



MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE USING MANUFACTURED SAND AND NATURAL FINE SAND IN BRIDGE CONSTRUCTION

Nguyen Duc Dung*, Nguyen Duy Tien, Thai Khac Chien

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 01/06/2021

Revised: 21/06/2021

Accepted: 25/06/2021

Published online: 15/8/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.6.2>

* *Corresponding author*

Email: nguyenducdung@utc.edu.vn; Tel: +84912345678

Abstract. The Mekong Delta is in the stage of infrastructure construction with a series of major traffic projects that have been implemented such as Trung Luong - My Thuan Expressway, Ben Luc - Long Thanh Expressway, Binh Khanh Bridge, Thu Thiem Bridge 2. Meanwhile, the source of coarse-grained natural sand for cement concrete is becoming increasingly scarce. To meet the needs of construction projects, fine sand has been mixed with coarsely crushed sand (also known as mi-rock in Viet Nam) to create mixed sand to use as an alternative. In this paper, a study of the mechanical properties of concrete using mixed sand with strength grade C40 used in bridge construction was carried out. In addition, the relationship equations between the mechanical characteristics of concrete and the properties of mixed sand materials were created in order to give a recommendation for the design and construction of bridges with this specific material.

Keywords: mechanical properties, concrete, fine sand, crushed sand, Mekong Delta.



NGHIÊN CỨU CÁC ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA BÊ TÔNG SỬ DỤNG CÁT MỊN PHỐI TRỘN CÁT NGHIÊN TRONG XÂY DỰNG CẦU

Nguyễn Đức Dũng*, Nguyễn Duy Tiến, Thái Khắc Chiến

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 01/06/2021

Ngày nhận bài sửa: 21/06/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2021

Ngày xuất bản online: 15/8/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.6.2>

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenducdung@utc.edu.vn; Tel: +84912345678

Tóm tắt. Đồng bằng sông Cửu Long đang trong giai đoạn xây dựng cơ sở hạ tầng với hàng loạt các công trình giao thông lớn đã và đang được triển khai như cao tốc Trung Lương – Mỹ Thuận, cao tốc Bến Lức – Long Thành, cầu Bình Khánh, cầu Thủ Thiêm 2. Trong khi đó nguồn cát vàng hạt lớn để chế tạo bê tông xi măng ngày càng trở lên khan hiếm. Để đáp ứng nhu cầu xây dựng các dự án đã tiến hành phối trộn cát mịn (CM) với cát nghiền thô còn gọi là đá mi (ĐX) để tạo ra cát hỗn hợp để dùng như một giải pháp thay thế. Nội dung bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu các tính chất cơ học của bê tông sử dụng cát hỗn hợp với cấp cường độ C40 phù hợp để áp dụng cho xây dựng cầu, đồng thời cũng xây dựng các phương trình quan hệ giữa các đặc trưng cơ học của bê tông với các tính chất của vật liệu cát hỗn hợp nhằm đưa ra các đề xuất phục vụ công tác thiết kế và thi công cầu với loại vật liệu đặc trưng này.

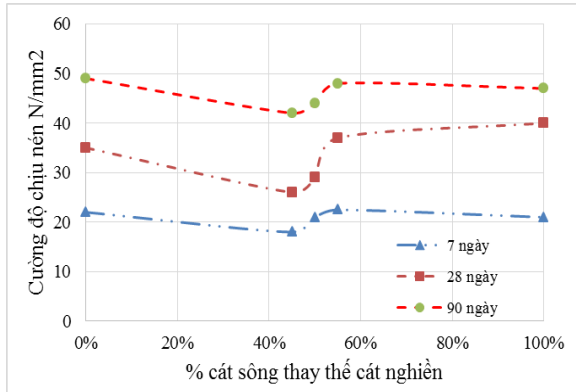
Từ khóa: đặc tính cơ học, bê tông, cát mịn, cát nghiền, đồng bằng sông Cửu Long.

© 2021 Trường Đại học Giao thông vận tải

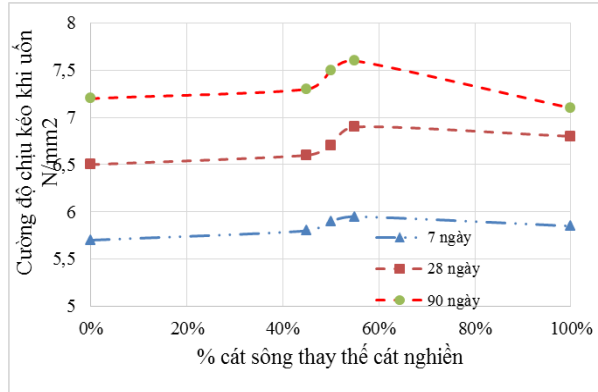
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vấn đề khan hiếm cát vàng trong xây dựng không chỉ xảy ra ở đồng bằng sông Cửu Long mà đang diễn ra ở nhiều nơi trên thế giới, việc tìm nguồn cát thay thế là yêu cầu cấp bách. Cát nghiền từ đá đã được sử dụng rộng rãi từ những năm 60 của thế kỷ trước như một sự thay thế hợp lý [1]. Để giảm chi phí sản xuất và tận dụng vật liệu địa phương một số nơi đã trộn cát nghiền với cát sông, đặc biệt ở khu vực Trung Đông và Nam Mỹ [2] nơi có lượng cát sa mạc hạt mịn dồi dào cũng đã nghiên cứu phối trộn với cát nghiền để chế tạo bê tông. Theo tác giả

Altamashuddinkhan et al (2020) [2] khi nghiên cứu tác động của cát nghiền khi thay thế một phần hay hoàn toàn cốt liệu nhỏ trong bê tông. Tác giả đã lần lượt thay thế 0%, 20%, 40%, 60%, 80% và 100% cát sông bằng cát nghiền và kết quả cho thấy cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông ở 7, 28 và 90 ngày tuổi đạt giá trị cao hơn khi cát nghiền thay thế chiếm từ 55% đến 100% [hình 1, hình 2].

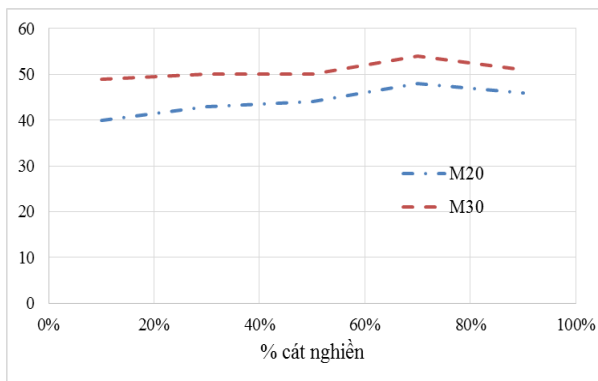


Hình 1: Biểu đồ cường độ chịu nén.

