



Tạp chí điện tử
Khoa học và Công nghệ Giao thông
Trang website: <https://jstt.vn/index.php/vn>



Article info

Type of article:

Original research paper

DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2024.vn.4.4.1-9>

***Corresponding author:**

Email address:

trangnt@utt.edu.vn

Received: 04/09/2024

Revised: 20/10/2024

Accepted: 23/10/2024

Design of Cold in-place recycling (CIR) mixture composition using cement on Ho Chi Minh road, Thanh Hoa province

Nguyen Thu Trang

Faculty of Civil Engineering, University of Transport Technology, Vietnam

Abstract: Cold in-place recycling is a technology for upgrading and restoring pavements that has been applied in many countries around the world. Depending on the condition of the road surface being exploited, the application of cold in-situ recycling technology will be applied differently to handle the damage. Therefore, the application of cold in-situ recycling technology at each construction site needs to be designed and piloted before mass construction. The article presents the results of designing a cold in-place recycling mixture using cement on the Ho Chi Minh route through Thanh Hoa province. The optimal cement content selected is 4%.

Keywords: Cold In-place Recycle – CIR, cement, asphalt pavement



Thông tin bài viết
Dạng bài viết:
Bài báo nghiên cứu

DOI:
<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2024.vn.4.4.1-9>

Tác giả liên hệ:
Địa chỉ Email:
trangnt@utt.edu.vn

Ngày nộp bài: 04/09/2024
Ngày nộp bài sửa: 20/10/2024
Ngày chấp nhận: 23/10/2024

Nghiên cứu thiết kế thành phần hỗn hợp tái chế nguội tại chỗ sử dụng xi măng trên tuyến đường Hồ Chí Minh, tỉnh Thanh Hóa

Nguyễn Thu Trang

Bộ môn Đường bộ, Khoa Công trình, Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, Việt Nam

Tóm tắt: Tái chế nguội tại chỗ là một công nghệ nâng cấp và phục hồi mặt đường đã được ứng dụng ở nhiều nước trên thế giới. Tùy theo tình trạng mặt đường đang khai thác việc áp dụng công nghệ tái chế nguội tại chỗ sẽ được ứng dụng khác nhau để xử lý những hư hỏng. Vì vậy áp dụng công nghệ tái chế nguội tại chỗ tại từng vị trí công trình cần phải thiết kế, thi công thí điểm trước khi thi công đại trà. Bài báo trình bày kết quả thiết kế hỗn hợp tái chế nguội tại chỗ sử dụng xi măng trên tuyến đường Hồ Chí Minh qua tỉnh Thanh Hóa. Hàm lượng xi măng tối ưu đã được lựa chọn là 4%.

Từ khóa: Tái chế nguội tại chỗ, xi măng, mặt đường bê tông nhựa.

1. Giới thiệu

Công nghệ tái chế nguội tại chỗ (Cold in-place recycling technology – CIR technology) được công nhận, áp dụng rộng rãi trên thế giới là một công nghệ tiết kiệm chi phí để phục hồi mặt đường bị hư hỏng và hướng tới mục tiêu “phát thải ròng bằng 0 – Net Zero”. Công nghệ này sử dụng một máy chuyên dụng được trang bị trống nghiền để cào bóc và nghiền nhỏ mặt đường cũ tới một chiều sâu nhất định. Sau đó, hỗn hợp RAP sẽ được bổ sung thêm cốt liệu mới (nếu cần). Khi quá trình nghiền diễn ra, nước từ xe bồn đi phía trước máy tái chế được phun vào buồng trộn qua ống dẫn. Lượng nước được đo chính xác bằng hệ thống bơm điều khiển được trộn đều với vật liệu đã nghiền để được hỗn hợp tái chế có độ ẩm đảm bảo tối ưu. Cuối cùng, sử dụng máy san tạo phẳng và lu lèn hình thành lên lớp tái chế nguội tại chỗ [1]. CIR hiện là một công nghệ nâng cấp và phục hồi mặt đường đã được ứng dụng ở nhiều nước như Mỹ, Canada, các nước Châu Âu, Trung Quốc, Nhật Bản... và đạt được những hiệu quả đáng kể về cả

kinh tế, kỹ thuật, môi trường [2,4,5,6,7,8,9,10,11]. Công nghệ CIR được ứng dụng để bảo trì những con đường cấp thấp đến những đường cao tốc có mật độ giao thông đông đúc. CIR sở hữu những ưu điểm vượt trội về hiệu quả môi trường, công nghệ thi công và an toàn, kỹ thuật, kinh tế. Công nghệ CIR, so với thi công lớp bê tông nhựa truyền thống, có thể tiết kiệm tổng mức tiêu thụ năng lượng 62% và giảm lượng khí thải 52%, 61% và 54% về khí nhà kính, sulfur dioxide và oxit nitric/nitơ đioxit tương ứng [3]. Hơn nữa, bằng cách tái chế sẽ ít tiêu thụ nguyên liệu thô, nhiên liệu hóa thạch và có thể tiết kiệm được không gian chôn lấp những vật liệu mặt đường cũ sau khi cào bóc không được sử dụng lại.

