

KHẢ NĂNG ÁP DỤNG CÁT BIỂN TRONG XÂY DỰNG NỀN ĐƯỜNG Ô TÔ VỚI CÁC CHIỀU CAO ĐẤP NỀN KHÁC NHAU

Thái Hồng Nam^{a,*}, Nguyễn Việt Phương^a, Vũ Ngọc Trụ^a, Hoàng Tùng^a

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

Nhận ngày 13/7/2023, Sửa xong 24/10/2023, Chấp nhận đăng 31/10/2023

Tóm tắt

Nghiên cứu này giới thiệu bổ sung giải pháp đắp nền bằng cát biển có sử dụng vải địa kỹ thuật để gia cố, giúp hạn chế được các đặc tính dễ bị rửa trôi, mất ổn định cục bộ của cát biển. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng tiến hành kiểm toán ổn định của nền đường với các giải pháp khác nhau, chiều cao đắp khác nhau ($H_d = 3, 6, 12$ m). Nghiên cứu chỉ ra rằng, giải pháp đắp nền đường bằng cát biển gia cố vải địa kỹ thuật có hệ số ổn định cao hơn so với giải pháp đắp bằng đất đắp chọn lọc. Trong quá trình thi công thực tế, cần có so sánh luận chứng về kinh tế - kỹ thuật để lựa chọn được giải pháp đắp phù hợp. Đồng thời, cần phải có thêm các nghiên cứu để xác định khả năng nhiễm mặn của môi trường xung quanh khi sử dụng cát biển đắp nền đường trước khi áp dụng thi công thực tế.

Từ khóa: cát sông; cát biển; vật liệu thay thế; xây dựng nền đường; kiểm toán ổn định.

THE POSSIBLE APPLICATION OF SEA SAND FOR HIGHWAY EMBANKMENT CONSTRUCTION WITH DIFFERENT EMBANKMENT HEIGHTS

Abstract

This study introduces a supplementary solution for highway embankment construction using sea sand, reinforced with geotextile fabric, helping to limit the easily washed out and locally unstable characteristics of sea sand. Additionally, the study conducts stability audits of the highway embankment with different solutions and varying heights of embankment ($H_d = 3, 6, 12$ m). This study showed that the solution of using sea sand with geotextile reinforcement for highway embankment provides a higher stability coefficient compared to the solution of using selected soil. During the actual construction process, it is necessary to conduct a comparative analysis of the economic and technical aspects in order to select the appropriate embankment solution. Besides, more research is needed to determine the possibility of the salinity of the surrounding environment when using sea sand for road embankments before applying it to actual construction.

Keywords: river sand; sea sand; alternative material; highway embankment construction; stability audit.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce2023-17\(4V\)-01](https://doi.org/10.31814/stce.huce2023-17(4V)-01) © 2023 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

1. Giới thiệu chung

Kết cấu hạ tầng, bao gồm cả kết cấu hạ tầng giao thông, đóng vai trò cực kỳ quan trọng trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội của Việt Nam. Vì lẽ đó, trong những năm gần đây, Chính phủ Việt Nam đã ưu tiên cao việc đầu tư nguồn vốn từ ngân sách để xây dựng một hệ thống kết cấu hạ tầng giao thông hiện đại và toàn diện. Quá trình xây dựng kết cấu hạ tầng giao thông như vậy đòi hỏi sử dụng một lượng lớn nguồn vật liệu xây dựng. Vì vậy, việc sử dụng đa dạng các nguồn vật liệu khác nhau nhằm đảm bảo đủ nguồn cung vật liệu xây dựng là rất cần thiết. Thông thường, các vật liệu xây dựng đường được khai thác từ các nguồn tự nhiên như đá vôi, sỏi, cát, đất. Đối với việc đắp nền đường, thường sử dụng các loại đất có tính chất cơ lý tốt. Cát sông là một trong số các loại vật liệu thường