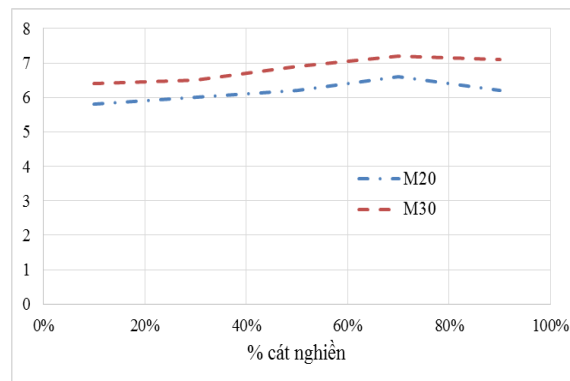


Hình 2: Biểu đồ cường độ chịu kéo khi uốn.

Hay tác giả Yajurved Reddy M [5] năm 2015 khi nghiên cứu cường độ của bê tông cát nghiền để thay thế cát tự nhiên với mác bê tông M20 và M30, đã thí nghiệm tỉ lệ cát nghiền chiếm 0%; 20%; 40%; 60% và 100%. Kết quả là 60% cát nghiền thay thế cát tự nhiên làm tăng cường độ so với tất cả các thay thế khác, nó mang lại cường độ nén và cường độ kéo khi uốn tốt hơn so với tỷ lệ trộn khác nhau. Cụ thể với M30 cấp phối 60% cát nghiền có cường độ chịu nén 53,99 MPa cao hơn so từ 6,11% đến 10,45% với các cấp phối 0%; 20%; 40% và 100% lần lượt là 48,88 MPa; 49,21 MPa; 49,21 MPa và 50,88 MPa, tương tự cường độ chịu kéo khi uốn của cấp phối 60% cát nghiền là 7,4 MPa cao hơn so với các cấp phối 0%; 20%; 40% và 100% từ 3,06% đến 15,8% [hình 3, hình 4].



Hình 3: Biểu đồ cường độ chịu nén.

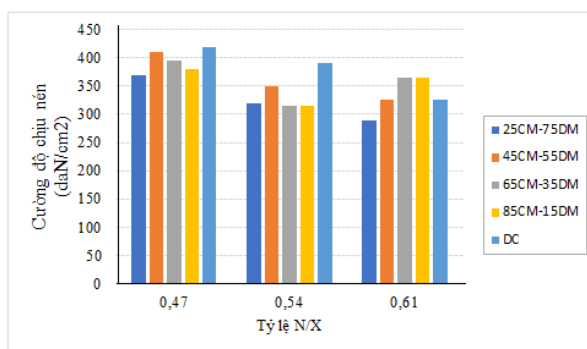


Hình 4: Biểu đồ cường độ chịu kéo khi uốn.

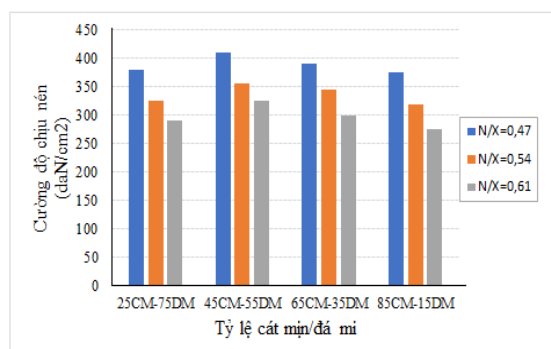
Năm 2016 Euibae Let al [6] đã nghiên cứu vấn đề sử dụng cát còn hay cát sa mạc (DS) phối trộn cát nghiền (CS) để chế tạo bê tông. Thí nghiệm trộn cát sa mạc chiếm từ 10, 20, 40 và 60% tổng lượng cát sử dụng. Kết quả hỗn hợp chiếm 20% cát sa mạc + 80% cát nghiền có cường độ chịu nén lớn nhất và nó lớn hơn một chút với hỗn hợp chứa 10% DS, hỗn hợp 40% và 60% DS có giá trị thấp hơn. Kết quả cường độ chịu kéo khi uốn đạt được có xu hướng giống với kết quả cường độ chịu nén. Cát sa mạc có hình dạng tròn và bề mặt mịn là những thuộc tính cơ học làm giảm lực liên kết vừa chất kết dính trong bê tông.

Đồng bằng sông Cửu Long với nguồn cát mịn lại khá dồi dào nhưng mô đun độ không đáp ứng tiêu chuẩn ASTM C33 [7] và AASHTO M6 [8] để chế tạo bê tông. Tác giả Lê Văn

Quang 2012 [3] trong báo cáo tại Hội thảo cát mịn vùng đồng bằng sông năm 2012 đã công bố trữ lượng một số mỏ cát lớn ở đồng bằng sông Cửu Long sử dụng trong xây dựng cũng như tính chất cơ lý của các mỏ cát lớn. Các mỏ cát lớn có mô đun độ lớn từ 0,7 đến 2,24, lượng hạt có kích thước nhỏ hơn 0,14mm cao. Phần lớn cỡ hạt đều không đạt tiêu chuẩn để làm cát chế tạo bê tông. Mỏ cát Tân Châu và Hồng Ngự nằm ở thượng nguồn của sông Tiền giáp với Campuchia có chất lượng tốt hơn cả, cát có mô đun độ lớn từ 1,4 đến 2,24, hàm lượng bụi sét và tạp chất hữu cơ đều thấp và nằm trong giới hạn cho phép. Tác giả cũng đã tiến hành nghiên cứu thực nghiệm phối trộn cát mịn với đá mi để chế tạo bê tông với các tỉ lệ khác nhau là 25/75; 45/55; 65/35; 85/35. Kết quả cho thấy bê tông sử dụng cốt liệu cát mịn trộn đá mi có thể chế tạo cấp bê tông có cường độ nén tới 40MPa. Tỉ lệ phối trộn cát mịn/đá mi là 45/55 thì cấp phối hạt gần như nằm hoàn toàn trong giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn Việt Nam. Từ đó tạo ra trong bê tông độ chặt sít cao nhất, giúp tăng cường độ bê tông.