Phương pháp tái chế nguội có những ưu điểm vượt trội tuy nhiên vẫn tồn tại một số nhược điểm như tất cả các vật liệu tái chế mặt đường bê tông nhựa (RAP) có thể được tái sử dụng trong hỗn hợp trộn mới bất kể kết quả chất lượng không tốt, đã mất đi một số tính chất cơ học và độ bền, khó kiểm soát chất lượng công trình, cần thời gian

bảo dưỡng và lớp phủ bảo vệ sau khi thi công xong [10].

Hiện nay, tại Việt Nam, ngân sách dành cho công tác bảo trì cơ sở hạ tầng giao thông chỉ đáp ứng khoảng 30 - 40% so với nhu cầu thực tế. Kết quả là có nhiều tuyến đường sau 7 - 10 năm sử dụng (có những tuyến đường thậm chí hư hỏng sớm hơn) đã nhanh chóng xuống cấp, xuất hiện nhiều vết nứt và hư hỏng nghiêm trọng. Việc sử dụng các biện pháp sửa chữa thông thường như láng nhựa hay phủ thảm không mang lại hiệu quả bền vững, sau một thời gian ngắn tình trạng hư hỏng tái phát và có xu hướng nặng nề hơn, gây lãng phí ngân sách [12].

Để giải quyết tình trạng này, trong những năm qua, ngành Giao thông vận tải đã tích cực nghiên cứu và áp dụng nhiều công nghệ tiên tiến từ nước ngoài, trong đó nổi bật là công nghệ tái chế nguội tại chỗ kết cấu mặt đường. Mục tiêu của công nghệ này là cải thiện hiệu quả kinh tế - kỹ thuật và bảo vệ môi trường trong quá trình thi công, nâng cấp đường bộ tại Việt Nam. Một trong những lợi ích thiết thực của công nghệ tái chế nguội tại chỗ là khả năng giảm thiểu 60% đoạn đường đang tồn đọng cần bảo trì. Kết quả đã được chứng minh, nếu quá trình thi công được thực hiện đúng tiêu chuẩn, mặt đường tái chế nguội tại chỗ có thể đạt được tuổi thọ từ 15 đến 20 năm, góp phần nâng cao chất lượng hạ tầng giao thông [12].

Tại tỉnh Thanh Hóa, đường Hồ Chí Minh là tuyến đường chiến lược phục vụ phát triển kinh tế và an ninh Quốc phòng của Quốc gia, nối liền các khu kinh tế tỉnh Thanh Hóa với Hòa Bình và Nghệ An, có lưu lượng xe lớn và nhiều xe tải nặng vận chuyển hàng hoá lưu thông. Hiện tại trên đoạn tuyến này nhiều vị trí mặt đường bị xuống cấp và hư hỏng trên diện tích lớn, đặc biệt nhiều vị trí mặt đường bị dồn lún vệt bánh xe, rạn nứt mai rùa với mật độ dày đặc, liên tục gây mất an toàn giao thông cho người và phương tiện lưu thông trên đoạn tuyến. Vì vậy, việc đầu tư sửa chữa đoạn tuyến trên là hết sức cần thiết bảo đảm an toàn giao thông cho các phương tiện qua lại.

Tại Việt Nam 3 công nghệ cào bóc và tái chế nguội tại chỗ đã được nghiên cứu trong phòng, thí công thí điểm và từng bước được triển khai ở các vùng miền khác nhau trên cả nước như Công nghệ tái chế nguội sử dụng nhũ tương cải tiến của Hall Brothers (Mỹ); Tái chế nguội, sử dụng chất kết dính là bi tum bột + xi măng theo công nghệ của hãng Wirtgen (Đức). Công nghệ cào bóc, tái chế nguội của hãng SaKai (Nhật Bản). Tuy nhiên tùy theo tình trạng hư hỏng của mặt đường đang khai thác việc áp dụng công nghệ CIR sẽ được triển khai khác nhau và áp dụng công nghệ CIR có sự khác biệt về lãnh thổ, vị trí công trình và lưu lượng giao thông. Áp dụng công nghệ CIR tại từng vị trí công trình cần phải thiết kế, thi công thí điểm trước khi thi công đại trà. Bên cạnh đó, tại Việt Nam xi măng là vật liệu sẵn có, chi phí thấp, công nghệ CIR sử dụng xi măng thi công đơn giản. Vì vậy, bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế thành phần của hỗn hợp tái chế nguội tại chỗ bằng xi măng để sửa chữa mặt đường trên đoạn tuyến Km525+00 - Km531+00 thuộc đường Hồ Chí Minh thuộc địa phận tỉnh Thanh Hóa.

