

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG ĐÁ THẢI PHỐI TRỘN VỚI TRO XỈ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN ĐỐT THAN TRONG XÂY DỰNG NỀN ĐƯỜNG Ô TÔ

Hoàng Tùng^{a,*}

^a*Khoa Cầu Đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 12/3/2022, Sửa xong 02/6/2022, Chấp nhận đăng 17/6/2022

Tóm tắt

Đá thải, tro xỉ lần lượt là các chất thải rắn, hình thành trong quá trình khai thác và sản xuất đá xây dựng ở các mỏ đá và nhà máy nhiệt điện đốt than. Hiện nay, tại các bãi chứa, trữ lượng của các chất thải này lên tới hàng chục triệu tấn, đặt ra nhiều thách thức về môi trường, kinh tế, xã hội. Đá thải có cường độ thấp, thành phần cấp phối không tốt, độ rỗng lớn, rời rạc; độ ẩm và độ chặt khó đảm bảo trong quá trình thi công; khối đắp không ổn định khi chịu tác dụng của tải trọng trùng phục của dòng xe. Tro xỉ cũng có nhiều hạn chế về mặt cường độ, dễ bị hóa lỏng khi có độ ẩm cao. Chính vì vậy, đá thải và tro xỉ chưa được sử dụng nhiều trong xây dựng nền đường ô tô. Việc phối trộn hai loại vật liệu trên cho phép tạo ra một hỗn hợp khắc phục được các hạn chế của từng loại riêng rẽ, giảm độ rỗng, tăng độ chặt, tăng cường độ, phù hợp hơn trong xây dựng nền đường ô tô.

Từ khoá: tro xỉ; đá thải; nền đường; san nền.

RESEARCH ON USING WASTE ROCK MIXED WITH COAL ASH OF THERMAL POWER PLANTS IN THE CONSTRUCTION OF HIGHWAY EMBANKMENTS

Abstract

Waste rock, and coal ash are both solid waste, formed during the mining and production of construction rock in quarries and thermal power plants. Currently, at the dumps, the reserves of these wastes are up to tens of millions of tons, posing many environmental, economic and social challenges. Waste rock has low strength, poor composition, large porosity, and fragmentation. It is difficult to ensure its moisture and density during construction; embankment is unstable due to impacts of repeated traffic loading. Coal ash also has many limitations in terms of strength, easy to be liquefied in the presence of high humidity. Therefore, waste rock and coal ash have not been used much in highway embankment construction. The mixture of the two materials above allows to create a mixture that helps to solve the limitations of each individual type, reducing porosity while increasing density and strength. As such, this combination is more suitable for highway embankment.

Keywords: coal ash; waste rock; roadbed; sustainable.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2022-16\(3V\)-01](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2022-16(3V)-01) © 2022 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

1. Giới thiệu

Đá thải, tro xỉ có trữ lượng ngày càng nhiều ở các mỏ đá, mỏ than, nhà máy nhiệt điện đốt than, đặt ra nhiều thách thức cho môi trường, kinh tế và xã hội, trong bối cảnh các dự án xây dựng công trình giao thông hiện nay đang rất khan hiếm vật liệu đắp nền [1, 2]. Hỗn hợp đá thải có nhiều thành phần hạt lớn, thoi dẹt, cấp phối không liên tục nên độ chặt không cao. Trái lại, tro xỉ nhà máy nhiệt

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: tung@huce.edu.vn (Tùng, H.)

điện có kích cỡ hạt nhỏ đến mịn, dễ mất ổn định dưới tác dụng của tải trọng trùng phục hoặc khi có độ ẩm cao. Để riêng hai loại vật liệu này thì phạm vi áp dụng trong san lấp hay xây dựng nền đường ô tô đều không lớn. Trái lại, việc phối trộn hai vật liệu này theo một tỷ lệ hợp lý sẽ tạo ra được hỗn hợp có cấp phối tốt hơn, độ rỗng giảm, độ chặt và cường độ tăng lên. Nhờ đó, có thể tăng phạm vi sử dụng trong xây dựng nền đường ô tô.

Nội dung của bài báo tập trung làm rõ hơn tính chất cơ lý riêng rẽ của vật liệu đá thải được lấy tại tỉnh Hà Nam và tro xỉ tại nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn cũng như tìm ra sự phối trộn hợp lý hai vật liệu này để sử dụng trong xây dựng nền đường ô tô. Các thí nghiệm được thực hiện tại Phòng thí nghiệm thuộc Bộ môn Đường ô tô - Đường đô thị, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội và LAS-XD1498.