Hình 5: Biểu đồ ảnh hưởng N/X tới cường độ nén bê tông.



Hình 6: Biểu đồ ảnh hưởng tỷ lệ cát mịn / đá mi tới cường độ nén bê tông.

Các tỉnh Đông Nam bộ như Bình Dương, Đồng Nai, Bà Rịa – Vũng Tàu... là nơi tập trung nhiều mỏ đá có trữ lượng lớn, chất lượng đáp ứng yêu cầu xây dựng. Đá gốc chủ yếu là đá Andesite [4], ngoài ra có một số mỏ đá Granite nhưng chủ yếu dùng làm đá mỹ nghệ. Các mỏ đá đang sản xuất cát nghiền thô theo công nghệ sàng ướt để loại bỏ bớt thành phần bụi đá, và thành phần hạt tương đối thô, mô đun độ lớn phổ biến từ 3,4 đến 4,2 để phối trộn với cát mịn tạo thành cát hỗn hợp đủ tiêu chuẩn.

Cát mịn phối trộn cát nghiền thô đã áp dụng trong xây dựng nói chung và trong xây dựng cầu khu vực đồng bằng sông Cửu Long nói riêng, nhưng hiện nay chưa có tiêu chuẩn hay chỉ dẫn kỹ thuật cho việc sử dụng vật liệu này. Các nghiên cứu chủ yếu cho bê tông xi măng nói chung và có cường độ thấp C20, C30... các nghiên cứu chuyên sâu về bê tông sử dụng cho xây dựng cầu còn hạn chế. Do đó trong nội dung bài báo này sẽ nghiên cứu các đặc trưng cơ học của bê tông có cấp cường độ C40 và có thể áp dụng cho đa số các hạng mục trong xây dựng cầu.

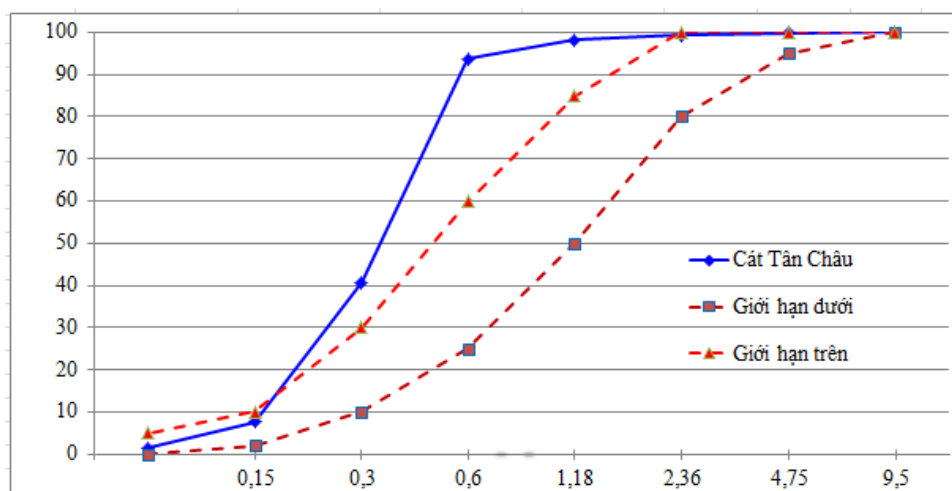
2. THỬ NGHIỆM/ĐÁNH GIÁ PHÂN TÍCH

2.1. Cát mịn Tân Châu

Mỏ cát Tân Châu thuộc huyện Tân Châu tỉnh An Giang, nằm sát biên giới Campuchia vùng thượng nguồn sông Mê Kông chảy vào Việt Nam. Nơi đây có trữ lượng cát lớn, chất lượng cát tương đối tốt. Phân tích tính cho thấy mô đun độ lớn dao động từ 1,6 đến 1,8 hàm lượng sét cục, tạp chất trong hỗn hợp cốt liệu 0,21%, hàm lượng hạt nhẹ 0,033%, hàm lượng lọt qua sàng 0,075mm 1,62%, hàm lượng tạp chất hữu cơ ngang màu số 3, độ bền Sulfate 0,65%... đều thỏa mãn yêu cầu theo Tiêu chuẩn ASTM C33 [7] và AASHTO M6 [8].



Hình 7: Cát Tân Châu.



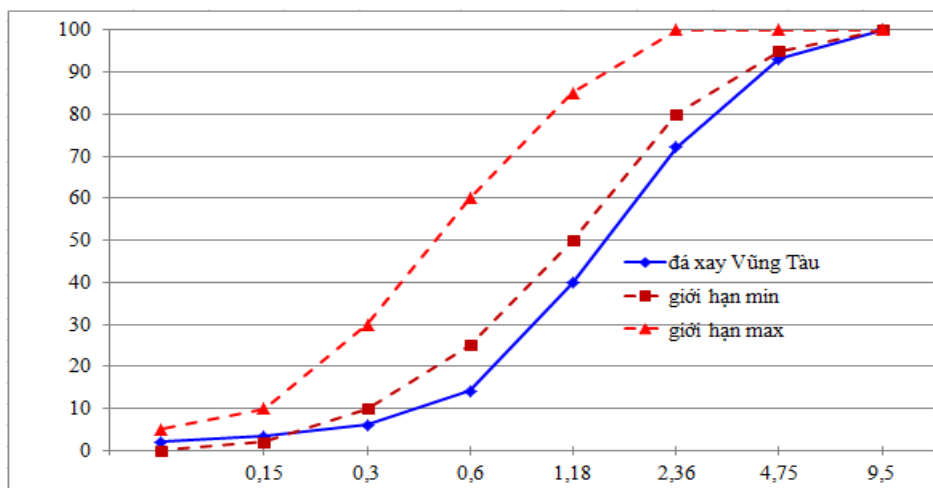
Hình 8: Biểu đồ thành phần hạt cát Tân Châu.

2.2. Cát nghiền thô Châu Pha, Tân Thành, Bà Rịa Vũng Tàu

Cát nghiền Vũng tàu mỏ đá Lô 3B – Núi Ông Cầu, xã Châu Pha, huyện Tân Thành, tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu do Công ty TNHH đá Hóa An 1 khai thác. Hiện nay đang cung cấp cho gói thầu J1 dự án cao tốc Bến Lức – Long Thành. Phân tích tính chất cơ lý của cát nghiền từ mỏ 3B cho thấy mô đun độ lớn là 3,69, hàm lượng sét cục, tạp chất trong hỗn hợp cốt liệu 0,53%, hàm lượng hạt nhẹ 0,15%, hàm lượng lọt qua sàng 0,075mm 2,07%, hàm lượng tạp chất hữu cơ ngang màu số 1, độ bền Sulfate 1,54% . . . đều thỏa mãn yêu cầu theo tiêu chuẩn AASHTO M6 [8]. Đá được xay từ đá gốc là đá andesite.