2. Mục đích thiết kế hỗn hợp CIR sử dụng xi măng

Mục đích thiết kế hỗn hợp CIR sử dụng xi măng nhằm xác định thành phần cấp phối của hỗn hợp vật liệu mặt đường cũ và hàm lượng xi măng cần thiết để hỗn hợp CIR đáp ứng các chỉ tiêu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 13150-1:2020.

3. Trình tự thiết kế thành phần hỗn hợp CIR sử dụng xi măng

Trình tự thiết kế hỗn hợp CIR sử dụng xi măng tuân thủ theo phụ lục A của tiêu chuẩn TCVN 13150-1:2020.

Bước 1: Tiến hành thu thập dữ liệu tình trạng mặt đường cũ để phục vụ cho công tác thiết kế hỗn hợp tái chế cùng với việc thiết kế kết cấu mặt đường.

Hiện tại trên đoạn tuyến nhiều vị trí mặt đường bị xuống cấp và hư hỏng trên diện tích lớn, đặc biệt nhiều vị trí mặt đường bị dồn lún vệt bánh xe, rạn nứt mai rùa với mật độ dày đặc, liên tục

Qua kết quả các lỗ khoan, hố đào kiểm tra thực tế tại hiện trường cho thấy chiều dày kết cấu áo đường trên đoạn tuyến có kết cấu chủ yếu như sau:

- + Lớp bê tông nhựa dày 7cm.
- + Lớp cấp phối đá dăm dày 36cm.

Bước 2: Lấy mẫu tại hiện trường

- Các lớp bê tông nhựa: Thực hiện khoan mẫu, sau đó đo chiều dày của các lớp bê tông nhựa và mang mẫu về phòng thí nghiệm chuẩn bị cho việc thiết kế hỗn hợp tái chế. Mẫu thí nghiệm được xác định khối lượng thể tích theo tiêu chuẩn TCVN 8860-5 và hàm lượng nhựa theo TCVN 8860-2:2011.

- Các lớp móng cấp phối đá dăm: Thực hiện đào hố và đo độ dày lớp móng; tại hiện trường, khối lượng thể tích của vật liệu được xác định theo phương pháp phễu rót cát (AASHTO T191); sau đó mẫu được mang về phòng thí nghiệm chuẩn bị cho việc thiết kế hỗn hợp tái chế.

Bước 3: Thiết kế hỗn hợp cốt liệu tái chế nguội tại chỗ

Bước 4: Lựa chọn hàm lượng xi măng tối ưu

Xi măng sử dụng trong công nghệ CIR là xi măng PC40. Xi măng được kiểm tra đảm bảo tuân thủ các quy định của tiêu chuẩn Việt Nam ISO 6260:2009. Xi măng có thời gian thủy hóa tối thiểu là 120 phút

Xi măng tăng cường cường độ chịu kéo và chịu nén cho hỗn hợp tái chế [11]. Xác định hàm

lượng xi măng tối ưu dựa vào thiết kế hỗn hợp thích hợp để đạt được hiệu quả sử dụng tốt nhất.

Để xác định hàm lượng xi măng tối ưu cho hỗn hợp tái chế lựa chọn 3 hàm lượng xi măng 3,5%; 4%; 4,5% khối lượng của hỗn hợp. Mỗi một tỉ lệ xi măng tiến hành các bước sau:

- Thí nghiệm Proctor xác định độ ẩm tối ưu: Xác định độ ẩm và khối lượng thể tích khô của từng mẫu thí nghiệm từ đó vẽ biểu đồ quan hệ giữa độ ẩm và khối lượng thể tích khô, xác định độ ẩm tốt nhất và khối lượng thể tích khô lớn nhất