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

được sử dụng để đắp nền đường tại Việt Nam. Thống kê cho thấy cả nước hiện có khoảng 330 mỏ cát sông với tổng trữ lượng lên tới 2,3 tỷ m³. Trong những năm gần đây nhu cầu sử dụng cát tăng cao, ví dụ theo thống kê của Bộ Xây dựng, trong năm 2015, nhu cầu sử dụng cát chỉ vào khoảng 92 triệu m³ nhưng năm 2020 nhu cầu này đã tăng lên đến 160 triệu m³. Nhiều vùng trong cả nước, lượng cát dự trữ không đủ để đáp ứng nhu cầu sử dụng. Tại Đồng bằng sông Cửu Long, trữ lượng cát chỉ còn 37 triệu m³, đáp ứng 77% nhu cầu xây dựng các dự án hạ tầng giao thông. Các dự án cao tốc Bắc Nam và nhiều dự án đang và sẽ triển khai trong thời gian tới sẽ gặp khó khăn nhất định khi nguồn cát sông làm vật liệu san lấp, xây dựng khan hiếm. Theo Bộ GTVT, 10 dự án thành phần từ Hà Tĩnh đến Khánh Hòa có nhu cầu khoảng 17,1 triệu m³ đá, 8,95 triệu m³ cát và khoảng 45,3 triệu m³ đất đắp nền. Tuy nhiên, khả năng khai thác, cung ứng vật liệu theo giấy phép chưa đáp ứng theo tiến độ thi công của các dự án. Cụ thể, còn thiếu khoảng 7,5 triệu m³ đá, 3 triệu m³ cát và khoảng 1,9 triệu m³ đất đắp nền. Tương tự, với cao tốc đoạn Cần Thơ - Hậu Giang và Hậu Giang - Cà Mau, tổng nhu cầu khoảng 1,37 triệu m³ đá các loại và khoảng 1,7 triệu m³ đất đắp. Theo kết quả khảo sát các nguồn vật liệu tại các địa phương lân cận, lượng cát đắp nền cho hai dự án này đang thiếu khoảng 18,5 triệu m³. Do đó, nếu không có giải pháp sử dụng các vật liệu khác để thay thế, tiến độ xây dựng của các dự án giao thông trên cả nước sẽ bị kéo dài. Bên cạnh đó, giá của vật liệu xây dựng, đặc biệt giá cát sông liên tục tăng trong thời gian gần đây. Điều này dẫn tới tổng mức đầu tư của các công trình xây dựng nói chung, công trình giao thông nói riêng tăng lên đáng kể.