Hình 9: Cát nghiền Vũng Tàu.



Hình 10: Biểu đồ thành phần hạt cát Vũng Tàu.

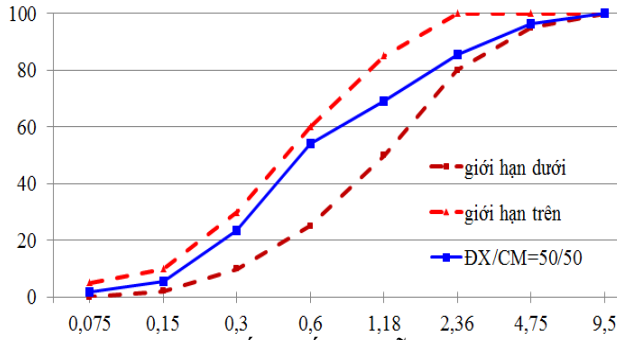
2.3. Cát hỗn hợp phối trộn cát mịn với cát nghiền/đá mi

Trộn cát mịn Tân Châu với cát nghiền Vũng Tàu theo các tỉ lệ khác nhau, kết quả thí nghiệm cấp phối thành phần hạt như trong bảng 1:

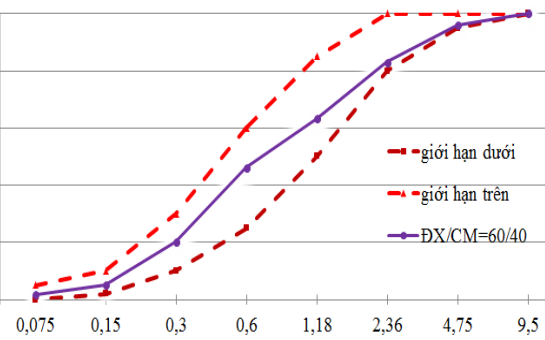
Bảng 1: Cấp phối thành phần hạt của cát hỗn hợp.

Mắt sàng (mm)	Lượng lọt sàng (%)		Lượng lọt sàng (%) khi trộn cát nghiền và cát mịn tự nhiên theo các tỉ lệ khác nhau						Lượng lọt sàng giới hạn theo AASHTO M6 (%)	
	Cát nghiền	Cát mịn	30/70	40/60	50/50	60/40	70/30	80/20		
9.5	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100
4.7	93,21	99,84	97,85	97,19	96,53	95,86	95,20	94,54	93,21	95 ÷ 100
2.36	72,12	99,24	91,11	88,39	85,68	82,97	80,26	77,55	72,12	80 ÷ 100
1.18	39,86	98,16	80,67	74,84	69,01	63,18	57,35	51,52	39,86	50 ÷ 85
0.60	14,19	93,80	69,92	61,96	54,00	46,04	38,08	30,11	14,19	25 ÷ 60
0.30	6,06	40,99	30,51	27,01	23,52	20,03	16,54	13,04	6,06	10 ÷ 30
0.15	3,30	7,96	6,56	6,10	5,63	5,16	4,70	4,23	3,30	2 ÷ 10
0.075	2,07	1,56	1,72	1,77	1,82	1,87	1,92	1,97	2,07	<5
Mô đun:	3,71	1,60	2,23	2,45	2,66	2,87	3,08	3,29	3,71	2,3 ÷ 3,1

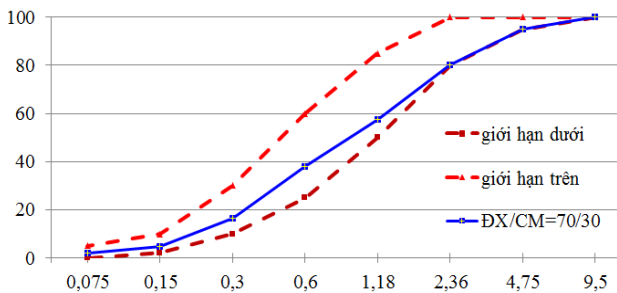
Từ kết quả trên cho thấy khi lượng cát nghiền chiếm từ 50% đến 70% cho thành phần cấp phối hạt phù hợp với tiêu chuẩn AASHTO M6 [6] và ASTM C33 [7].



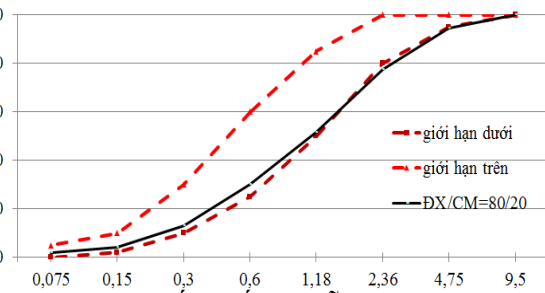
Hình 11: Cấp phối cát hỗn hợp trộn ĐX/CM=50/50.



Hình 12: Cấp phối cát hỗn hợp trộn ĐX/CM=60/40.



Hình 13: Cấp phối cát hỗn hợp trộn ĐX/CM=70/30.



Hình 14: Cấp phối cát hỗn hợp trộn ĐX/CM=80/20.

2.4. Tính toán thành phần bê tông C40

Áp dụng các bước tính toán thành phần bê tông có sử dụng cát mịn trộn cát nghiền theo ACI211.R4-08 [9] và ACI318 [10]. Kết quả tính ra khối lượng vật liệu cho 1m³ bê tông như trong bảng:

Bảng 2: Khối lượng vật liệu cho 1m³ bê tông.

Vật liệu	Đơn vị	ĐX/CM=70/30	ĐX/CM=60/40	ĐX/CM=50/50
Xi măng	kg	460	460	460
Nước	kg	163	163	163
Phụ gia	kg	5,52	5,52	5,52
Cát nghiền	kg	570	485	402
Cát mịn	kg	244	323,5	402
Đá 5x20	kg	1048	1048	1048
Tổng khối lượng	kg	2491	2486	2481

Cấp phối bê tông đối chứng sử dụng cát vàng sông Hồng có thành phần như sau: xi măng 460kg; nước 163 lít; phụ gia 5,52kg; cát vàng 805kg; đá 5x20: 1048kg. Thành phần cấp phối của cát vàng sông Hồng và cốt liệu lớn đều thỏa mãn tiêu chuẩn ASTM C33 [7].