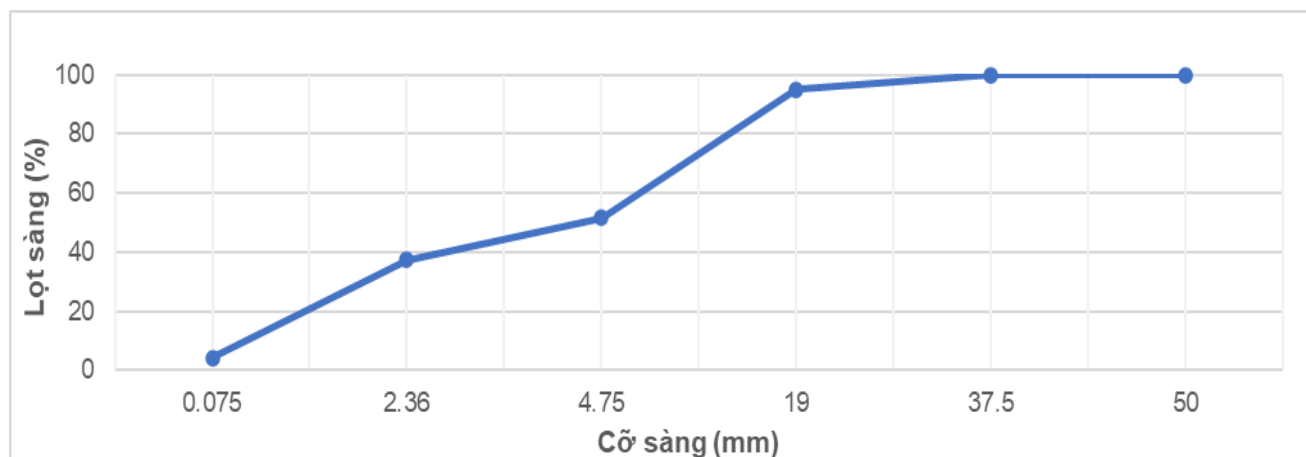
- Tạo mẫu thí nghiệm xác định cường độ chịu nén. Trên cơ sở kết quả thí nghiệm tương ứng với từng hàm lượng xi măng vẽ biểu đồ quan hệ giữa cường độ chịu nén và hàm lượng xi măng từ đó hàm lượng xi măng phù hợp được xác định để hỗn hợp tái chế có các chỉ tiêu kỹ thuật đáp ứng tiêu chuẩn TCVN 13150-1:2020.

4. Kết quả thành phần hỗn hợp tái chế nguội tại chỗ sử dụng xi măng

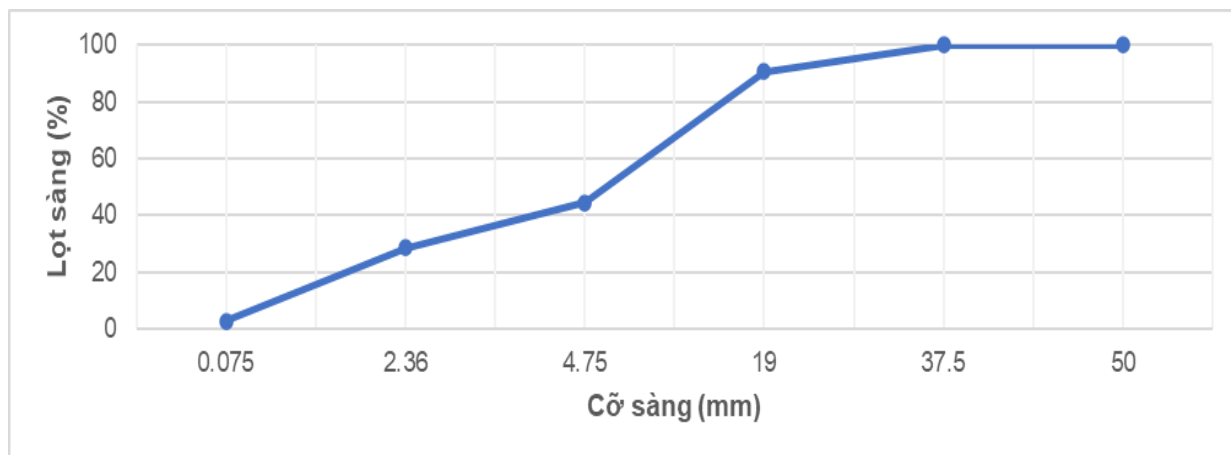
4.1. Kết quả thiết kế hỗn hợp cốt liệu RAP

Theo phân loại hỗn hợp tái chế của tiêu chuẩn TCVN 13150-1:2020 hỗn hợp tái chế thuộc loại A-II. Vật liệu lớp mặt bê tông nhựa cũ và móng cấp phối đá dăm lấy tại hiện trường được mang về phòng thí nghiệm xác định thành phần hạt. Kết quả thí nghiệm thành phần hạt của vật liệu lớp mặt, móng đường cũ được thể hiện Hình 1 và Hình 2.

Kết quả thiết kế hỗn hợp cốt liệu được thể hiện trong Bảng 1 và Hình 3.



