt liệu ở trạng thái khô	Kg/m ³	1087	
5	Độ hút nước theo khối lượng	%	52,81	

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm thành phần hạt của đá san hô 1x2

Kích thước lỗ sàng (mm)	Lượng sót tích lũy trên từng sàng (%)		
	TCVN 7570:2006		Đá san hô 1x2
	Min	Max	
5	90	100	100
10	40	70	70
20	0	10	10
40	0	0	0
70	0	0	0
100	0	0	0



Hình 6. Đường cong cấp phối của đá san hô 1x2

Đường cong cấp phối cho thấy đá san hô dùng trong thử nghiệm thuộc nhóm đá 1x2. Đá có thể dùng chế tạo bê tông cấp từ B15 đến B25.

4. NHẬN XÉT

Cốt liệu san hô có thành phần hóa chủ yếu là khoáng canxi cacbonat, tương tự như đá vôi; việc có mặt đá san hô trong bê tông sẽ tạo môi trường kiềm, tương tự như khi sử dụng đá dăm. Đối với cát san hô, thành phần hóa học cơ bản khác so với cát sông nhưng nguồn gốc cát san hô là vật liệu vô cơ và cùng thành phần với cốt liệu lớn, vì vậy có thể sẽ không xảy ra các tác động hóa học bất thường so với bê tông xi măng sử dụng cát sông.

Các chỉ tiêu cơ lý như hình dạng và trạng thái bề mặt hạt, độ lớn hạt, thành phần hạt, hàm lượng tạp chất hoàn toàn có thể

kiểm soát thông qua việc tác động lên quá trình sản xuất cốt liệu với công nghệ gia công phù hợp; giúp thu được hỗn hợp cốt liệu có các chỉ tiêu cơ lý đáp ứng với tiêu chuẩn quy định đối với cốt liệu dùng cho bê tông xi măng. Chỉ tiêu cường độ cốt liệu có thể được kiểm tra, đánh giá và quyết định sử dụng để chế tạo loại bê tông có mác phù hợp.

Do đó việc thay thế các loại vật liệu thành phần khác nhau trong bê tông bao gồm chất kết dính và hỗn hợp cốt liệu là hoàn toàn có cơ sở, chúng có thể làm gia tăng hoặc suy giảm nhưng không làm thay đổi bản chất mối liên kết cơ - hóa - lý trong cấu trúc bê tông, vì vậy sẽ tạo ra các sản phẩm bê tông có thêm những đặc tính được cải thiện nhằm đáp ứng một số yêu cầu sử dụng, mà không làm biến đổi hoàn toàn bản chất của vật liệu bê tông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- P.A. Howdysshell, (1974), "The use of coral as an aggregate for portland cement concrete structures", National Technical Information Service.
- John G. Dempsey, (1951), "Coral and Salt Water as Concrete Materials", Journal Proceedings, 157-166.
- Narver, D. L. (1964), "Good concrete made with coral and water", Civil Engineering, 24, 654-658.
- Rick A. Ehlert, (1991), "Coral Concrete at Bikini Atoll", Concrete International, 13, 19-24.
- R. A. Arumugam, K. Ramamurthy, (1996), "Study of compressive strength characteristics of coral aggregate concrete", Magazine of Concrete Research, (176).
- Nishida, Takahiro, et al, (2003), "Study on strength and permeability of concrete using low quality coarse aggregates from circum-pacific region", Doboku Gakkai Ronbunshu, (746), 103-114.
- Bullen, F. (1990), "Coralline concrete in the Pacific", Proceedings of the Third International Colloquium on Concrete in Developing Countries, 1-12.
- Wattanachai, Pitiwat, et al, (2009), "A study on chloride ion diffusivity of porous aggregate concretes and improvement method", Doboku gakkai ronbunshu E, 65, (1), 30-44.
- Lu, Bo, and Yuanbo Liang, (1993), "Experimental study of concrete prepared with coral reef and sea water 1", Marine science bulletin/Haiyang Tongbao, 12, (5), 69-74.
- Bing Liu, Jingkai Zhou, Xiaoyan Wen, Jianhua Guo, Xuanyu Zhang, Zhiheng Deng, Huailiang Wan, (2019), "Experimental Investigation on the Impact Resistance of Carbon Fibers Reinforced Coral Concrete", Materials, 12, (23), 4000.
- Ngô Ngọc Thủy, Vũ Đình Lợi, Đình Quang Trung (2021), Nghiên cứu sử dụng cốt liệu san hô thay thế một phần cốt liệu thông thường trong sản xuất bê tông xi măng, Tạp chí Vật liệu & Xây dựng, 03/2021, 05 – 09.
- Wen Zhou, Peng Feng and Jia-Qi Yang (2020), "Advances in coral aggregate concrete and its combination with FRP: A state of the art review", Advances in Structural Engineering, Special Issue Article, doi: 10.1177/1369433220968429.