Xác định cấp phối tối ưu theo lý thuyết cấp phối lý tưởng Fuller

Bảng 3: Bảng phân tích thành phần hạt cốt liệu của các cấp phối BTXM.

Cỡ hạt (mm)	Lượng lọt sàng (%) loại vật liệu			Lượng lọt sàng (%) của hỗn hợp có tỷ lệ phối hợp giữa cát mịn / cát nghiền/đá 5x20					
	Cát nghiền	Cát mịn	Đá 5x20	40/60	50/50	60/40	70/30	80/20	CP lý tưởng Fuller
0,075	3,29	7,62	0,00	2,55	2,37	2,19	2,01	1,82	8,89
0,15	6,05	40,77	0,00	11,63	10,16	8,68	7,19	5,70	12,57
0,3	14,19	93,78	0,00	26,81	23,44	20,05	16,63	13,20	17,77
0,6	39,86	98,15	0,44	32,64	30,21	27,76	25,30	22,83	24,92
1,18	72,12	99,24	0,49	38,53	37,48	36,41	35,34	34,26	35,24
2,36	93,21	99,84	5,87	45,39	45,23	45,07	44,90	44,73	50,00
4,75	100,00	100,00	48,35	70,70	70,77	70,85	70,92	70,99	70,71
9,5	100,00	100,00	63,56	79,33	79,38	79,43	79,48	79,53	81,11
12,5	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
19	3,29	7,62	0,00	2,55	2,37	2,19	2,01	1,82	8,89

So sánh thành phần hạt các cấp phối bê tông có tỷ lệ cát xay/ cát mịn khác nhau với cấp phối lý tưởng Fuller, kết quả như sau:

Bảng 4: Kết quả tính toán hệ số theo lý thuyết Fuller .

$H = \sum_{i=1}^M (Y_{Ti} - Y_i)^2$	40/60	50/50	60/40	70/30	80/20
	0,022	0,014	0,010	0,011	0,015

Từ số liệu trên cho thấy khi phối hợp giữa cát xay/ cát mịn theo tỷ lệ 60%/40% cho hỗn hợp cốt liệu gần với đường cong lý tưởng nhất.

2.5. Thí nghiệm bê tông xi măng

Thí nghiệm 4 cấp phối (CP) bao gồm: CP-70/30 phối trộn 70% cát nghiền + 30% cát mịn, có khối lượng thể tích là 2491 kg/m³; CP-60/40 phối trộn 60% cát nghiền + 40% cát mịn, có khối lượng thể tích là 2486 kg/m³; CP-50/50 phối trộn 50% cát nghiền + 50% cát mịn, có khối lượng thể tích là 2481 kg/m³; CP-cát sông có khối lượng thể tích 2482 kg/m³ để so sánh. Mỗi cấp phối đúc 15 tổ mẫu (3 mẫu/tổ) để nén và 8 tổ thử uốn, 3 tổ để đo mô đun đàn hồi, 3 tổ để ép chẻ.

Công tác đúc mẫu và thí nghiệm được thực hiện tại phòng thí nghiệm bộ môn Vật liệu Xây dựng và Trung tâm KHCN GTVT Trường ĐH Giao thông Vận Tải.



Hình 15: Hình ảnh công tác thí nghiệm.

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén trung bình (R_u), cường độ chịu nén đặc trưng (f_c) và cường độ chịu kéo khi uốn (R_u), cường độ chịu kéo khi uốn đặc trưng (f_r) trong bảng 5 và bảng 6.

Bảng 5: R_n và f_c của BTXM ở 3, 7 và 28 ngày tuổi.

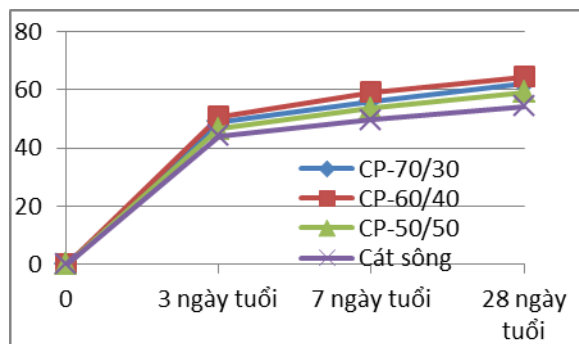
STT	Loại bê tông	3 ngày tuổi	7 ngày tuổi	28 ngày tuổi	
		R_n	R_n	R_n	f_c
1	CP-70/30	49,09	56,13	62,06	55,58
2	CP-60/40	50,88	59,14	64,5	57,28
3	CP-50/50	46,60	53,79	59,23	52,56
4	CP-cát sông	44,20	49,80	54,27	49,19

Bảng 6: R_u và f_r của BTXM ở 3, 7 và 28 ngày tuổi.

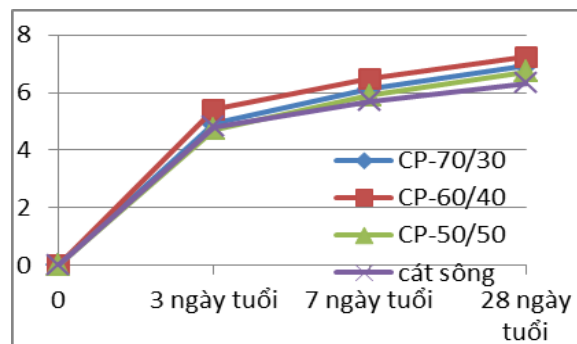
STT	Loại bê tông	3 ngày tuổi	7 ngày tuổi	28 ngày tuổi	
		R_u	R_u	R_u	f_r
1	CP-70/30	4,93	6,13	6,93	6,39
2	CP-60/40	5,41	6,49	7,25	6,71

3	CP-50/50	4,71	5,91	6,72	6,04
4	CP-cát sông	4,80	5,70	6,33	5,77

Từ các số liệu tổng hợp trong các bảng, vẽ được biểu đồ phát triển cường độ chịu nén R_n và cường độ chịu kéo uốn R_u theo thời gian.



Hình 16: Biểu đồ cường độ chịu nén theo thời gian.



Hình 17: Biểu đồ cường độ chịu kéo khi uốn theo thời gian.