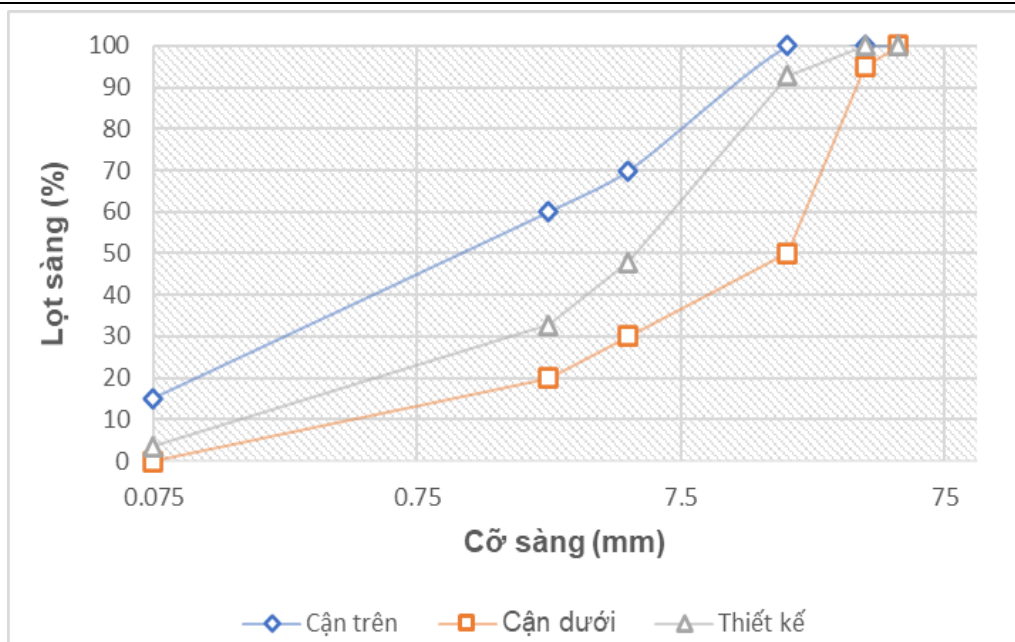
Hình 1. Thành phần hạt của cốt liệu lớp mặt đường bê tông nhựa cũ



Hình 2. Thành phần hạt của cốt liệu lớp móng cấp phối đá dăm

Bảng 1. Kết quả thiết kế hỗn hợp cốt liệu RAP

Loại vật liệu	Tỉ lệ phối trộn (%)	Cỡ sàng (mm)					
		50	37,5	19	4,75	2,36	0,075
BTN	47	47,00	47,00	44,70	24,25	17,58	1,93
Móng CPDD	53	53,00	53,00	48,07	23,64	15,21	1,54
Cấp phối Hỗn hợp (%)	100	100,00	100,00	92,77	47,89	32,79	3,46
Yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 13150-1:2020		100	95 - 100	50 - 100	30 - 70	20 - 60	0 - 15



Hình 3. Đường cong cấp phối của hỗn hợp sau khi phối trộn

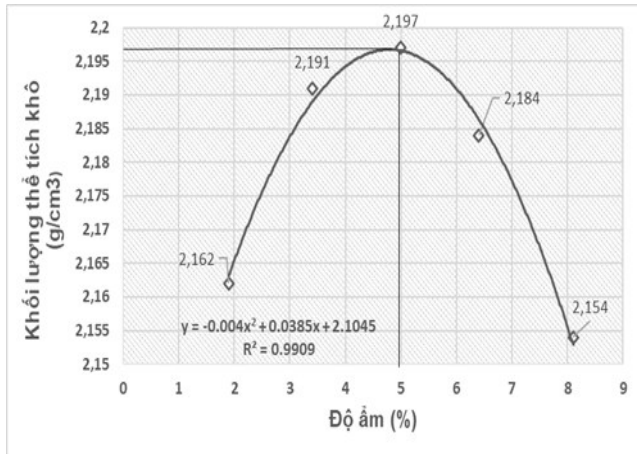
4.2. Kết quả lựa chọn hàm lượng xi măng tối ưu

4.2.1. Kết quả thí nghiệm Proctor xác định độ ẩm tối ưu

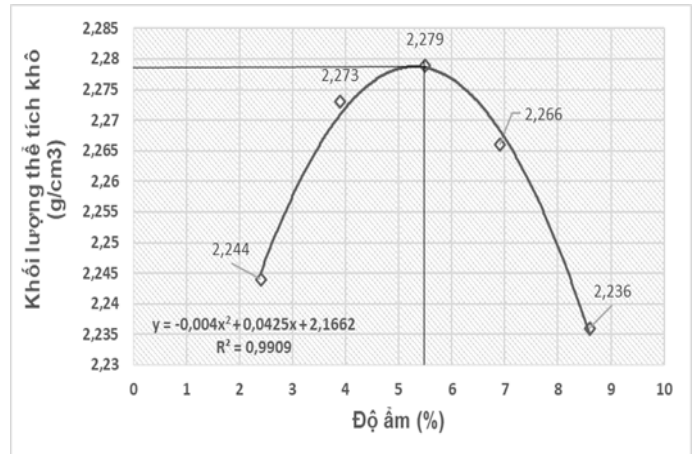
Kết quả thí nghiệm Proctor xác định độ ẩm tối ưu của từng hỗn hợp tái chế nguội tại chỗ được thể hiện Hình 4a, 4b, 4c tương ứng với hàm lượng

