

SỬ DỤNG MỦ CAO SU TỰ NHIÊN CẢI THIỆN CƯỜNG ĐỘ XI MĂNG GIA CỐ CỐT LIỆU BÊ TÔNG TÁI CHẾ

DƯƠNG VINH NHIỀU

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Tác giả liên hệ: duongvinhnhiều@iuh.edu.vn

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstiuh.v70i4.4761>

Tóm tắt. Nghiên cứu này ứng dụng mủ cao su tự nhiên để cải thiện cường độ của xi măng gia cố cốt liệu bê tông tái chế sử dụng làm vật liệu móng đường giao thông. Xi măng (X) được trộn với cốt liệu bê tông tái chế (RCA) với hàm lượng 3%, 5% và 7% theo khối lượng của RCA. Mủ cao su tự nhiên (NRL) được thêm vào hỗn hợp theo khối lượng của xi măng (ký hiệu NRL/X) là 0%, 5%, 10% và 15%. Cường độ chịu nén (UCS) và cường độ chịu kéo (ITS) của các mẫu được xác định sau 7 ngày và 28 ngày. Kết quả thí nghiệm cho thấy, cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo của mẫu phụ thuộc vào hàm lượng xi măng (X), tỉ lệ NRL/X và thời gian bảo dưỡng. Mẫu đạt cường độ nén và cường độ chịu kéo cao nhất khi tỉ lệ NRL/X tối ưu, tỉ lệ 10% NRL/X là tỉ lệ tối ưu cho 3%X và 5% NRL/X là tỉ lệ tối ưu cho cả 5X và 7%X. Khi tỉ lệ NRL/X vượt quá giá trị tối ưu thì cường độ của mẫu giảm, tuy nhiên tất cả các mẫu vẫn đạt yêu cầu về cường độ chịu nén đối với vật liệu móng đường giao thông.

Từ khóa. Mủ cao su, xi măng, cốt liệu bê tông tái chế, cường độ, đường giao thông.

1 GIỚI THIỆU

Hiện nay, vật liệu xây dựng tái chế rắn (Construction and demolition materials, C&D) được ứng dụng nhiều trong xây dựng như làm cốt liệu cho bê tông, gạch không nung, vật liệu xây dựng đường giao thông. Việc sử dụng vật liệu xây dựng tái chế rắn góp phần hạn chế việc khai thác nguồn vật liệu đá thiên nhiên, giảm được diện tích đổ thải và tiết kiệm chi phí xây dựng công trình.

Phổ biến nhất trong các loại vật liệu xây dựng tái chế rắn là cốt liệu bê tông tái chế (Recycled concrete aggregate, RCA). RCA được thu thập từ các công trình xây dựng bị phá hủy như nhà cửa, cầu cống, đường xá...sau đó được nghiền nhỏ bằng máy nghiền đến kích thước hạt phù hợp với mục đích sử dụng. Theo các tài liệu nghiên cứu, RCA có tính chất vật lý và tính chất kháng cát phù hợp dùng làm vật liệu cấp phối đá dăm loại II (lớp móng dưới) trong lớp kết cấu áo đường ô tô [1][2][3] hoặc có thể thay thế cấp phối đá dăm loại I (lớp móng trên) khi trộn RCA với một hàm lượng xi măng từ 3% đến 6% [4][5].

Ngoài các tính chất vật lý đáp ứng yêu cầu kỹ thuật, cốt liệu xây dựng đường giao thông còn phải đáp ứng các yêu cầu về cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo, môđun đàn hồi, sức chịu tải,...[6]. Xi măng gia cố cốt liệu bê tông tái chế đáp ứng các yêu cầu dùng làm lớp móng đường giao thông, tuy nhiên cường độ chịu kéo thấp nên dưới tác động của tải trọng phương tiện giao thông, vật liệu xi măng gia cố cốt liệu bê tông tái chế có xu hướng hình thành các vết nứt nhỏ gây ảnh hưởng đến sự làm việc ổn định của công trình [7][8][9]. Để tăng cường tính chất cường độ của vật liệu xi măng gia cố cốt liệu bê tông tái chế, đặc biệt là cường độ chịu kéo, có nhiều nghiên cứu đã được thực hiện như thêm vào hỗn hợp các loại sợi, tro bay, PVA,... [10].