Bảng 7: Bảng kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi E và cường độ ép chẻ.

STT	Loại bê tông	E 28 ngày tuổi (MPa)	Cường độ ép chẻ (MPa)	Độ sụt (cm)
1	CP-70/30	38230	5,58	17,5
2	CP-60/40	39460	5,83	18,5
3	CP-50/50	37370	4,95	19,5
4	CP-cát sông	36100	4,53	21

2.6. Phân tích kết quả thí nghiệm

Cường độ chịu nén đặc trưng f'_c ở 28 ngày tuổi của cấp phối đối chứng và cả 3 cấp phối sử dụng cát hỗn hợp đều lớn hơn giá trị mục tiêu của thí nghiệm là $1,1f'_c + 5 = 1,1 \times 40 + 5 = 49$ MPa. Các mẫu dùng cát hỗn hợp có cường độ nén lớn hơn mẫu đối chứng dùng cát sông từ 6,8% đến 16,45%.

Cấp phối trộn 60% cát nghiền + 40% cát mịn có giá trị cường độ chịu nén đạt giá trị lớn nhất phù hợp với kết quả tính toán theo lý thuyết Fuller.

Cường độ chịu kéo khi uốn đặc trưng f_r của cả 3 cấp phối thí nghiệm có quy luật phát triển tương ứng với quy luật phát triển cường độ chịu nén và đều lớn hơn giá trị của cát sông.

Mô đun đàn hồi đạt giá trị lớn nhất ở cấp phối có tỉ lệ phối trộn ĐX/CM là 60/40, trùng với cấp phối có cường độ chịu nén cao nhất. Mô đun đàn hồi của bê tông phụ thuộc vào mô đun đàn hồi của phân hồ xi măng và mô đun đàn hồi của cốt liệu. Mô đun đàn hồi của hồ xi măng phụ thuộc vào tỷ lệ N/X có hiệu và nó tỷ lệ thuận với cường độ nén của hồ xi măng nói riêng hay cường độ nén của bê tông nói chung.

Mô đun đàn hồi E của cả 3 cấp phối sử dụng cát hỗn hợp đều có giá trị lớn hơn so với cấp phối sử dụng cát sông. Cấp phối hạt của cát sông có đường cong thành phần hạt nằm giữa vùng tiêu chuẩn theo AASHTO M6 (ASTM C33), đường cong này không khác biệt nhiều so với đường cong thành phần hạt của cát hỗn hợp tuy nhiên cả cát mịn và cát nghiền có độ hấp thụ nước nhiều hơn so với cát sông nên lượng nước có hiệu trong bê tông của hỗn hợp bê tông sử dụng cát sông là lớn nhất, từ đó dẫn tới cường độ nén và mô đun đàn hồi của cấp phối bê tông dùng cát sông là nhỏ nhất.

2.7. So sánh mối tương quan giữa các đặc trưng cơ học với các công thức thực nghiệm và Tiêu chuẩn.

Từ các kết quả thí nghiệm so sánh mối tương quan giá trị giữa cường độ chịu kéo khi uốn (f_r) với cường độ chịu nén đặc trưng (f'_c) theo các tiêu chuẩn hiện hành:

Theo tiêu chuẩn ACI 363R-10 [12] Các thí nghiệm cho thấy cường độ kéo uốn của một số tác giả đã nghiên cứu cho kết quả từ $0,62\sqrt{f'_c} \div 0,99\sqrt{f'_c}$ (MPa) với $21 < f'_c < 83$ MPa.

-Theo ACI 318-19 [10]:

$$f_r = 0,62\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \quad (1)$$

-Theo TCVN11823-2017 [11]:

$$f_r = 0,63\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \quad (2)$$

-Theo Carrasquillo, và cộng sự [12]:

$$f_r = 0,94(f'_c)^{1/2} \text{ (MPa)} \quad (3)$$

-Theo Shah và Ahmad [13]:

$$f_r = 0,438(f'_c)^{2/3} \text{ (MPa)} \quad (4)$$

Bảng 8: Quan hệ giữa f_r và f'_c theo các Tiêu chuẩn và công thức thực nghiệm.

Cấp phối	f'_c (MPa)	f_r (MPa)				
		kết quả thí nghiệm	Carrasquillo	Chênh lệch (%)	Shad và Ahmad	Chênh lệch (%)
CP-70/30	55,58	6,39	6,86	-7,34	6,38	0,17
CP-60/40	57,28	6,71	6,96	-3,77	6,51	3,00
CP-50/50	52,56	6,04	6,67	-10,43	6,15	-1,75
CP-cát sông	49,19	5,77	6,45	-11,83	5,88	-1,91

Bảng 9: Quan hệ giữa f_r và f'_c theo các tiêu chuẩn.

Loại bê tông	f'_c (MPa)	f_r (MPa)				
		kết quả thí nghiệm	TCVN 11823	Chênh lệch (%)	ACI318-19	Chênh lệch (%)
CP-70/30	55,58	6,39	4,70	36,05	4,62	27,66
CP-60/40	57,28	6,71	4,77	40,73	4,69	30,07
CP-50/50	52,56	6,04	4,57	32,24	4,49	25,58
CP-cát sông	49,19	5,77	4,42	30,59	4,35	24,64

Từ các kết quả nghiên cứu so sánh mối tương quan giữa mô đun đàn hồi E với f'_c theo các tiêu chuẩn hiện hành:

Theo tiêu chuẩn thiết kế cầu TCVN11823-2017 [11]: Khi không có các số liệu đo, mô đun đàn hồi, E_c , của các loại bê tông có tỷ trọng trong khoảng từ 1440 đến 2500 kg/m³ và cường độ nén 105 MPa có thể lấy như sau:

$$E_c = 0,0017K_1W_c^2 f_c^{0,33} \text{ (MPa)} \quad (5)$$

Theo tiêu chuẩn ACI 363 – R10 [12]:

$$E_c = 3320\sqrt{f'_c} + 6900 \text{ (MPa)} \quad (6)$$

Theo tiêu chuẩn ACI 318 [10]: Đối với bê tông có khối lượng thể tích từ 1440 đến 2320kg/m³, và có cường độ nhỏ hơn 42MPa thì mối quan hệ giữa mô đun đàn hồi và cường độ bê tông có thể biểu diễn theo công thức:

$$E_c = 0,0428\gamma^{1,5}\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \quad (7)$$

Theo tiêu chuẩn CEB-FIP-2010 [14]:

$$E_c = 21,5 \times 10^3 \alpha \left(\frac{f_{ck} + 8}{10} \right)^{1/3} \text{ (MPa)} \quad (8)$$

với $f_{ck} + 8 = f'_c$ theo kết quả thí nghiệm và với đá bazan $\alpha = 1,2$; đá quắc zit $\alpha=1$; đá vôi $\alpha=0,9$.