Trước tình trạng thiếu hụt vật liệu xây dựng, Việt Nam đã và đang nghiên cứu sử dụng các loại vật liệu khác để thay thế vật liệu truyền thống. Trong lĩnh vực xây dựng đường, một số nghiên cứu gần đây đã nghiên cứu sử dụng các vật liệu tái chế từ chất thải xây dựng [1–5] làm vật liệu xây dựng các lớp móng đường, sử dụng tro bay làm vật liệu đắp nền [6, 7], sử dụng cát biển làm vật liệu đắp nền [8–11]. Nguyễn và cs. [10] đã chỉ ra rằng Việt Nam có nhiều điều kiện thuận lợi nếu sử dụng cát biển để thay thế cát sông trong xây dựng đường. Việt Nam có một dải bờ biển dài 3.260 km, bao bọc lãnh thổ theo ba hướng Đông, Nam và Tây Nam; vùng biển đặc quyền có diện tích là 1 triệu km², tương đương ba lần diện tích đất liền. Do đó, quá trình vận chuyển vật cát biển được rút ngắn đáng kể, và các khu vực ven biển có thể tận dụng được tài nguyên vật liệu địa phương. Tổng diện tích cồn cát ven biển và cồn cát tại Việt Nam lên tới hơn 500.000 ha [10]. Gutt và Collins [12] đã chứng minh rằng cát biển và cát sông đều có nguồn gốc phong hóa từ các đá trong lục địa, có chung thành phần khoáng vật chính là khoáng vật thạch anh. Nhưng cấu trúc bề mặt của cát biển khác với cát sông dẫn đến sự khác biệt về nội ma sát, ảnh hưởng đến sản phẩm sử dụng cát biển làm nguyên liệu cấu thành. Cát biển nhỏ, mịn, kèm theo lượng mùn, sét nhiều, chứa nhiều muối, nhiều vụn sinh vật biển, và các tạp chất có hại khác hơn so với cát sông [11, 13]. Với đặc điểm này của cát biển, khi chúng được sử dụng làm vật liệu đắp nền đường, nền đường phải được bảo vệ tốt, tránh bị ảnh hưởng bởi nước ngầm và nước mặt, dẫn đến khả năng dễ bị hóa lỏng, rửa trôi, gây mất ổn định cục bộ cũng như ổn định tổng thể của nền đường. Đồng thời, lượng muối hòa tan chứa trong cát biển dễ bị hòa tan khi tiếp xúc với nước mặt, nước ngầm, gây ra hiện tượng nhiễm mặn cho môi trường xung quanh, đặc biệt là đất nông nghiệp, nguồn nước ngầm [10]. Tuy nhiên, Văn và cs. [11] đã chỉ ra rằng cát biển ở nước ta có hàm lượng tạp chất đất mùn lẫn tạp chất hữu cơ khá thấp (< 10%), đặc biệt hàm lượng muối dễ hòa tan và chỉ số CBR đều thỏa mãn yêu cầu của vật liệu làm nền đường theo TCVN 9436:2012 [14]. Bên cạnh đó, tại các nước phát triển như Nhật Bản, Hà Lan, Hồng Kông, Hàn Quốc và Vương quốc Anh, việc sử dụng cát biển để thay thế cát sông đã được áp dụng từ những thập kỷ trước [15]. Hơn 90% cát biển được khai thác từ hoạt động nạo vét trên toàn cầu đã được sử dụng làm nguyên vật liệu trong ngành xây dựng. Trong số đó, hơn 45% cát biển nạo vét được sử dụng như cốt liệu nhỏ trong quá trình sản xuất bê tông [13]. Từ năm 2000 đến năm 2004, hơn 21 triệu tấn cát biển và sỏi đã được khai thác từ

bờ biển nước Anh và xứ Wales. Trong số đó, trung bình khoảng 17% tổng lượng cốt liệu mịn và sỏi được sử dụng trong sản xuất bê tông ở Anh và xứ Wales đã là cốt liệu biển đã được khử muối [16]. Năm 2011, khoảng 70 triệu tấn cốt liệu mịn đã được sử dụng trong sản xuất bê tông tại Nhật Bản, với cát biển khử muối chiếm 12,2% (8,54 triệu tấn) [17]. Từ những dẫn chứng kể trên có thể thấy rằng, việc sử dụng cát biển để thay thế cát sông trong xây dựng nền đường là một giải pháp khả thi, cần được nghiên cứu một cách đầy đủ để đối phó với thực trạng thiếu vật liệu đắp nền hiện nay tại Việt Nam.

Liên quan đến các giải pháp sử dụng cát biển để đắp nền đường, một số nghiên cứu trước đây [10, 11] đã đưa ra một số giải pháp để sử dụng cát biển để đắp nền đường: (1) đắp nền đường bằng 100% cát biển; (2) đắp nền đường bằng cát biển có gia cố ô địa kỹ thuật (Geocell); (3) đắp xen kẽ cát nhiễm mặn và đất đắp chọn lọc. Tuy nhiên, các nghiên cứu đó mới chỉ đề xuất giải pháp đắp cho các nền đường có chiều cao nhất định ($< 6,0$ m), chưa xét đến các trường hợp chiều cao nền đắp cao hơn ($\geq 6,0$ m), các giải pháp đắp đề xuất chưa đầy đủ. Do vậy, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu: (1) đề xuất bổ sung giải pháp đắp nền đường bằng cát biển; (2) xác định độ ổn định của nền đường đắp bằng cát biển bằng các giải pháp khác nhau ứng với các chiều cao đắp khác nhau.

