

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG XỈ THÉP TÁI CHẾ LÀM LỚP MÓNG ĐƯỜNG Ô TÔ

STUDY ON USING RECYCLE STEEL SLAG FOR PAVEMENT SUB-BASE ROAD

Mai Hồng Hà¹, Nguyễn Thị Thúy Hằng²

⁽¹⁾ Đại học Giao thông vận tải Tp.HCM, Việt Nam; ha.mh@ut.edu.vn;

⁽²⁾ Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM, Việt Nam

Tóm tắt: Báo cáo này trình bày vắn tắt kết quả nghiên cứu về đặc tính của xỉ thép sau khi tái chế từ sản phẩm thải của các nhà máy luyện phôi thép khu vực Bà Rịa Vũng Tàu (BRVT). Các đặc tính của xỉ thép được khảo sát là những chỉ tiêu cơ lý, yêu cầu kỹ thuật đặc trưng đối với vật liệu làm cốt liệu trong xây dựng đường ô tô hiện nay. Báo cáo cũng trình bày kết quả thử nghiệm của một đoạn đường dùng xỉ thép thay thế cấp phối đá dăm để làm lớp móng đường tại tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu. Ngoài ra, nghiên cứu bước đầu đưa ra những khuyến cáo, tồn tại và biện pháp cải thiện một số chỉ tiêu kỹ thuật của xỉ thép nhằm nâng cao hiệu quả khi sử dụng làm móng đường ô tô.

Từ khóa: Xỉ thép; tái chế; chỉ tiêu cơ lý; thành phần hóa học.

Chỉ số phân loại: 2.3

Abstract: This article show the results of properties of recycling steel slag from steel manuefactory in Ba Ria Vung Tau province. These are physical and mechanical properties, specification of materials for road construction and field experiments on subbase road using steel slag in Ba Ria Vung Tau. Moreover, the research also offer some methods how to improve steel slag properties and increase quality of pavement sub-base using steel slag.

Keywords: Steel slag, recycle, properties, chemical composition.

Classification number: 2.3

1. Giới thiệu

Xỉ thép được hình thành như là một sản phẩm phụ của quá trình sản xuất thép trong lò điện hồ quang, chiếm khoảng 10% sản lượng thép [1]. Việc nghiên cứu để tận dụng xỉ thép [2]–[5] làm vật liệu xây dựng có ý nghĩa hơn nữa là góp phần tích cực vào việc xử lý rác thải rắn của ngành công nghiệp sản xuất thép, giảm diện tích bãi chứa xỉ, giảm thiểu lượng bụi phát sinh, giảm nguy cơ gây ô nhiễm môi trường. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả mong muốn cung cấp các thông tin về đặc tính của xỉ thép khi được sử dụng làm lớp móng đường ô tô.

2. Các đặc tính của xỉ thép sau khi tái chế từ sản phẩm thải của các nhà máy luyện phôi thép khu vực BRVT

2.1. Nguồn gốc của các mẫu xỉ thép trong nghiên cứu

Mẫu xỉ thép sau khi tái chế được lấy tại nhà máy sản xuất vật liệu xây dựng của Công ty TNHH Vật Liệu Xanh (huyện Tân Thành, tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu) (Hình 1). Đây là nhà máy tái chế xỉ thép có nguồn lấy từ các nhà

máy luyện phôi thép ở khu công nghiệp Phú Mỹ như các nhà máy thép Miền Nam, Pomina 2, Pomina 3, Đồng Tiến, Phú Mỹ, Fuco ...



Hình 1. Lấy mẫu tại Công ty TNHH Vật Liệu Xanh.

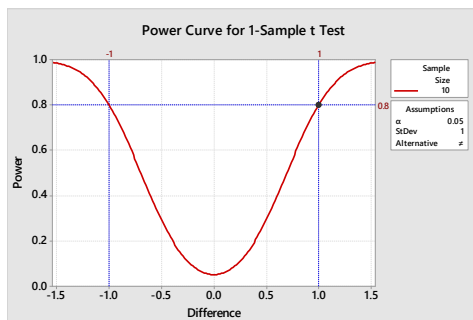
2.2. Các chỉ tiêu cơ lý của xỉ thép

Trong nghiên cứu đã tiến hành thí nghiệm xác định các chỉ tiêu cơ lý như khối lượng riêng; khối lượng thể tích ở trạng thái khô; khối lượng thể tích ở trạng bão hòa; độ hút nước; khối lượng thể tích xốp; độ rỗng giữa các hạt; hàm lượng bụi, bùn, sét; độ hao mòn khi va đập Los Angele; hàm lượng thoi dẹt; khối lượng thể tích khô khi đầm nén tiêu chuẩn; độ ẩm tối ưu khi đầm nén tiêu chuẩn; độ trương nở thể tích; sức chịu tải CBR trong phòng; mô đun đàn hồi vật liệu; phân tích