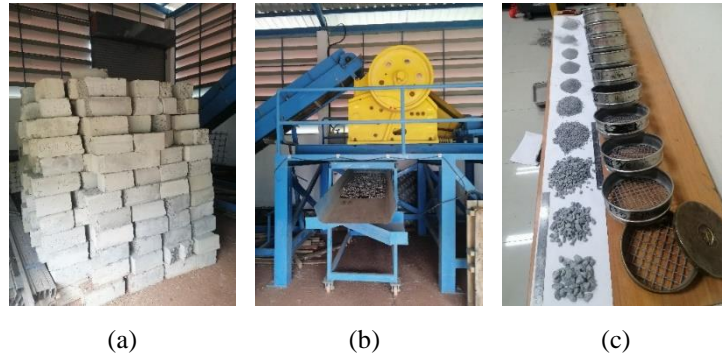
Mủ cao su là loại vật liệu được cấu tạo từ tập hợp các phân tử polymer *cis-1,4-polyisoprene*. Mủ cao su tươi được lấy từ mủ của cây cao su (*Hevea brasiliensis*), sau đó được xử lý tại nhà máy để đạt được các tính chất mong muốn như nâng cao hàm lượng phần khô trong dung dịch và kéo dài thời gian đông kết. Mủ cao su tự nhiên có tính đàn hồi và có khả năng tạo độ bền cơ học cho vật liệu [11][12][13][14].

Trong nghiên cứu này, mủ cao su tự nhiên (loại nhũ tương đã được xử lý tại nhà máy) được thêm vào hỗn hợp xi măng gia cố cốt liệu bê tông tái chế để cải thiện tính chất cường độ của vật liệu dùng làm lớp móng đường giao thông. Kết quả của đề tài nghiên cứu là tài liệu tham khảo tin cậy trong việc ứng dụng mủ cao su tự nhiên nhằm cải thiện tính chất cường độ của lớp cấp phối đá dăm gia cố xi măng khi sử dụng cốt liệu bê tông tái chế.

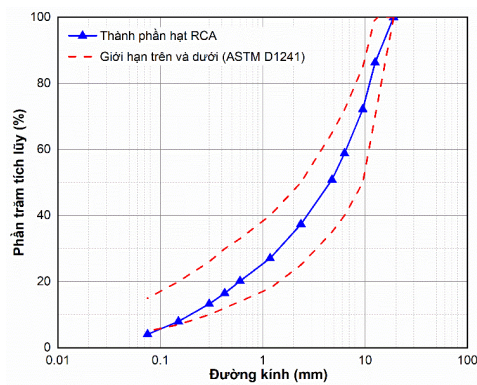
2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Vật liệu

Cốt liệu bê tông tái chế dùng trong thí nghiệm này thu được bằng cách sử dụng máy nghiền các mẫu đầm bê tông đã sử dụng (Hình 1), kết quả đường cong cấp phối thành phần hạt của RCA được thể hiện trên Hình 2 và các tính chất cơ lý của RCA được trình bày trong Bảng 1. Ximăng sử dụng là loại ximăng thông thường (Ordinary portland cement, OPC), mủ cao su tự nhiên (Natural rubber latex, NRL) ở dạng nhũ tương trong nước của các hạt cao su với hàm lượng phần khô là 30.8% (Hình 3).



Hình 1: Đầm bê tông (2), máy nghiền (b) và cốt liệu RCA sau khi nghiền (c).



Hình 2: Biểu đồ phân tích thành phần hạt.



Hình 3: Mủ cao su tự nhiên và ximăng OPC.

Bảng 1: Tính chất cơ lý cốt liệu bê tông tái chế (RCA).

Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị	Tiêu chuẩn thí nghiệm
Khối lượng riêng (cốt liệu thô)	g/cm^3	2.30	ASTM C127
Khối lượng riêng (cốt liệu mịn)	g/cm^3	2.17	ASTM C128
Độ hút nước (cốt liệu thô)	%	6.32	ASTM C127
Độ hút nước (cốt liệu mịn)	%	7.95	ASTM C128
Độ dẹt	-	15.6	BS 812:105.1
Độ hao mòn Los Angeles	%	38.1	ASTM C1311
pH	-	12.2	ASTM D4972

2.2 Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp thực nghiệm. Dựa theo kết quả nghiên cứu của Qingfu Li và Jing Hu [15], xi măng được trộn với RCA tỉ lệ 3%, 5% và 7% theo khối lượng của RCA và mù cao su tự nhiên được thêm vào hỗn hợp theo tỉ lệ phần trăm của xi măng là 5%, 10% và 15%. Bảng 2 mô tả ký hiệu mẫu và tỉ lệ pha trộn các thành phần trong hỗn hợp. Mẫu 3X, 5X, 7X không thêm mù cao su tự nhiên, làm mẫu đối chứng.