2. Các giải pháp đắp nền đường bằng cát biển

2.1. Các giải pháp đắp nền đường bằng cát biển đã được đề xuất trong các nghiên cứu trước đây

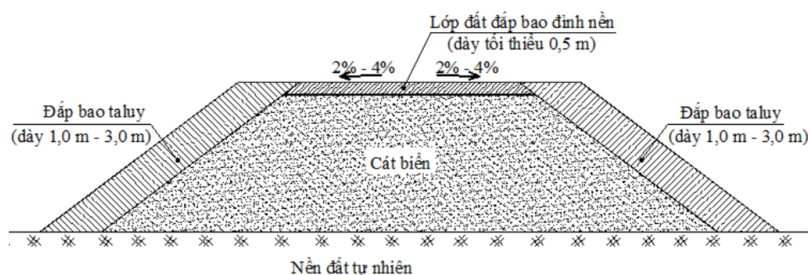
Các giải pháp đắp được đề xuất trong các nghiên cứu trước đây được thể hiện trong Hình 1. Các giải pháp đắp như sau:

a. Đắp nền đường bằng 100% cát biển

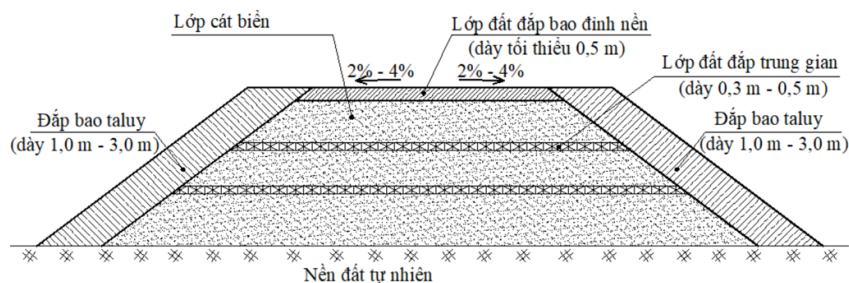
Hình 1(a) mô tả giải pháp đắp nền đường bằng 100% cát biển. Chiều dày các lớp cát biển từ 300-500 mm được lu lèn đến độ chặt K95. Theo quy định của TCVN 4054:2005 [18], nền đường đắp bằng cát phải có độ dốc taluy trong khoảng 1 : (1,75 – 2), đồng thời nền đường phải được đắp bao cả hai bên mái dốc và cả phần đỉnh nền phía trên để chống xói lở bề mặt. Đất đắp bao hai bên mái taluy phải có chỉ số dẻo lớn hơn hoặc bằng 7,0. Chiều dày đắp bao hai bên mái dốc tối thiểu là 1,0 m. Lớp đất đắp bao phần trên đỉnh nền có chiều dày tối thiểu là 0,5 m, được đánh dốc ra ngoài phạm vi nền đường để thoát nước. Lớp đắp bao giúp hạn chế nước mưa, nước mặt xâm nhập vào phần đắp bằng cát biển, qua đó giúp giảm sự xâm nhập mặn từ cát biển ra môi trường xung quanh, cũng như làm giảm các ảnh hưởng bất lợi về hóa lỏng, rửa trôi của cát.

b. Đắp xen kẽ cát biển và đất đắp chọn lọc

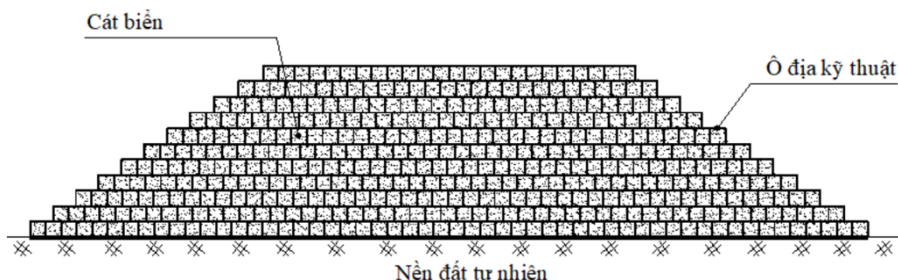
Hình 1(b) mô tả giải pháp đắp xen kẽ cát biển và đất đắp chọn lọc. Chiều dày các lớp cát biển từ 300-500 mm được lu lèn đến độ chặt K95. Sau đó đắp xen kẽ bằng lớp đất đắp chọn lọc với chiều dày lớp đắp 300 mm, lu lèn đến K95. Quy định về các độ dốc taluy, đất đắp bao mái taluy và đỉnh nền giống như phương án đắp bằng 100% cát biển.