thành phần hạt. Thành phần hóa học của xỉ thép được phân tích đánh giá qua các chỉ tiêu như hàm lượng Silic Ôxít (SiO_2); hàm lượng Nhôm Ôxít (Al_2O_3); hàm lượng Sắt III Ôxít (Fe_2O_3); hàm lượng Canxi Ôxít (CaO); hàm lượng Magie Ôxít (MgO); hàm lượng Sunphat, Sunphit.

2.3. Phân tích, đánh giá, nhận xét các kết quả thí nghiệm

Nghiên cứu thực hiện với số mẫu trong một tổ mẫu chọn là 10, kết quả thí nghiệm được đánh giá độ chụm theo các tiêu chuẩn tương ứng. Sử dụng phần mềm thống kê Minitab 18 đánh giá lại số mẫu với tiêu chuẩn t-test, power=0.80 (hệ số β tính toán bằng $1 - 0.80 = 0.20$) và mức ý nghĩa $\alpha = 0.05$ như hình 2.



Hình 2. Phân tích lựa chọn số mẫu cho 1 tổ mẫu.

Loại bỏ số liệu ngoại lai và đánh giá độ chụm: Độ chụm là mức độ gần nhau giữa các kết quả thử nghiệm độc lập nhận được trong điều kiện quy định. Độ chụm thể hiện chất lượng công tác thí nghiệm, đảm bảo cơ sở khoa học để phân tích đưa ra những kết luận và kiến nghị của đề tài nghiên cứu.

Sau khi có kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý, đánh giá loại bỏ số liệu ngoại lai (outlier) theo ASTM E178-2015, đánh giá độ chụm theo ASTM C670-2015 với giới hạn chấp nhận được quy định của các tiêu chuẩn thí nghiệm tương ứng. Tiêu chuẩn Grubbs được sử dụng để đánh giá, loại bỏ số liệu ngoại lai của các kết quả thí nghiệm. Đối với mỗi tiêu chuẩn thí nghiệm đều quy định độ chụm tương ứng. Các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành chưa có chuẩn đánh giá độ chụm nên sử dụng các

tiêu chuẩn AASHTO và ASTM. Nghiên cứu đã tiến hành đánh giá độ chụm cho tất cả các kết quả thí nghiệm.

Các kết quả thí nghiệm đều đảm bảo không có ngoại lai (sai số thô) và đảm bảo độ chụm để phân tích thống kê.

Thiết kế thực nghiệm và đánh giá kết quả

Thiết kế thực nghiệm DoE (Design of Experiments) và phân tích thống kê với phần mềm Minitab 18 ở độ tin cậy 95%, mức ý nghĩa $\alpha = 5\%$. Số mẫu thí nghiệm 10 mẫu/tổ mẫu đảm bảo phát hiện sai khác trong phạm vi $\pm 1\sigma$. Thiết kế thí nghiệm tổng quát (General full factorial design). Phân tích phương sai ANOVA và phân tích hậu định phát hiện sai khác theo chuẩn Tukey.

Phân tích thống kê kết quả thí nghiệm

Trong nghiên cứu đã sử dụng phần mềm Minitab18 phân tích kết quả thí nghiệm theo trình tự:

- Xác định sự phù hợp dạng phân bố chuẩn;
- Xác định mức ý nghĩa 95%CI.
- Xác định giá trị đặc trưng bằng công thức $X_{dt} = X_{tb} \pm K.S$. Với X_{dt} là giá trị đặc trưng, X_{tb} là giá trị trung bình; S là độ lệch chuẩn; và K là hệ số bằng 1.645 với độ tin cậy 95%. Tùy từng trường hợp cụ thể mà lấy dấu “+” hoặc dấu “-” để đảm bảo an toàn.

Nhận xét kết quả thiết kế thực nghiệm trong nghiên cứu

Thiết kế thực nghiệm rõ ràng, chi tiết đảm bảo đánh giá thống kê. Kết quả thí nghiệm được đánh giá đảm bảo độ chụm, không có giá trị ngoại lai.