Bảng 2: Ký hiệu mẫu và tỉ lệ pha trộn vật liệu.

Ký hiệu mẫu	Hàm lượng xi măng, %	Tỉ lệ NRL/X, %	Ký hiệu mẫu	Hàm lượng xi măng, %	Tỉ lệ NRL/X, %
3X	3	0	7X	7	0
3X5R	3	5	7X5R	7	5
3X10R	3	10	7X10R	7	10
3X15R	3	15	7X15R	7	15
5X	5	0			
5X5R	5	5			
5X10R	5	10			
5X15R	5	15			

Lượng nước thêm vào hỗn hợp là lượng nước tối ưu (Optimum moisture content, OMC) và được xác định dựa vào kết quả thí nghiệm đầm chặt Proctor cải tiến (Bảng 3).

Bảng 3: Kết quả thí nghiệm đầm chặt Proctor cải tiến.

Ký hiệu mẫu	MDD, g/cm ³	OMC, %	Ký hiệu mẫu	MDD, g/cm ³	OMC, %
3X	1.94	12.0	7X	1.94	12.5
3X5R	1.91	11.9	7X5R	1.93	12.4
3X10R	1.83	11.5	7X10R	1.93	11.5
3X15R	1.82	10.6	7X15R	1.92	11.2
5X	1.94	12.3			
5X5R	1.94	12.1			
5X10R	1.87	11.8			
5X15R	1.87	11.4			

Sau khi xác định tỉ lệ các thành phần vật liệu pha trộn và lượng nước tối ưu, tiến hành tạo mẫu và bảo dưỡng. Mẫu được bảo dưỡng ở điều kiện nhiệt độ phòng (25±2°C), thời gian bảo dưỡng mẫu là 7 ngày và 28 ngày (Hình 4).

Sau thời gian bảo dưỡng, mẫu được mang đi thí nghiệm xác định cường độ chịu nén (Unconfined compression test, UCS) và cường độ chịu kéo (Indirect tensile strength test, ITS). Thí nghiệm UCS và ITS được thực hiện theo tiêu chuẩn ASTM D1633 và ASTM D6931.

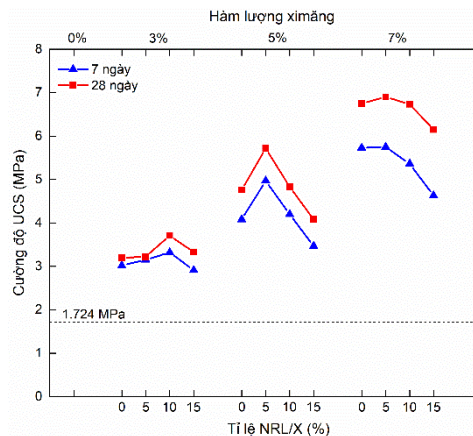


Hình 4: Bảo dưỡng mẫu thí nghiệm.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Cường độ chịu nén (UCS)