xi măng sử dụng trong hỗn hợp là 3,5%; 4%; 4,5%.

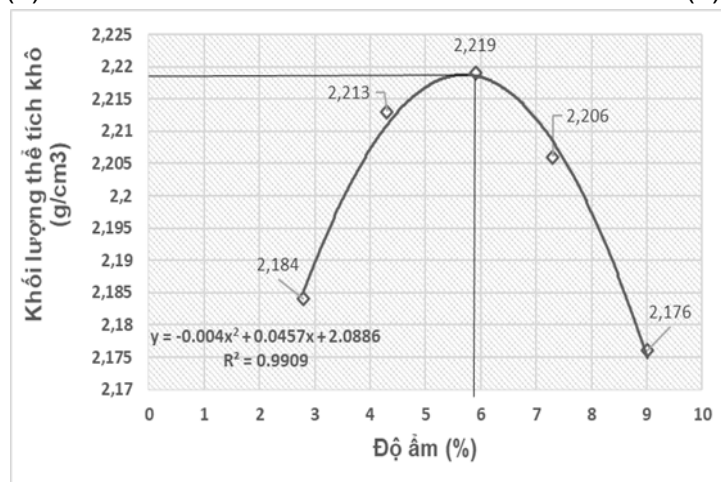
Từ biểu đồ quan hệ giữa độ ẩm và khối lượng thể tích khô tương ứng với từng hàm lượng xi măng sử dụng trong hỗn hợp tái chế nguội ta xác định được độ ẩm tối ưu cho từng hỗn hợp chi tiết trong Bảng 2.



(a)



(b)



(c)

Hình 4. Biểu đồ quan hệ giữa độ ẩm và khối lượng thể tích khô**Bảng 2.** Kết quả thí nghiệm đầm nén Proctor lựa chọn độ ẩm tối ưu

STT	Hàm lượng xi măng (%)	Khối lượng thể tích khô lớn nhất γ_k (g/cm³)	Độ ẩm tối ưu W_0 (%)
1	3,5%	2,197	5
2	4%	2,279	5,5
3	4,5%	2,219	5,9

4.2.2. Kết quả lựa chọn hàm lượng xi măng tối ưu

Sau khi lựa chọn được độ ẩm tối ưu của hỗn hợp tương ứng với từng hàm lượng xi măng tiến hành tạo mẫu xác định cường độ chịu nén một trục và cường độ chịu kéo khi ép chế để lựa chọn hàm lượng xi măng tối ưu. Cường độ chịu kéo khi ép chế quy định tại TCVN 8862:2011. Cường độ chịu nén một trục và cường độ chịu kéo khi ép chế tương ứng với một tỷ lệ xi măng là trị số trung bình của 3 mẫu thí nghiệm.

Cường độ chịu nén một trục được tính toán theo công thức:

$$R_n = \frac{10 \times P}{A}$$

Trong đó:

R_n : Cường độ nén dọc trục, MPa;

P : Tải trọng lớn nhất trong thí nghiệm, kN;

A : Diện tích mặt cắt mẫu thí nghiệm, cm².

Cường độ chịu kéo khi ép chế được tính toán theo công thức:

$$R_{kc} = \frac{2P}{\pi.H.D}$$

Trong đó:

R_{kc} : Cường độ kéo khi ép chế, MPa.