2.4. Các đặc tính của xỉ thép sau khi tái chế

Qua kết quả nghiên cứu, xỉ thép tái chế từ sản phẩm thải tại các nhà máy luyện phôi thép ở khu vực BRVT, có các đặc điểm được tổng hợp theo bảng 1 và bảng 2:

Bảng 1. Tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý của xi thép.

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị tính	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	3.552	0.0913
2	Khối lượng thể tích ở trạng thái khô	g/cm ³	3.285	0.0771
3	Khối lượng thể tích ở trạng bão hòa	g/cm ³	3.361	0.0771
4	Độ hút nước	%	2.275	0.3561
5	Khối lượng thể tích xốp	Kg/m ³	1858.3	56.4
6	Độ rỗng giữa các hạt	%	48.28	2.42
7	Hàm lượng bụi, bùn, sét	%	0.953	0.443
8	Độ hao mòn khi va đập Los Angeles	%	21.36	0.971
9	Hàm lượng thoi dẹt	%	1.00	0.45
10	KLTT khô khi ĐNTC	g/cm ³	2.458	0.038
11	Độ ẩm tối ưu khi ĐNTC	%	3.474	0.204
12	Độ trương nở thể tích	%	0	-
13	Sức chịu tải CBR trong phòng	%	96.96	10.824
14	Mô đun đàn hồi của vật liệu	MPa	248.2	30.24

Bảng 2. Tổng hợp thành phần hóa học của xi thép.

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị tính	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
1	Hàm lượng Silic Ôxít (SiO ₂)	%	16.416	1.824
2	Hàm lượng Nhôm Ôxít (Al ₂ O ₃)	%	7.56	0.80
3	Hàm lượng Sắt III Ôxít (Fe ₂ O ₃)	%	35.46	1.30
4	Hàm lượng Can xi Ôxít (CaO)	%	25.21	2.152
5	Hàm lượng Magie Ôxít (MgO)	%	6.692	2.76
6	Hàm lượng sunphat, sunphit	%	0.104	0.017

2.5. Nhận xét về các đặc tính của xi thép sau khi tái chế

- Xi thép có các chỉ tiêu về khối lượng nặng hơn rất nhiều so với đá của khu vực Đông Nam Bộ, cụ thể khối lượng riêng của xi thép khoảng 3.55 g/cm³, khối lượng thể tích xốp của xi thép khoảng 1858 kg/m³ [6];

- Độ hút nước của xi thép lớn hơn so với đá;

- Nếu tham chiếu theo tiêu chuẩn TCVN 8859-2011 “Lớp móng cấp phối đá dăm trong kết cấu áo đường ô tô – vật liệu, thi công và nghiệm” [7] thì các chỉ tiêu của xi thép đáp ứng yêu cầu kỹ thuật tương đương cấp phối đá dăm loại 2;

- Do đặc tính của xi thải và công nghệ tái chế xi thép ở khu vực BRVT hiện tại, cấp phối xi thép thiếu hàm lượng hạt nhỏ (<0.425mm)

nên khi thi công lu lèn khó đạt độ chặt hơn đá dăm;

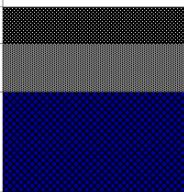
- Về đặc tính hóa học: Nếu tính tỷ số Mo theo GS.TS. Dương Học Hải [8] là tỷ số giữa tổng lượng CaO và MgO so với tổng lượng SiO₂ và Al₂O₃ có trong xi, có được Mo = 1,33, nên có thể nhận định xi thép ở đây có tính kiềm, có hoạt tính.

3. Kết quả thử nghiệm của đoạn đường dùng xi thép làm lớp móng

3.1. Các thông tin chung về đoạn thử nghiệm

Đoạn đường thử nghiệm từ Km1+450 đến Km1+510 trên Quốc lộ 55 thuộc tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu. Đây là đoạn đường đi qua khu vực trung tâm hành chính tỉnh BRVT. Quy mô mặt cắt ngang đường gồm sáu làn xe, mỗi bên có hai làn xe ô tô và một làn xe máy, giải phân cách ở giữa rộng 2 – 3m.

Kết cấu áo đường được thiết kế từ trên xuống dưới theo trình tự là lớp BTN hạt mịn dày 4cm; BTN hạt thô dày 6cm; cấp phối đá dăm dày trung bình 30cm; nền đất đắp bằng cấp phối sỏi đỏ (Hình 3).

Loại vật liệu	Chiều dày (cm)	Kết cấu áo đường
BTN mịn	4	
BTN thô	6	
CPĐĐ	30	
CPSĐ		Eo

Hình 3. Kết cấu áo đường QL55, trước khi thử nghiệm.