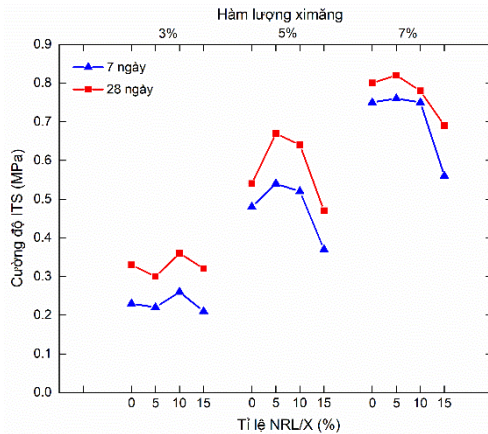
Hình 5 trình bày kết quả thí nghiệm xác định cường độ chịu nén của mẫu tại thời điểm 7 ngày và 28 ngày. Kết quả thí nghiệm cho thấy, khi tăng hàm lượng ximăng thì cường độ chịu nén của mẫu tăng lên, thời gian bảo dưỡng tăng thì cường độ chịu nén tăng, đồng thời cường độ chịu nén cũng bị ảnh hưởng bởi tỉ lệ NRL/X. Cường độ chịu nén cao nhất khi tỉ lệ NRL/X đạt 10% đối với hàm lượng ximăng là 3% (mẫu 3X10R). Đối với hàm lượng ximăng 5% và 7%, mẫu đạt cường độ chịu nén lớn nhất ở tỉ lệ NRL/X là 5% (mẫu 5X5R và mẫu 7X5R). Kết quả thí nghiệm UCS tại 28 ngày tương tự như 7 ngày cho tất cả các mẫu. Mẫu 7 ngày, tỉ lệ NRL/X tối ưu giúp tăng cường độ chịu nén lên 9.9% cho mẫu 3% ximăng, mẫu 5% ximăng là 21.8%, mẫu 7% ximăng chỉ tăng 0.35%. Đối với các mẫu 28 ngày, tỉ lệ tăng cường độ chịu nén lớn nhất cho 3%, 5% và 7% ximăng tương ứng là 15.9%, 20.2% và 2.2%. Khi NRL/X vượt quá tỉ lệ NRL/X tối ưu, cường độ chịu nén có xu hướng giảm dần. So sánh với yêu cầu kỹ thuật về cường độ chịu nén của cốt liệu gia cố lớp móng đường giao thông sau 7 ngày bảo dưỡng [16], tất cả giá trị cường độ chịu nén mẫu thí nghiệm đều lớn hơn giới hạn 1.724 MPa. Quá trình thủy hóa ximăng tạo ra Calcium silicate hydrates (C-S-H) và Calcium hydroxide (CH) giúp kết dính cốt liệu với nhau, tạo cường độ cho hỗn hợp. Khi tăng hàm lượng ximăng sẽ làm tăng lượng C-S-H và CH được tạo ra, nên cốt liệu được gắn kết tốt hơn, cường độ của mẫu cũng được tăng lên. Quá trình thủy hóa ximăng phụ thuộc vào thời gian, thời gian dưỡng mẫu càng dài thì cường độ càng tăng.



Hình 5: Kết quả thí nghiệm UCS.

3.2 Cường độ chịu kéo (ITS)

Kết quả thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo được trình bày ở Hình 6. Có thể thấy rằng, khi tăng tỉ lệ NRL/X thì cường độ chịu kéo của mẫu tăng. Tuy nhiên, đến một giới hạn nhất định khi cường độ chịu kéo đạt cực đại, nếu tiếp tục tăng tỉ lệ NRL/X thì cường độ chịu kéo bị suy giảm. Tương tự như thí nghiệm UCS, mẫu thí nghiệm ITS đạt được giá trị cao nhất tại 3X10R, 5X5R và 7X5R. Mẫu 5% ximăng khi thêm tỉ lệ NRL/X 5%, cường độ ITS tăng mạnh nhất so với các hàm lượng ximăng khác, cụ thể mẫu 5X5R tăng 12.5% so với mẫu 5X (không thêm mù cao su tự nhiên) cho mẫu 7 ngày và tăng 24.0% cho mẫu 28 ngày. Giá trị cường độ chịu kéo ITS của tất cả các mẫu tại 28 ngày cao hơn 7 ngày.



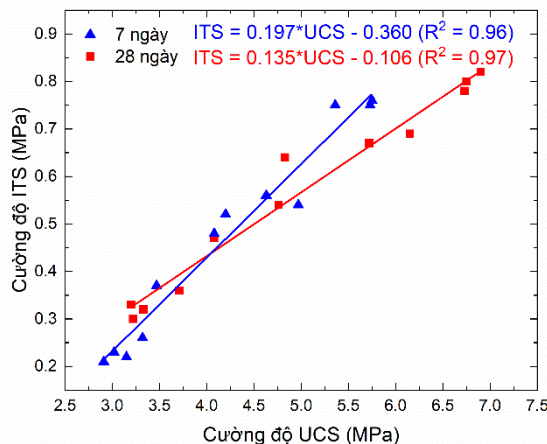
Hình 6: Kết quả thí nghiệm ITS.