(a) Đắp nền đường bằng 100% cát biển



(b) Đắp xen kẹp cát biển và đất đắp chọn lọc



(c) Đắp nền đường bằng cát biển có gia cố tấm Geocell

Hình 1. Các giải pháp đắp được đề xuất trong các nghiên cứu trước đây

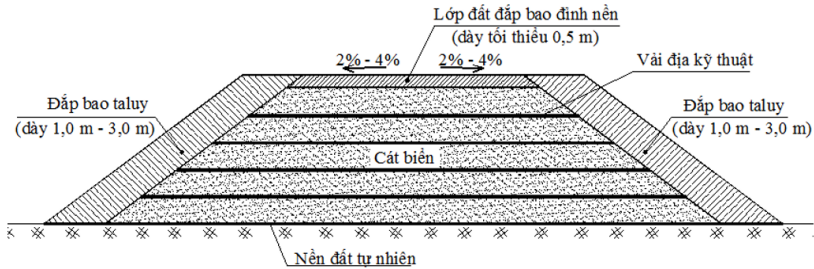
c. Đắp nền đường bằng cát biển có gia cố ô địa kỹ thuật

Hình 1(c) mô tả giải pháp đắp nền đường bằng cát biển có gia cố ô địa kỹ thuật. Ô địa kỹ thuật là một hệ thống ô lưới ba chiều được tạo thành từ những tấm màng chống thấm HDPE xếp chồng liên tục và được liên kết với nhau bằng các mối hàn nhiệt. Các tấm HDPE sau khi được liên kết với nhau khi kéo ra sẽ tạo thành các ô lưới. Các cơ chế gia cố chung của ô địa kỹ thuật là giữ đất đắp ổn định trong các ô lưới, chống lại lực cắt dưới tác dụng của tải trọng [19]. Các ô được hàn với nhau tạo thành một khối đồng nhất, khi đó tải trọng thẳng đứng tác dụng lên nền đường thay vì gây ra mặt trượt ngay dưới vị trí tải trọng tác dụng thì sẽ tạo ra mặt trượt ở lớp đất sâu hơn. Đối với nền đường đắp bằng cát biển, số lượng lớp ô địa kỹ thuật phụ thuộc vào độ cao của nền đường và địa chất tự nhiên. Các lớp ô địa kỹ thuật được thêm vào cho đến khi nền đường đạt độ cao và độ ổn định theo thiết kế. Ở Việt Nam, chiều dày lớp ô địa kỹ thuật phổ biến đối với vật liệu cát là từ 15 cm đến 20 cm, phù hợp để đầm chặt vật liệu cát [10].

2.2. Đề xuất bổ sung giải pháp đắp nền đường bằng cát biển

Do cát biển thường nhỏ, mịn, nên phương pháp đắp nền đường bằng 100% cát biển và phương pháp đắp xen kẹp cát biển và đất đắp chọn lọc có khả năng bị mất ổn định cục bộ của cát biển trong quá trình thi công (khi chưa đắp bao hai bên mái dốc và đỉnh nền), đặc biệt khi chiều cao đắp lớn. Việc nâng cao ổn định cục bộ của cát biển có thể được thực hiện bằng việc sử dụng ô địa kỹ thuật. Tuy nhiên, ô địa kỹ thuật là vật liệu có giá thành cao, ví dụ, tại thị trường Việt Nam, ô địa kỹ thuật cao 150-200 mm có giá thành từ 115.000 đến 156.000 VNĐ/m². Một giải pháp có thể được xem xét sử dụng để nâng cao ổn định tổng thể cũng như ổn định cục bộ của cát biển đó là sử dụng vải địa kỹ thuật. Giá của vải địa kỹ thuật tại thị trường Việt Nam thấp hơn nhiều so với ô địa kỹ thuật, ví dụ, vải địa kỹ thuật dệt GET 200 có giá khoảng 35.500 VNĐ/m². Chính vì vậy, nghiên cứu này đề xuất bổ sung giải pháp đắp nền đường bằng cát biển có gia cố bằng vải địa kỹ thuật, được thể hiện trong Hình 2. Vải địa kỹ thuật được sản xuất từ polyme tổng hợp, khô rộng, bao gồm dạng dệt, dạng không