2. Một số yêu cầu đối với vật liệu sử dụng trong nền đường ô tô

Theo TCVN 9436:2012 [3] đất bùn, đất than bùn (thuộc nhóm A-8 theo AASHTO M145 [4]); đất mùn lẫn hữu cơ có thành phần hữu cơ quá 10%, đất có lẫn cỏ và rễ cây, lẫn rác thải sinh hoạt; đất lẫn các thành phần muối dễ hòa tan quá 5%; đất sét có độ trương nở cao vượt quá 3,0% (thí nghiệm xác định độ trương nở theo 22 TCN 332-06); đất sét nhóm A-7-6 (theo AASHTO M145 [4]) có chỉ số nhóm từ 20 trở lên không được sử dụng trực tiếp để đắp cho bất cứ bộ phận nào của nền đường. Ngoài ra, đất bụi nhóm A-4 và A-5 (theo phân loại AASHTO M145 [4]) cũng không được sử dụng để xây dựng các bộ phận nền đường dưới mực nước ngập hoặc mực nước ngầm và không nên dùng chúng trong phạm vi khu vực tác dụng của nền đường.

3. Đánh giá đặc trưng cơ, lý, hóa của tro xỉ và đá thải Hà Nam

3.1. Đặc trưng của tro xỉ

a. Thành phần hóa học

Tro xỉ được cung cấp từ công ty cổ phần Nhiệt điện Nghi Sơn là loại chưa qua xử lý có thành phần hóa học như ở Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hoá học của tro xỉ [1]

Thành phần	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MKN
Hàm lượng, %	58,38	25,12	7,01	0,84	0,70	0,30	3,28	5,29

Với hàm lượng $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 90,51\%$ ($> 70\%$), theo tiêu chuẩn ASTM C618 [5], tro xỉ sử dụng nghiên cứu từ Nghi Sơn thuộc dạng tro xỉ loại F, loại không có tính xi măng, chứa rất ít vôi và silicat, nhôm mà hầu hết như là pozzolan [6, 7]. Chính vì vậy, hoạt động của các pozzolan yêu cầu bổ sung như là xi măng Poóc lăng hoặc vôi, được cung cấp bởi từ nguồn vôi tự do có sẵn. Bên cạnh đó, với đặc điểm là tro xỉ loại F, có kích cỡ hạt nhỏ, thì loại tro xỉ Nghi Sơn không thể dùng để gia cố đất như một chất gia cố vô cơ, mà có thể áp dụng theo hai hướng sau [8, 9]:

- Phối trộn cùng xi măng để tạo thành hỗn hợp chất gia cố vô cơ rồi gia cố đất (yếu).
- Phối trộn với hỗn hợp vật liệu có kích cỡ hạt lớn hơn để cải thiện thành phần và cấp phối hạt cho hỗn hợp.

b. Thành phần hạt

Thành phần hạt của tro xỉ được trình bày trong Bảng 2. Đối chiếu với tiêu chuẩn phân loại đất AASHTO M145 [4] cũng như kết quả nghiên cứu khác trên thế giới [9, 10], tro xỉ nằm ở lân cận loại đất A-3 đến A-4, nhưng có tính chất thiên về loại A-4, là đất bụi.

Bảng 2. Thành phần hạt của tro xỉ Nghi Sơn [1]

Cỡ sàng (mm)	0,020	0,075	0,425	2,000	4,750	9,500
Lượng lọt sàng (%)	12,2	34,5	77,9	93,0	96,8	100

c. Một số đặc trưng cơ lý

Bảng 3 giới thiệu một số đặc trưng cơ lý của tro xỉ Nghi Sơn được xác định trong phòng thí nghiệm.

Bảng 3. Một số đặc trưng cơ lý của tro xỉ Nghi Sơn [1]

STT	Đặc trưng	Đơn vị	Giá trị
1	Khối lượng thể tích lớn nhất	g/cm ³	1,54
2	Độ ẩm tốt nhất	%	12,5
3	Hệ số trương nở	%	4,4
4	Góc nội ma sát	độ	18
5	Lực dính	kG/cm ²	0,2

Tro xỉ cũng đã được thí nghiệm để xác định chỉ số CBR. Tuy nhiên, khi ngâm nước, mẫu rất dễ bị hóa lỏng, rất khó thực hiện thí nghiệm hoặc nếu thực hiện được thì giá trị CBR đạt rất thấp (từ 0,5 đến 0,7). Ở một số nước như Ấn Độ đã không đề cập tới chỉ tiêu này đối với tro xỉ sử dụng trong nền đường ô tô [7].