Sau một thời gian đưa vào khai thác, đến năm 2014 thì mặt đường tại đây bị hư hỏng, xuất hiện nhiều ổ gà (Hình 4).



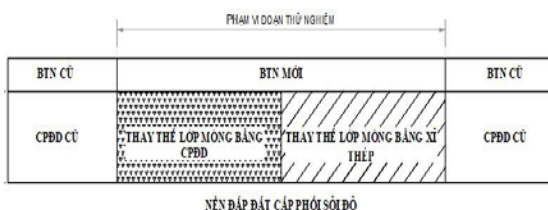
Hình 4. Mặt đường QL 55 bị hư hỏng trước khi bóc bỏ để thử nghiệm.

Trình tự thi công đoạn thử nghiệm:

- Cào bóc bỏ toàn bộ kết cấu áo đường cũ (gồm BTN hạt mịn; BTN hạt thô; cấp phối đá dăm) trên phạm vi chiều rộng 6m và dài 60m đến nền cấp phối sỏi đỏ;

- Thi công tạo mui luyện, hoàn thiện lại nền cấp phối sỏi đỏ theo cao độ thiết kế cũ và tiến hành các thí nghiệm để nghiệm thu theo yêu cầu quy định;

- Chia đoạn đường dài 60m thành hai đoạn bằng nhau (Hình 5): Một đoạn có lớp móng làm bằng CPĐĐ loại 1 (dày 33cm), đoạn còn lại có lớp móng bằng xỉ thép (dày 33cm). Hai đoạn này được thi công, nghiệm thu hoàn toàn giống nhau và tuân thủ theo tiêu chuẩn TCVN 8859-2011.



Hình 5. Sơ họa trực đọc kết cấu áo đường đoạn thử nghiệm.

- Sau đó thăm lại lớp mặt đường bằng BTN đạt cao độ của mặt đường cũ (Hình 6).



Hình 6. Thi công đoạn đường thử nghiệm.

3.2. Kết quả thí nghiệm đánh giá chất lượng đoạn thử nghiệm sau khi thi công, năm 2014

3.2.1. Các nội dung kiểm tra:

Kiểm tra mô đun đàn hồi trên các lớp kết cấu (Hình 7):

- Nền đất CPSĐ sau khi cào bóc các lớp kết cấu bên trên;

- Móng đường đoạn thay thế bằng CPĐĐ loại 1;

- Móng đường đoạn thay thế bằng vật liệu xỉ thép;

- Mặt đường BTN mới thăm lại trên lớp móng được thay thế bằng CPĐĐ loại 1;

- Mặt đường BTN mới thăm lại trên phạm vi lớp móng được thay thế bằng xỉ thép;

- Mặt đường BTN hiện tại xung quanh phạm vi đoạn thử nghiệm.

Kiểm tra độ chặt của các lớp móng:

- Lớp móng được thay thế bằng CPĐĐ loại 1;

- Lớp móng được thay thế bằng Xi thép;

Kiểm tra độ bằng phẳng:

- Lớp móng được thay thế bằng CPĐĐ loại 1;

- Lớp móng được thay thế bằng Xi thép;

- Mặt BTN sau khi thi công hoàn thiện.

3.2.2. Kết quả thử nghiệm

Mô đun đàn hồi trên các lớp kết cấu:

- Nền đất CPSĐ sau khi cào bóc các lớp kết cấu bên trên là 79.5 MPa;

- Móng đường đoạn thay thế bằng CPĐĐ loại 1 là 192.5 MPa;

- Móng đường đoạn thay thế bằng Xi thép là 180.3 MPa;

- Mặt đường BTN mới thăm lại trên phạm vi lớp móng được thay thế bằng CPDD loại 1 là 205.4 MPa;

- Mặt đường BTN mới thăm lại trên phạm vi lớp móng được thay thế bằng xi thép là 198.6 MPa;

- Mặt đường BTN hiện tại xung quanh phạm vi đoạn thử nghiệm là 201.7 MPa.

Độ chặt của các lớp móng:

- Lớp móng được thay thế bằng CPDD loại 1 là 0.99;

- Lớp móng được thay thế bằng xi thép là 0.95.

Độ bằng phẳng:

- Lớp móng được thay thế bằng CPDD loại 1: Đạt giới hạn cho phép của lớp móng trên;

- Lớp móng được thay thế bằng xi thép: đạt giới hạn cho phép của lớp móng trên;

- Mặt BTN: Đạt giới hạn cho phép.