Bảng 10: Quan hệ giữa E và f'_c của bê tông theo các tiêu chuẩn.

Cấp phối	Mô đun đàn hồi E (MPa)							
	f'_c (MPa)	Kết quả thí nghiệm	TCVN 11823	Chênh lệch (%)	ACI 318	Chênh lệch (%)	CEB-FIP	Chênh lệch (%)
CP-70/30	55,58	38030	38424	1,03	38695	1,72	39912	4,72
CP-60/40	57,28	38760	38808	0,12	39282	1,33	40265	3,74

CP-50/50	52,56	37370	37722	0,93	37629	0,69	39270	4,84
CP-cát sông	49,19	36100	36906	2,18	36403	0,83	38528	6,30

Giá trị cường độ chịu kéo khi uốn f_r thí nghiệm được xấp xỉ giá trị tính toán theo công thức của các nghiên cứu đã đề xuất như công thức của Carrasquillo [12]; công thức của Ahmad [13].

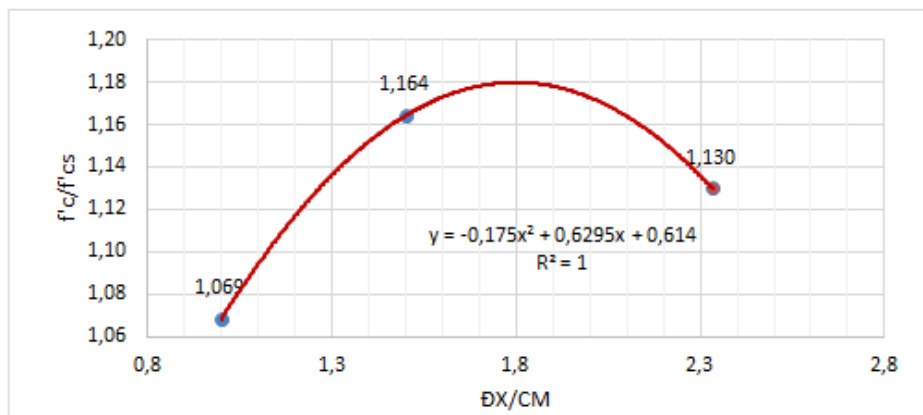
Tuy nhiên, giá trị tính cường độ kéo khi uốn theo công thức trong tiêu chuẩn thiết kế cầu tại Việt Nam TCVN11823-2017 [11] thì thấp hơn từ 30% đến 40% so với giá trị thí nghiệm. Như vậy công thức trong tiêu chuẩn đang thiên về an toàn.

So sánh giá trị mô đun đàn hồi thí nghiệm được với giá trị tính toán từ mối quan hệ với cường độ chịu nén theo tiêu chuẩn như thiết kế cầu TCVN11823-2017 [11]; Tiêu chuẩn ACI 318 [10]; Tiêu chuẩn CEB-FIP, kết quả cho thấy giá trị thí nghiệm xấp xỉ giá trị tính theo các tiêu chuẩn, chênh lệch dưới 7%. Như vậy kết quả thí nghiệm là tin cậy.

3. THIẾT LẬP MỐI QUAN HỆ GIỮA CÁC TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA BÊ TÔNG VỚI CÁC ĐẶC TRƯNG VẬT LIỆU

Từ kết quả thí nghiệm đặc trưng cơ học của các cấp phối cát hỗn hợp thiết lập phương trình quan hệ giữa cường độ chịu nén f'_c , cường độ chịu kéo khi uốn f_r và mô đun đàn hồi E với tỉ lệ phối trộn ĐX/CM:

Phương trình ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn ĐX/CM đến cường độ chịu nén đặc trưng f'_c của BTXM sử dụng cát hỗn hợp so với cường độ nén đặc trưng (f'_{cs}) của BTXM sử dụng cát sông.

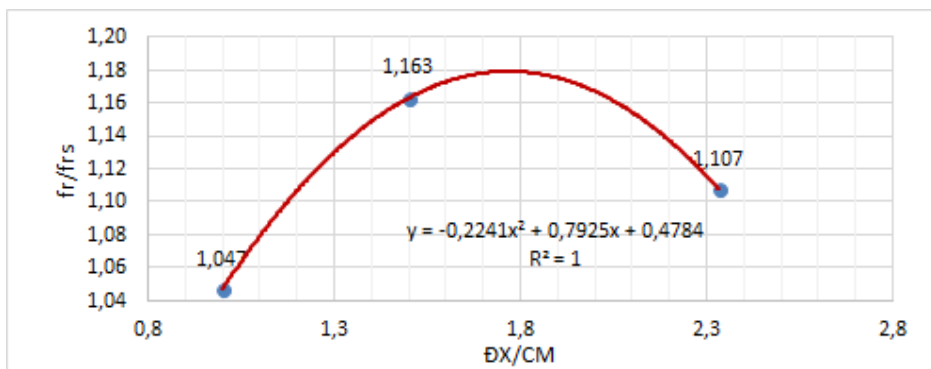


Hình 18: Ảnh hưởng của tỉ lệ ĐX/CM đến f'_c/f'_{cs} .

$$f'_c / f'_{cs} = -0,175 \left(\frac{ĐX}{CM} \right)^2 + 0,6295 \left(\frac{ĐX}{CM} \right) + 0,614 \quad (9)$$

Với $R^2 = 1$

Phương trình ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn ĐX/CM đến cường độ chịu kéo khi uốn đặc trưng (f_r) của BTXM sử dụng cát hỗn hợp so với cường độ chịu kéo khi uốn đặc trưng (f_{rs}) của BTXM sử dụng cát sông.