dệt hoặc dạng phức hợp, có chức năng gia cố, phân cách, bảo vệ, lọc, tiêu thoát nước [20]. Chiều dày các lớp cát biển từ 500-1000 mm được lu lèn theo từng lớp, đảm bảo độ chặt K95, các lớp cát biển được đắp xen kẽ giữa các lớp vải địa kỹ thuật. Các chỉ tiêu kỹ thuật của vải địa kỹ thuật tuân thủ quy định của TCVN 9844:2013 [20]. Quy định về các độ dốc taluy, đất đắp bao mái taluy và đỉnh nền giống như phương án đắp bằng 100% cát biển.



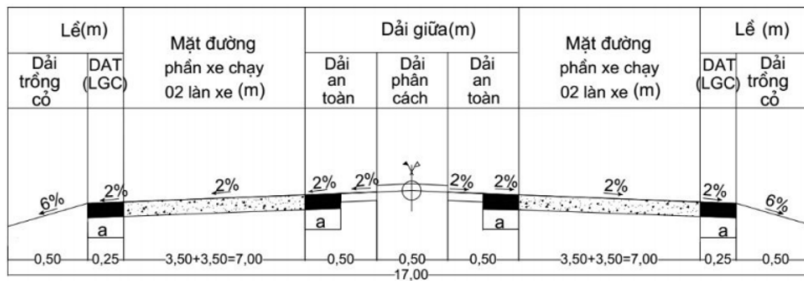
Hình 2. Giải pháp đắp nền đường bằng cát biển gia cố bằng vải địa kỹ thuật

3. Phương án thiết kế, và phương pháp kiểm toán ổn định nền đường đắp

3.1. Phương án thiết kế nền đường đắp

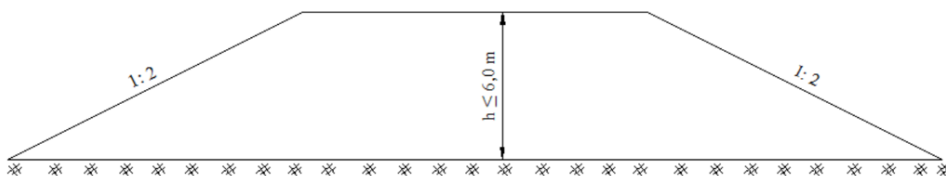
a. Quy mô mặt cắt ngang thiết kế

Như đã phân tích ở trên, hiện nay nhu cầu xây dựng đường ô tô cao tốc ở Việt Nam đang rất lớn. Do vậy, để tiến hành kiểm toán nền đường đắp, nghiên cứu này sử dụng quy mô mặt cắt ngang thiết kế của đoạn đường không bố trí đoạn dừng xe áp dụng trong thiết kế phân kỳ theo phương án bố trí cách quãng đoạn dừng xe khẩn cấp, tuân thủ theo TCCS 42:2022/TCĐBVN [21]. Quy mô mặt cắt ngang thiết kế được thể hiện trong Hình 3.

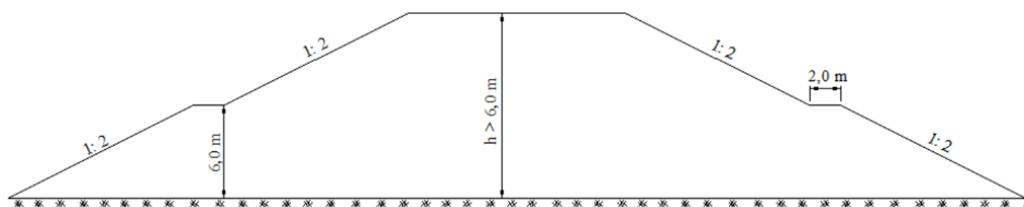


Hình 3. Quy mô mặt cắt ngang thiết kế

Nền đường đắp được thiết kế tuân thủ theo quy định của các tiêu chuẩn TCVN 4054:2005 [18]. Với các nền đường có chiều cao đắp ≤ 6 m, thiết kế mái taluy có mái dốc 1:2; với các nền đường có chiều cao đắp > 6 m, thiết kế mái taluy có bố trí một bậc thêm rộng 2 m. Giải pháp thiết kế nền đường đắp ứng với các chiều cao đắp khác nhau được mô tả trong Hình 4.