3.3. Kết quả thí nghiệm đánh giá chất lượng đoạn thử nghiệm sau khi đưa vào khai thác sử dụng được 4 năm

Sau 4 năm thi công đoạn thử nghiệm, nhóm tác giả đã tiến hành đo đạc khảo sát lại, các kết quả thí nghiệm như sau:



Hình 7. Kiểm tra đoạn đường thử nghiệm sau khi đưa vào khai thác 4 năm.

Mô đun đàn hồi trên các lớp kết cấu (hình 8):

- Mặt đường BTN mới thăm lại trên phạm vi lớp móng được thay thế bằng CPDD loại 1 là 200.2 MPa;

- Mặt đường BTN mới thăm lại trên phạm vi lớp móng được thay thế bằng xi thép là 210.8 MPa;

- Mặt đường BTN hiện tại xung quanh phạm vi đoạn thử nghiệm là 193.5 MPa.

Độ bằng phẳng:

- Mặt BTN trên lớp móng được thay thế bằng CPDD loại 1: Đạt giới hạn cho phép;

- Mặt BTN trên lớp móng được thay thế bằng xi thép: đạt giới hạn cho phép;

- Mặt BTN: Đạt giới hạn cho phép.

4. Kết luận và hướng nghiên cứu

4.1. Kết luận

Qua những phân tích từ kết quả nghiên cứu ta có thể nhận định:

- Xi thép sau khi tái chế từ sản phẩm thải của các nhà máy luyện phôi thép khu vực BRVT có các chỉ tiêu cơ lý đáp ứng yêu cầu kỹ thuật tương đương cấp phối đá dăm loại 2 [2];

- Qua kết quả khảo sát, đánh giá trên đoạn đường thử nghiệm dùng xi thép thay thế cấp phối đá dăm để làm lớp móng cho thấy cường độ mặt đường đạt cao, sau bốn năm khai thác sử dụng chưa có sự suy giảm, mặt đường đảm bảo độ bằng phẳng, đáp ứng yêu cầu khai thác;

- Tuy nhiên, trước khi có những nghiên cứu để cải thiện một số chỉ tiêu kỹ thuật của xi thép như mô đun đàn hồi vật liệu, CBR, cấp phối hạt thì chỉ nên sử dụng xi thép làm lớp móng dưới trong kết cấu áo đường ô tô.

4.2. Hướng nghiên cứu tiếp theo

Đây là loại xi thép có tính kiềm, có hoạt tính, có thể tác dụng hóa học với chất kết dính vô cơ ở nhiệt độ bình thường nên cần có những nghiên cứu dùng giải pháp xi thép gia cố với xi măng hoặc vôi để phát huy những đặc tính của xi.

Có thể phối trộn xi thép với các loại vật liệu có thành phần hạt <0.425mm, nhằm cải thiện cấp phối hạt của xi thép, nâng cao hiệu quả khi lu lèn□

Tài liệu tham khảo

- [1] H. Yi, G. Xu, H. Cheng, J. Wang, Y. Wan, and H. Chen, "An Overview of Utilization of Steel Slag," in *Procedia Environmental Sciences*, 2012, vol. 16, pp. 791–801.
- [2] G. Wang, "Properties and utilization of steel slag in engineering applications," 1992.
- [3] V. M. Trần and N. P. N. Tôn, "Nghiên cứu các tính chất của bê tông sử dụng cốt liệu xi thép," *Tạp chí Xây Dựng*.

- [4] R. E. Graves, Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials, STP 169D. 2007.
- [5] T. T. H. Nguyễn, Đ. H. Phan, and H. H. Mai, “Xác định các đặc trưng cơ học của bê tông sử dụng xỉ thép như cốt liệu lớn,” Tạp chí Xây Dựng.
- [6] Q. H. Nguyễn and H. H. Mai, “Nghiên cứu tái chế xỉ lò từ nhà máy luyện thép để sử dụng làm vật liệu cho các lớp móng đường ô tô,” 2014.
- [7] “TCVN 8859-2011 ‘Lớp móng cấp phối đá dăm trong kết cấu áo đường ô tô- vật liệu, thi công và nghiệm thu.’” Bộ Giao thông vận tải, 2011.
- [8] H. H. Dương, Giáo trình Xây dựng mặt đường ô tô tập 1. NXB Giáo Dục, 2006.

Ngày nhận bài: 8/3/2018

Ngày chuyển phản biện: 12/3/2018

Ngày hoàn thành sửa bài: 30/3/2018

Ngày chấp nhận đăng: 6/4/2018