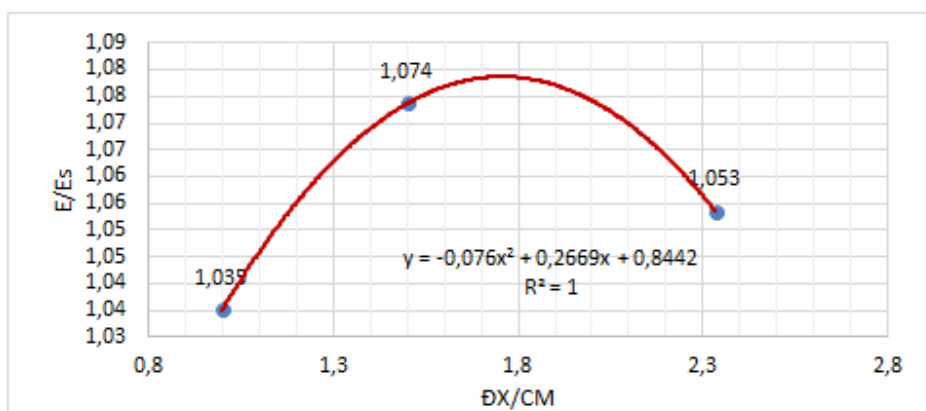


Hình 19: Ảnh hưởng của tỉ lệ ĐX/CM đến f_r/f_{rs} .

$$f_r / f_{rs} = -0,2241 \left(\frac{ĐX}{CM} \right)^2 + 0,7925 \left(\frac{ĐX}{CM} \right) + 0,4784 \quad (10)$$

Với $R^2 = 1$

Phương trình ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn ĐX/CM đến mô đun đàn hồi (E) của BTXM sử dụng cát hỗn hợp so mô đun đàn hồi của BTXM sử dụng cát sông (E_s).



Hình 20: Ảnh hưởng của tỉ lệ ĐX/CM đến E/E_s .

$$E / E_s = -0,076 \left(\frac{ĐX}{CM} \right)^2 + 0,2669 \left(\frac{ĐX}{CM} \right) + 0,8442 \quad (11)$$

Với $R^2 = 1$.

4. KẾT LUẬN

Trong phạm vi nghiên cứu của đề tài với cát nghiền Andesite đang được sử dụng phổ biến ở đồng bằng sông Cửu Long, kết quả nghiên cứu cho thấy tỉ lệ cát nghiền chiếm từ 50% đến 70% thì đường cong cấp phối hạt nằm trong giới hạn cho phép của tiêu chuẩn AASHTO M6 [8] và ASTM C33 [7]. Tỉ lệ phối trộn 60% cát nghiền với 40% cát mịn cho giá trị cấp phối sát với cấp phối lý tưởng theo lý thuyết Fuller.

Với các cấp phối bê tông dùng cát hỗn hợp đều có cường độ chịu nén thỏa mãn cường độ mục tiêu C40 và lớn hơn cường độ của cát sông. Cường độ thiết kế cho bê tông hiện trường cần xét đến điều kiện bảo dưỡng ngoài hiện trường và mức độ biến động cường độ giữa các

mê trộn thực tế. Cấp phối bê tông có phối trộn 60% cát nghiền với 40% cát mịn cho giá trị cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo uốn tốt nhất.

Giá trị cường độ chịu kéo khi uốn thí nghiệm được lớn hơn so với giá trị tính toán theo các tiêu chuẩn hiện hành áp dụng cho thiết kế cầu như TCVN11823-2017 [11], ACI 318 [10] nhưng xấp xỉ các giá trị của các công thức thực nghiệm của Shah và Ahmad [13] hay Carrasquillo, Nilson và Slate [12]. Điều đó cho thấy kết quả nghiên cứu phù hợp với các thực nghiệm trước.

Giá trị mô đun đàn hồi thí nghiệm đo được xấp xỉ giá trị tính toán theo các tiêu chuẩn TCVN11823-2017 [11] và ACI 318 [10].

Như vậy, hoàn toàn có thể chế tạo được bê tông có cấp cường độ C40 từ cấp phối cát mịn trộn cát nghiền để phục vụ công tác xây dựng cầu.

Giá trị cường độ biến động phụ thuộc vào tỉ lệ phối trộn ĐX/CM, hàm lượng bột đá và loại đá gốc để chế tạo cát nghiền, sơ bộ có thể tham khảo giá trị từ các công thức trong mục 4 của đề tài này với cấp bê tông C40. Hoặc nếu áp dụng các công thức trong tiêu chuẩn TCVN11823-2017 thì có thể chấp nhận được cho loại bê tông này vì thiên về an toàn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hồ sơ dự án xây dựng đường cao tốc Bắc-Nam gói thầu J1 - cầu Bình Khánh và cầu dẫn, Báo cáo chất lượng nguồn vật liệu phục vụ sản xuất bê tông thi công các hạng mục công trình gói thầu J1, Thành phố Hồ Chí Minh : Sn., (2016).
- [2]. N.Nadimalla et al., The Impact of Manufactured Sand (M-Sand) as Partially and Fully Replacement of Fine Aggregate in Concrete, *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 5 (2020) 302-306. <https://astesj.com/v05/i01/p38/>.
- [3]. Lê Văn Quang, Sử dụng cát mịn vùng ĐBSCL để chế tạo bê tông, Hội thảo cát mịn vùng đồng bằng Sông Cửu Long, 2012.
- [4]. Nguyễn Đức Trọng, Luận án tiến sĩ kỹ thuật Trường ĐH GTVT, Nghiên cứu sử dụng hỗn hợp cát xay - cát tự nhiên khu vực Đông Nam Bộ làm mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng đường ô tô, s.l., 2013.
- [5]. M. Yajurved Reddy, D.V. Swetha, S. K. Dhani, Study on properties of concrete with manufactured sand as replacement to natural sand, *International journal of Civil Engineering and Technology*, 6 (2015) 29-42.
- [6]. Euibae Lee, Sangjun Park, Yongjic Kim, Drying shrinkage cracking of concrete using dune sand and crushed sand, *Construction and Building Material*, 126 (2016) 517-526. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.141>
- [7]. ASTM-C33/C33M, Standard specifications for Concrete Aggregates, 2016.
- [8]. AASHTO-M6, Standard specifications Roads and Bridges, 2017.
- [9]. ACI.211-91(97), Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, 1997.
- [10]. ACI.318-19, Building Code Requirements for Structural Concrete, 2019.
- [11]. TCVN11823, Tiêu chuẩn Quốc gia về thiết kế cầu đường bộ Việt Nam, 2017.
- [12]. ACI.363R-10, Report on High-Strength Concrete, 2010.
- [13]. Ahmad, S. and S. Shah, Structural properties of high strength concrete and its implications for precasting prestressed concrete, *J. Prestressed Concr. Inst.*, 30: 92-119, 1985.
- [14]. CEB-FIP - 2010, fib Model Code for Concrete Structures, 2010.