(a) Chiều cao nền đắp ≤ 6 m



(b) Chiều cao nền đắp > 6 m

Hình 4. Giải pháp thiết kế nền đường đắp ứng với các chiều cao đắp khác nhau

b. Các giải pháp đắp sử dụng để kiểm toán

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tiến hành kiểm toán ổn định của nền đường đắp sử dụng các giải pháp khác nhau, bao gồm: (1) Đắp nền đường bằng đất đắp chọn lọc (là giải pháp đối chứng); (2) Đắp nền đường bằng 100% cát biển; (3) Đắp xen kẽ cát biển và đất đắp chọn lọc; (4) Đắp nền đường bằng cát biển gia cố bằng vải địa kỹ thuật.

Trong mỗi giải pháp đắp được sử dụng, chiều dày của lớp đắp bao thiết kế là 1,0 m, kiểm toán ổn định nền đường đắp với ba chiều cao nền đường đắp khác nhau, lần lượt là 3 m, 6 m, và 12 m.

c. Thông số kỹ thuật của đất nền và vật liệu sử dụng

Như chúng ta biết rằng, hệ số ổn định của nền đường đắp phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố, trong đó các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu đắp và số liệu địa chất của nền đất tự nhiên là các yếu tố rất quan trọng. Trong nghiên cứu này, để so sánh giữa các giải pháp đắp nền đường bằng cát biển được đưa ra trong các nghiên cứu trước đây và giải pháp đắp được đưa ra bổ sung, với giải pháp đối chứng là đắp nền đường bằng đất đắp chọn lọc. Nghiên cứu này sử dụng số liệu khảo sát địa chất của đoạn Km 30+500 – Km 31+000 của dự án cao tốc Bắc Nam đoạn Nha Trang – Cam Lâm để áp dụng để kiểm toán cho tất cả các giải pháp. Báo cáo kết quả khảo sát địa chất của dự án này chỉ ra rằng đoạn Km 30+500 – Km 31+000 không xuất hiện nước ngầm. Thông số kỹ thuật của các lớp đất tự nhiên được trình bày trong Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của nền đất tự nhiên

Lớp	Loại đất	Chiều dày (m)	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	φ (độ)
Lớp 1	Cát lẫn bụi sét	5	20,1	20,0	19,1
Lớp 2	Cát lẫn sét, bụi, dăm sạn	> 5	20,0	25,4	20,4

Ghi chú: γ là dung trọng tự nhiên, c là lực dính, φ là góc nội ma sát của đất.

Thông số kỹ thuật của các vật liệu đất đắp được sử dụng để đắp nền được trình bày trong Bảng 2. Các thông số này được tham khảo từ các thông số kỹ thuật của vật liệu đắp sử dụng cho dự án cao tốc Bắc – Nam đoạn Nha Trang – Cam Lâm.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của các vật liệu đất đắp [10]

Vật liệu	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	φ (độ)
Cát biển	26.5	0	32
Đất cát pha	18.6	23.5	18.5
Đất sét (vật liệu đắp bao)	19.1	33	16

Đối với giải pháp đắp nền đường bằng cát biển gia cố bằng vải địa kỹ thuật, vải địa kỹ thuật được lựa chọn là vải địa kỹ thuật dệt GET 200 [22]. Thông số kỹ thuật của vải địa kỹ thuật GET 200 được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Thông số kỹ thuật của vải địa kỹ thuật dệt GET 200 [22]

Chỉ tiêu	Đơn vị	GET200
Cường độ chịu kéo	KN/m	200/200 ^{a)}
Độ giãn dài khi đứt	%	< 12
Sức kháng thủng CBR	N	15000
Hệ số thấm	s ⁻¹	0.02 – 0.6
Trọng lượng đơn vị	g/m ²	640