Nếu chỉ xét về kích cỡ, thành phần hạt, theo TCVN 9436:2012, tro xỉ có thể sử dụng để đắp nền đường. Tuy nhiên, tro xỉ lại có độ trương nở cao, dễ bị hóa lỏng. Do vậy không thể dùng ở phạm vi ngập nước, khu vực có nước ngầm và không dùng ở trong khu vực tác dụng của nền đường.

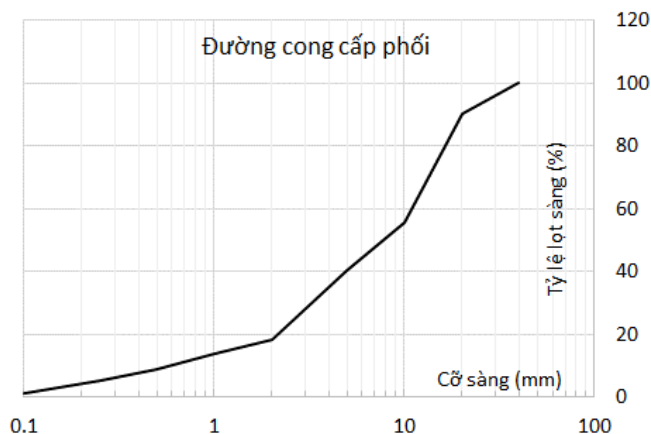
3.2. Vật liệu đá thải

Kết quả phân tích thành phần hạt (Hình 1) và các chỉ tiêu cơ lý của đá thải Hà Nam (Bảng 4) cho thấy, đất lẫn đá phong hóa rời rạc, khả năng giữ ẩm kém. Việc thí nghiệm xác định chỉ số dẻo gặp nhiều khó khăn, số liệu phân tán.

Bảng 4. Một số chỉ tiêu cơ lý của vật liệu đá thải [1]

STT	Chỉ tiêu	Giá trị
1	Giới hạn chảy	19,7%
2	Khối lượng thể tích khô	2,21 (g/cm ³)
3	Khối lượng thể tích ướt	2,36 (g/cm ³)
4	Tỷ trọng hạt	2,631
5	Độ ẩm trung bình	6,7%
6	Độ rỗng	15,9%
7	Hệ số độ rỗng	0,19

Thành phần hạt chủ yếu có kích cỡ trên 0,5 mm (chiếm tới 91% đến 92%), thiên về thô, độ rỗng lớn. Do vậy, trong quá trình thi công sẽ khó đảm bảo được độ chặt, đặc biệt là trong điều kiện thời tiết



Hình 1. Đường cong cấp phối của đá thải

nắng nóng. Về lâu dài, độ chặt và cường độ của hỗn hợp kém ổn định (do độ rỗng lớn), nhất là khi chịu tác dụng của tải trọng trùng phục, thuộc phạm vi tác dụng của nền đường.

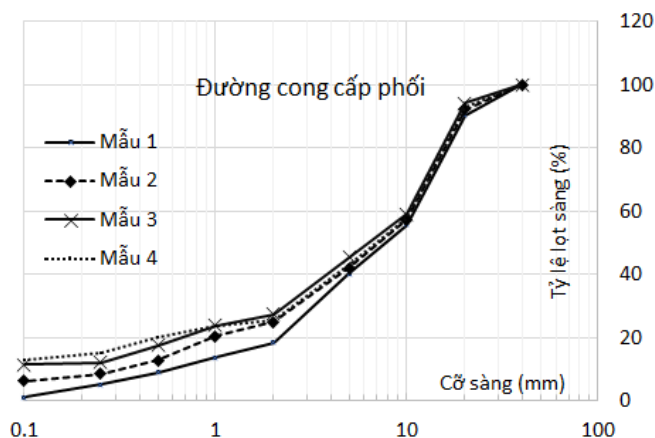
Trong khi đó, tro xỉ lại có kích cỡ hạt chủ yếu nhỏ hơn 0,5 mm, đồng thời có thể có các hoạt tính có lợi khi sử dụng làm chất gia cố. Do vậy, có thể xem xét việc phối trộn tro xỉ và đá thải để cải tạo các hạn chế riêng rẽ của hai loại vật liệu này, đồng thời tạo ra một hỗn hợp có nhiều ưu điểm hơn về thành phần cấp phối và chỉ tiêu cơ lý, cho phép tiêu thụ được nhiều tro xỉ và đá thải hơn. Điều này cũng đã được chỉ ra trong nhiều nghiên cứu khác nhau trên thế giới [8–11].