3.3 Mối liên hệ giữa cường độ chịu kéo và cường độ chịu nén

Hình 7 thể hiện mối liên hệ tuyến tính giữa cường độ chịu nén (UCS) với cường độ chịu kéo (ITS) của các mẫu 7 ngày và 28 ngày. Kết quả phân tích chỉ ra rằng, giá trị UCS và ITS có mối tương quan tuyến tính thuận và có ý nghĩa thống kê với giá trị hệ số tương quan (R^2) rất chặt: từ 0.96 (mẫu 7 ngày) đến 0.97 (mẫu 28 ngày). Phương trình tương quan giữa cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo được trình bày trong công thức (1) và (2) dưới đây:

$$\text{Mẫu 7 ngày: ITS} = 0.197 \times \text{UCS} - 0.360 \quad (R^2 = 0.96) \quad (1)$$

$$\text{Mẫu 28 ngày: ITS} = 0.135 \times \text{UCS} - 0.106 \quad (R^2 = 0.97) \quad (2)$$



Hình 7: Quan hệ tuyến tính giữa cường độ chịu kéo và cường độ chịu nén.

4 KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu nêu trên, có thể đi đến các kết luận và kiến nghị sau:

- Khi sử dụng một tỷ lệ NRL/X tối ưu thì không chỉ giúp tăng cường độ chịu nén mà còn tăng cường độ chịu kéo của mẫu xi măng gia cố cốt liệu bê tông tái chế. Tỷ lệ NRL/X tối ưu cho 3% xi măng là 10% (3X10R), cho 5% xi măng là 5% (5X5R), cho 7% xi măng là 5% (7X5R).
- Khi thêm tỷ lệ NRL/X tối ưu vào mẫu xi măng gia cố cốt liệu bê tông tái chế, cường độ chịu nén của mẫu tăng lớn nhất sau 7 ngày là 21.8% (mẫu 5X5R) và sau 28 ngày là 20.2% (mẫu 5X5R).
- Cường độ chịu kéo của mẫu 5% xi măng khi thêm NRL/X cũng tăng cao hơn so với các hàm lượng xi măng khác. Cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo có mối liên hệ tuyến tính, giá trị UCS càng cao thì ITS càng cao.