P - Tải trọng khi phá hủy mẫu hình trụ, N

H - Chiều cao của mẫu hình trụ (chiều dài đường sinh), mm

D - Đường kính đáy mẫu hình trụ, mm

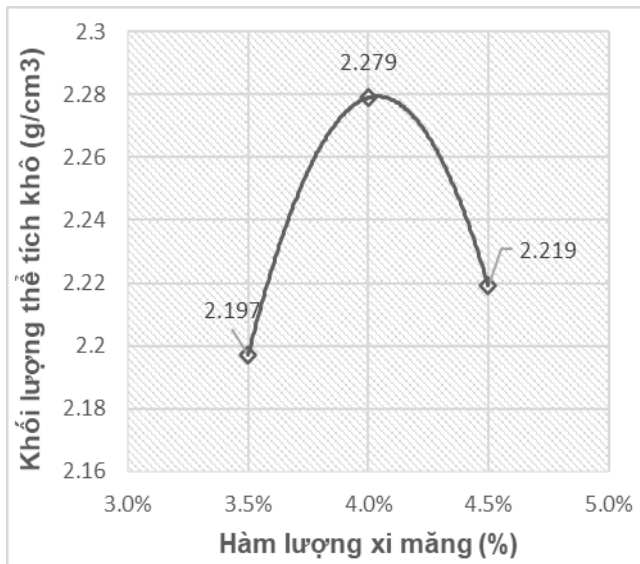
P - 3,1416

Kết quả thí nghiệm khối lượng thể tích khô lớn nhất, Cường độ chịu nén một trục và cường độ chịu kéo khi ép chế theo hàm lượng xi măng được thể hiện trong hình 5a, 5b, 5c.

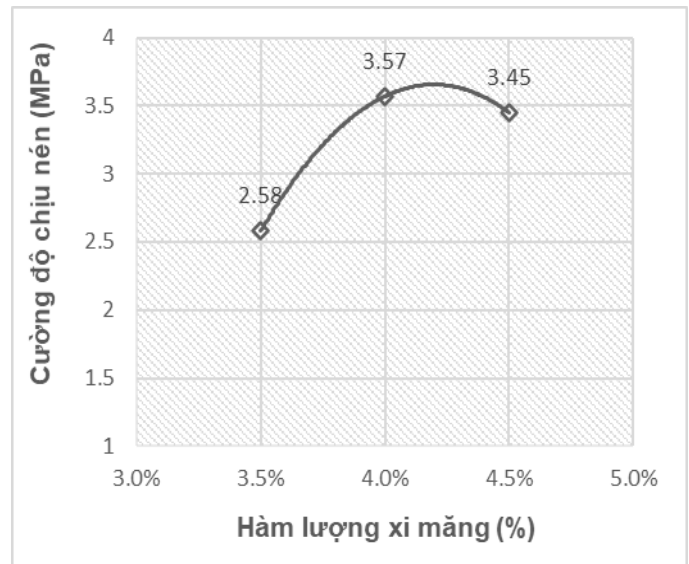
Kết quả thí nghiệm cho thấy khi hàm lượng xi măng tăng từ 3,5% - 4% cường độ chịu nén một

trục và cường độ chịu kéo khi ép chế đều tăng đáng kể lần lượt là 38,37% và 35,06%. Tuy nhiên khi tăng hàm lượng xi măng từ 4% đến 4,5% Cường độ chịu nén một trục có xu hướng giảm và cường độ chịu kéo khi ép chế tăng không đáng kể (hình 5b,c).

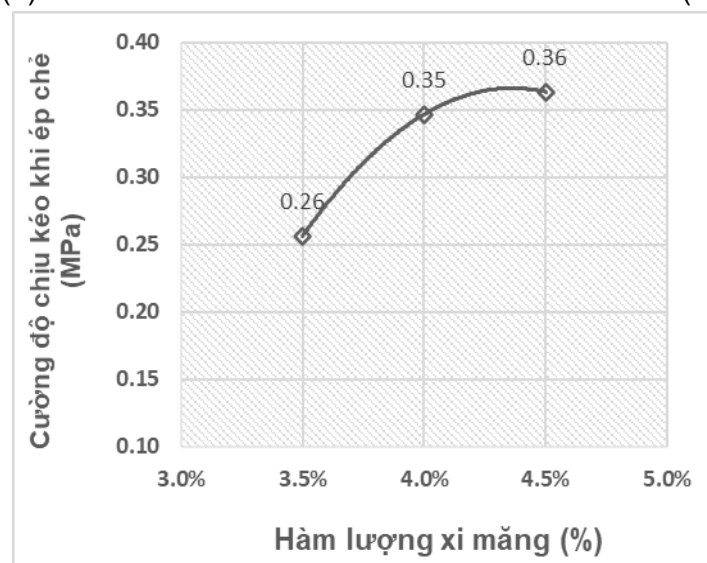
Từ kết quả thí nghiệm cho thấy cường độ chịu nén một trục và cường độ chịu kéo khi ép chế tương ứng với 3 hàm lượng xi măng đều đáp ứng với quy định tại TCVN 13150-1:2020 (Bảng 3), từ đó hàm lượng xi măng tối ưu được xác định để hỗn hợp có chỉ tiêu kỹ thuật đáp ứng yêu cầu TCVN 13150-1:2020 là 4%.