4. Đánh giá hiệu quả của việc phối trộn tro xỉ với đá thải

Bốn hỗn hợp đất lẫn đá phối trộn với tro xỉ theo các tỷ lệ 0% (mẫu 1), 5% (mẫu 2), 10% (mẫu 3) và 15% (mẫu 4) về khối lượng đã được đưa vào phân tích, đánh giá các đặc trưng cơ lý ở điều kiện phòng thí nghiệm và ngoài hiện trường thi công.

4.1. Đánh giá trong phòng thí nghiệm

Cấp phối của các mẫu hỗn hợp đã được phối trộn được trình bày trong Hình 2.



Hình 2. Đường cong cấp phối của các hỗn hợp đá thải và đá thải phối trộn tro xỉ

Việc phối trộn tro xỉ vào hỗn hợp cho phép cải thiện thành phần cấp phối theo hướng kém thô hơn, độ chặt cao hơn. Một số chỉ tiêu cơ lý của 4 mẫu hỗn hợp đá thải-tro xỉ được xác định trong điều kiện phòng thí nghiệm được trình bày ở Bảng 5.

Bảng 5. Kết quả thí nghiệm gia cố hỗn hợp đất lẫn đá gia cố tro xỉ

STT	Chỉ tiêu	Loại hỗn hợp đất đá lẫn đá gia cố tro xỉ			
		Mẫu 1, 0% tro xỉ	Mẫu 2, 5% tro xỉ	Mẫu 3, 10% tro xỉ	Mẫu 4, 15% tro xỉ
1	Độ ẩm tối ưu	6,67	8,2	9,5	12
2	γ_k (g/cm ³)	2,29	2,31	2,34	2,30
3	Độ rỗng (%)	15,9%	13,5%	11,4%	9,8%
4	CBR (K98)	46,2	49,1	54,3	48,1

So với trạng thái ban đầu (mẫu 1), các hỗn hợp đá thải khi được bổ sung thêm tro xỉ thì đều có dung trọng khô và CBR tăng lên, đồng nghĩa với việc độ rỗng của hỗn hợp giảm.

Độ ẩm tối ưu của hỗn hợp cao hơn so với đá thải chưa phối (mẫu 1), kết hợp với tính chất mịn và trơn của tro xỉ cho phép giảm công đầm nén của hỗn hợp. Khi lượng tro xỉ tăng, các thông số về độ chặt γ_k và CBR tăng theo và đạt cực đại khi tỷ lệ tro xỉ đạt 10%. Khi hàm lượng tro xỉ tiếp tục tăng lên đến 15%, độ rỗng của hỗn hợp vẫn tiếp tục giảm đi, tuy nhiên γ_k và CBR lại không tăng lên nữa mà có xu hướng ngược lại. Nguyên nhân của hiện tượng này là do tro xỉ mặc dù có thể cải tạo cấp phối cho đá thải, nhưng có khối lượng thể tích và cường độ thấp hơn. Bên cạnh đó, các hạt tro xỉ dạng tròn, mịn có thể tạo hiệu ứng “ổ bi”, làm khả năng chống trượt và lực chèn móc trong hệ cốt liệu giảm. Do vậy, khi hàm lượng hạt mịn tăng, chiếm thể tích lớn thì chất lượng cấu trúc của hỗn hợp sẽ bị suy giảm.

Việc gia tăng hàm lượng tro xỉ sẽ làm cho hỗn hợp chứa nhiều vật liệu kém tốt hơn so với đá thải ban đầu.

4.2. Đánh giá ngoài hiện trường

Các hỗn hợp đá thải-tro xỉ được tạo ẩm đến độ ẩm tối ưu, san rải ngoài hiện trường với chiều dày 18 cm và lu lèn đạt độ chặt K98, trên lớp đất nền tiêu chuẩn đã lu lèn đạt độ chặt K98 tại Cơ sở đào tạo thực nghiệm thuộc Trường Đại học Xây dựng Hà Nội tại Tỉnh Hà Nam [1]. Sau khi lu lèn, tiến hành đo mô đun đàn hồi bằng tấm ép cứng theo tiêu chuẩn TCVN 8861:2011 [12]. Tại mỗi đoạn, tiến hành đo 20 điểm và kết quả trung bình được tổng hợp trong Bảng 6.