Việc nghiên cứu, ứng dụng mủ cao su tự nhiên làm chất phụ gia thêm vào hỗn hợp xi măng gia cố cốt liệu bê tông tái chế sẽ giúp tăng cường độ cho lớp móng, kéo dài sự làm việc ổn định của kết cấu đường giao thông.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện tại phòng thí nghiệm Vật liệu xây dựng tái chế thuộc Trung tâm nghiên cứu và ứng dụng ISI-SUT, Trường Đại học Công nghệ Suranaree. Cảm ơn Quỹ Nghiên cứu Khoa học và Sáng tạo Thái Lan (TSRI) đã tài trợ cho nghiên cứu này (Mã số đề tài: P-19-52303).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Arulrajah, M. M. Disfani, S. Horpibulsuk, C. Suksiripattanapong, and N. Prongmanee, "Physical properties and shear strength responses of recycled construction and demolition materials in unbound pavement base/subbase applications", *Constr. Build. Mater.*, May 2014, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.02.025.
- [2] A. Arulrajah, J. Piratheepan, M. M. Disfani, and M. W. Bo, "Resilient moduli response of recycled construction and demolition materials in pavement subbase applications", *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 25, no. 12, pp. 1920-1928, 2013, doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000766.
- [3] S. Jayakody, C. Gallage, and J. Ramanujam, "Performance characteristics of recycled concrete aggregate as an unbound pavement material", *Heliyon*, 2019, doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e02494.
- [4] P. Pérez, F. Agrela, R. Herrador, and J. Ordoñez, "Application of cement-treated recycled materials in the construction of a section of road in Malaga, Spain", *Constr. Build. Mater.*, 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.02.034.
- [5] A. Arulrajah, M. M. Disfani, H. Haghghi, A. Mohammadinia, and S. Horpibulsuk, "Modulus of rupture evaluation of cement stabilized recycled glass/recycled concrete aggregate blends", *Constr. Build. Mater.*, 2015, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.03.048.
- [6] A. S. El-Ashwah, E. Mousa, S. M. El-Badawy, and M. A. Abo-Hashema, "Advanced characterization of unbound granular materials for pavement structural design in Egypt", *Int. J. Pavement Eng.*, vol. 23, no. 2, pp. 476-488, 2022, doi: 10.1080/10298436.2020.1754416.
- [7] J. Xiao, H. Xie, and Z. Yang, "Shear transfer across a crack in recycled aggregate concrete", *Cem. Concr. Res.*, vol. 42, no. 5, pp. 700-709, 2012, doi: 10.1016/j.cemconres.2012.02.006.
- [8] A. Mohammadinia, A. Arulrajah, M. M. Disfani, and S. Darmawan, "Small-strain behavior of cement-stabilized recycled concrete aggregate in pavement base layers", *J. Mater. Civ. Eng.*, May 2019, doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002671.
- [9] M. Tavakol, S. Kulesza, C. Jones, and M. Hossain, "Effect of low-quality recycled concrete aggregate on stabilized clay properties", *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 32, no. 8, pp. 1-10, 2020, doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0003263.
- [10] T. Yaowarat *et al.*, "Recycled concrete aggregate modified with polyvinyl alcohol and fly ash for concrete pavement applications", *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 31, no. 7, pp. 1-12, Jul. 2019, doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002751.
- [11] R. A. Al-Mansob *et al.*, "Engineering characterisation of epoxidized natural rubber-modified hot-mix asphalt", *PLoS One*, vol. 12, no. 2, 2017, doi: 10.1371/journal.pone.0171648.
- [12] S. Ibrahim, R. Daik, and I. Abdullah, "Functionalization of liquid natural rubber via oxidative degradation of natural rubber", *Polymers (Basel)*, vol. 6, no. 12, pp. 2928-2941, 2014, doi: 10.3390/polym6122928.
- [13] K. S. N. Kishore and A. Gottala, "A study on effect of addition of natural rubber on the properties of bitumen and bituminous mixes", *Int. J. Sci. Technol. Eng.*, vol. 2, no. 01, pp. 206-212, 2015.
- [14] Krishnapriya M.G, "Performance evaluation of modified bituminous mixes", *J. Civil, Struct. Environ. Water Resour. Infrastruct. Eng. Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 1-12, 2015.
- [15] Qingfu Li & Jing Hu, "Mechanical and durability properties of cement-stabilized recycled concrete aggregate", *Sustainability, MDPI*, vol. 12(18), pages 1-18, September, 2020.
- [16] I. L. Howard, W. G. Sullivan, B. K. Anderson, J. Shannon, and T. Cost, "Final report FHWA/MS-DOT-RD-13-206: Design and construction control guidance for chemically stabilized pavement base layers", *Mississippi Dep. Transp.*, p. 162, 2013.

USING NATURAL RUBBER LATEX TO IMPROVE THE STRENGTHS OF CEMENT STABILIZED RECYCLED CONCRETE AGGREGATE

DUONG VINH NHIEU

*Faculty of Civil Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City
duongvinhnhie@iuh.edu.vn*

Abstract. This research focuses on the utilization of natural rubber latex (NRL) to improve the strengths of cement-stabilized recycled concrete aggregate (RCA). The cement content of 3%, 5% and 7% were added with RCA based on the mass of RCA. Natural rubber latex is a natural polymer, was added to the mixture following 0%, 5%, 10% and 15% mass of cement. The unconfined compressive strength (UCS) and indirect tensile strength (ITS) of the samples were determined after 7 days and 28 days. The experimental results showed that the unconfined compressive strength and indirect tensile strength of the samples depend on the cement content, the ratio of NRL/X and the curing time. The sample achieved the highest UCS and ITS value at the optimum NRL/X ratio; the optimum NRL/X ratio of 3% cement was 10%, and for 5% and 7% cement contents were 5% NRL/X. When the NRL/X ratio exceeds the optimum value, the strength of the sample decreases, but all samples still meet the compressive strength requirements for pavement base layer.

Keywords. Natural rubber latex, cement, recycled concrete aggregate, strength, pavement.

Ngày gửi bài: 06/06/2023

Ngày chấp nhận đăng: 04/10/2023