(a)



(b)



(c)

Hình 5. Biểu đồ quan hệ giữa các chỉ tiêu kỹ thuật của lớp tái chế nguội và hàm lượng xi măng

Bảng 3. Lựa chọn hàm lượng xi măng tối ưu theo các chỉ tiêu kỹ thuật

Tên chỉ tiêu	Yêu cầu kỹ thuật TCVN 13150-1:2020	Hàm lượng xi măng đáp ứng
Cường độ chịu nén (Mpa)	$\geq 2,45$	3,5% - 4,5%
Cường độ chịu kéo gián tiếp (Mpa)	$\geq 0,25$	3,5% - 4,5%
Hàm lượng xi măng lựa chọn (% theo khối lượng hỗn hợp)		4%

5. Kết luận

- Trong số các loại vật liệu gia cố được sử dụng trong công nghệ tái chế nguội tại chỗ, xi măng là lựa chọn phổ biến nhất nhờ vào ưu điểm về chi phí và tính khả dụng. Mục tiêu chính của việc sử dụng xi măng là nâng cao cường độ chịu nén của lớp tái chế. Thực tế cho thấy, cường độ cuối cùng phụ thuộc vào lượng chất gia cố được áp dụng, do đó, việc xác định hàm lượng vật liệu gia cố cần dựa trên thiết kế hỗn hợp hợp lý để đạt được hiệu quả sử dụng tối ưu.

- Hỗn hợp tái chế nguội tại chỗ mặt đường cũ trên đoạn tuyến đường Hồ Chí Minh qua tỉnh Thanh Hóa bao gồm 47% vật liệu lớp mặt đường bê tông nhựa cũ và 53% cốt liệu lớp móng cấp phối đá dăm đã được thiết kế thành phần với hàm lượng xi măng tối ưu được lựa chọn là 4%, đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 13150-1:2020.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải trong đề tài nghiên cứu khoa học trọng điểm cấp Trường mã số ĐTTĐ2023-04.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Khoa học và Công nghệ. (2020). TCVN 13150-1:2020, Lớp vật liệu tái chế nguội tại chỗ dùng cho kết cấu áo đường ô tô – thi công và nghiệm thu.
- [2] M.J. Martínez-Echevarría, M.C. Rubio, A. Menendez. (2008). The reuse of waste from road resurfacing: cold in-place recycling of bituminous pavement, an environmentally friendly alternative to conventional pavement rehabilitation methods. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 109, 459-469.
- [3] D. Chen, C.T. Jähren, H.D. Lee, R.C. Williams, S. Kim, M. Heitzman, J.J. Kim. (2010). Effects of recycled materials on long-term performance of cold in-place recycled asphalt roads. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 24(3), 275-280.
- [4] S.W. Dudley, K. Majidzadeh, K. Kaloush. (1987). The recycling of cold-mix, in-place asphalt for low-volume roads in Ohio. *Transportation Research Record*, 2(1106), 163-172.
- [5] P.S. Kandhal, W.C. Koehler. (1987). Cold recycling of asphalt pavements on low-volume roads. *Transportation Research Record*, 2(1106), 156-163.
- [6] J.J. Kim, H.D. Lee, C.T. Jähren, M. Heitzman, D. Chen. (2009). Long-term field performance of cold in-place recycled roads in Iowa. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 24(3), 265-274.
- [7] C.T. Jähren, B. Cawley, K. Bergeson. (1999). Performance of cold in-place recycled asphalt cement concrete roads. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 13(3), 128-133.
- [8] J.K. Davidson, C. Blais, J. Croteau. (2004). A Review of In-Place Cold Recycling/Reclamation in Canada. *Proceedings of Transportation Association of Canada (TAC) Annual Conference and Exhibition, Quebec, Ontario, Canada*.
- [9] M.H. Liu. (2012). Research and application prospect on cold recycling technology of asphalt pavement. *Applied Mechanics and Materials*, 204-208, 1909-1913.
- [10] Y. Niazi, M. Jalili. (2009). Effect of portland cement and lime additives on properties of cold in-place recycled mixtures with asphalt

- emulsion. *Construction and Building Materials*, 23(3), 1338-1343.
- [11] F. Xiao, S. Yao, J. Wang, X. Li, S. Amirkhanian. (2018). A literature review on cold recycling technology of asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, 180, 579-604.
- [12] Bộ Giao thông vận tải. (2014). Ứng dụng công nghệ cao bóc tái sinh nguội tại dự án sửa chữa, khôi phục mặt đường ở Việt Nam. <https://mt.gov.vn/vn/tin-tuc/32420/ung-dung-cong-nghe-cao-boc-tai-sinh-nguoi-tai-du-an-sua-chua--khoi-phuc-mat-duong-o-viet-nam-.aspx> (accessed 20 August 2024)