Bảng 6. Mô đun đàn hồi xác định tại các vị trí thử nghiệm

Vị trí đo	Đoạn 1 (không gia cố)	Đoạn 2 (5% tro xỉ)	Đoạn 3 (10% tro xỉ)	Đoạn 4 (15% tro xỉ)
E (MPa)	169	188	245	200

Từ kết quả đo cho thấy việc sử dụng tro xỉ để gia cố đá phong hóa Hà Nam có thể cải thiện rõ rệt cường độ của loại vật liệu này. Lượng tro xỉ tăng lên dần tới 10% thì hỗn hợp cho phép có mô đun đàn hồi của nền tăng lên. Tuy nhiên, khi vượt qua tỷ lệ này, tới lần cận 15% (hàm lượng tro xỉ, theo tỷ lệ khối lượng) thì mô đun đàn hồi của hỗn hợp lại giảm đi. Điều này cũng hoàn toàn phù hợp với xu hướng đối với kết quả thí nghiệm CBR. Việc sử dụng nhiều tro xỉ trong hỗn hợp đất cần phối trộn cũng làm suy giảm cường độ của hỗn hợp. Ngoài ra, theo nghiên cứu đã được công bố trước đây [1], nền đường đắp hoàn toàn bằng tro xỉ chỉ cho phép mô đun đàn hồi đạt từ 37 MPa đến 63 MPa. Giá trị CBR của tro xỉ rất nhỏ, khó xác định (do tro xỉ bị tình trạng hóa lỏng khi có độ ẩm cao).

5. Kết luận

Tro xỉ và đá thải đều là các loại chất thải đang đặt ra nhiều thách thức về môi trường và xã hội hiện nay do trữ lượng nhiều nhưng phạm vi áp dụng vẫn còn hạn hẹp. Việc phối trộn hai loại chất thải này cho phép khắc phục được các hạn chế của tro xỉ hay đá thải về cơ lý và thành phần hạt; tạo ra một hỗn hợp vật liệu có giá trị CBR đạt tới 54,3% (ở tỷ lệ phối trộn tối ưu với 10% tro xỉ), cao hơn so với hỗn hợp đá thải hay tro xỉ riêng rẽ, đáp ứng được yêu cầu về cơ lý đối với vật liệu sử dụng trong đắp nền đường ô tô.

Kết quả thí nghiệm hiện trường cho thấy nền đường đắp bằng hỗn hợp đá thải-tro xỉ có mô đun đàn hồi đạt tới 245 MPa, không những đạt yêu cầu đối với nền đường, mà còn tương đương với các lớp vật liệu cấp phối đá dăm sử dụng trong tầng móng của kết cấu mặt đường ô tô.

Tuy nhiên, cần tiếp tục bổ sung các đánh giá về kinh tế, môi trường để thấy được hiệu quả tổng thể của các loại vật liệu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Tùng, H. (2017). *Nghiên cứu sử dụng tro xỉ trong xây dựng công trình nền và mặt đường giao thông*. Đề tài NCKH cấp Bộ Xây dựng.
- [2] Thái, Đ. V. (2019). *Nghiên cứu sử dụng đất đá thải từ các mỏ than khu vực Cẩm Phả, Quảng Ninh làm đường ô tô*. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Giao thông Vận tải.
- [3] TCVN 9436:2012. *Nền đường ô tô - Thi công và nghiệm thu*. Bộ Khoa học và công nghệ.
- [4] AASHTO 145-91 (2004). *Phân loại đất và hỗn hợp cấp phối đất cho mục đích xây dựng đường ô tô*.
- [5] ASTM C618 (2019). *Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concrete*.
- [6] Report No FHWA-IF-03-019 (2003). *Fly ash facts for highway engineers*. American Coal Ash Association.
- [7] IRC (2001). *Guidelines for use of fly ash in road embankments*. Indian Roads Congress, Special Publication 58, New Delhi 2001.
- [8] Texas Transportation Institute (2009). *Recommended practice for stabilization of subgrade soils and base materials*. Texas A&M University, College Station, Texas.
- [9] Yun-Kim, J., et al. (2009). *The mechanical properties of coal ash generated in south Korea for using highway road material*. World Coal Ash conference, Lexington, KY, USA.
- [10] Iowa State University (2005). *Fly ash soil stabilization for non-uniform subgrade soils, Volume I: Engineering properties and construction guidelines*. Final Report No IHRB Project TR-461; FHWA Project 4.
- [11] EPA (2005). *Using coal ash in highway construction: A guide to benefits and impacts*. U.S. Environmental Protection Agency Report.
- [12] TCVN 8861:2011. *Áo đường mềm-xác định mô đun đàn hồi của nền đất và các lớp kết cấu áo đường bằng phương pháp sử dụng tấm ép cứng*. Bộ Khoa học và Công nghệ.