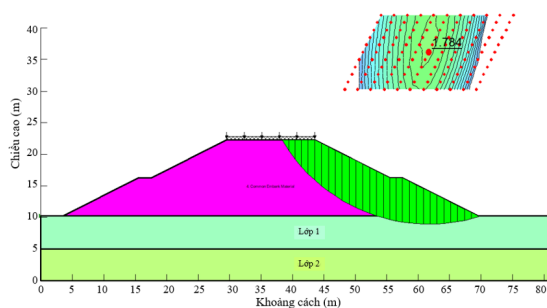
Ghi chú: ^{a)} Cường độ chịu kéo theo hai phương (dọc, ngang) cuộn của vải địa kỹ thuật.

3.2. Phương pháp kiểm toán ổn định nền đường đắp

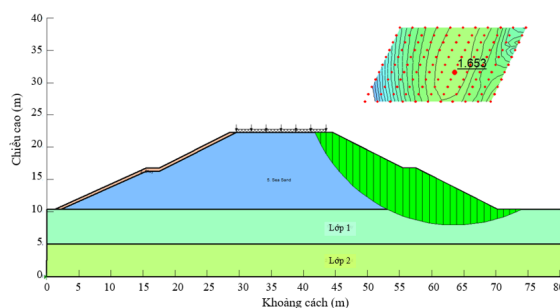
Nghiên cứu này sử dụng phương pháp mặt trượt trụ tròn theo phương pháp Bishop [23] để kiểm toán ổn định nền đường đắp. Việc tính toán và kiểm toán ổn định được thực hiện bằng việc sử dụng phần mềm SLOPE/W. SLOPE/W là phần mềm ổn định mái dốc hàng đầu dành cho mái dốc đất và đá, phân tích được các vấn đề từ đơn giản đến phức tạp đối với nhiều hình dạng bề mặt trượt, điều kiện áp lực nước lỗ rỗng, tính chất của đất và điều kiện tải trọng [24]. Khi áp dụng phương pháp Bishop, hệ số ổn định giới hạn, K_{min} được lấy là 1,40 [25]. Nền đường ổn định khi hệ số ổn định K phải thỏa mãn điều kiện $K \geq K_{min}$. Các phương pháp đắp được kiểm toán trong bài báo này được xét với trường hợp nền đường không chịu ảnh hưởng của mực nước ngầm. Với phương pháp đắp đề xuất (sử dụng vải địa kỹ thuật), việc khai báo vải địa kỹ thuật trong phần mềm SLOPE/W được thực hiện cho từng lớp vải địa kỹ thuật dựa trên việc khai báo lực kéo cho phép của vải địa kỹ thuật theo quy định trong TCVN 9844:2013 [20].

4. Kết quả kiểm toán ổn định và thảo luận

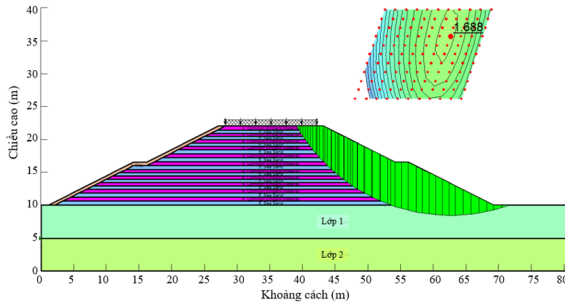
Kết quả kiểm toán ổn định nền đường (hệ số ổn định, K) với các giải pháp đắp khác nhau, chiều cao nền đắp thay đổi được thể hiện trong Bảng 4. Kết quả kiểm toán ổn định nền đường với các giải pháp đắp khác nhau, chiều cao đắp 12,0 m được trình bày trong Hình 5. Với số liệu địa chất của đoạn Km 30+500 – Km 31+000 của dự án cao tốc Bắc Nam đoạn Nha Trang – Cam Lâm như trình bày trong Bảng 1, tất cả các giải pháp đắp áp dụng để kiểm toán đều có hệ số ổn định K lớn hơn hệ số ổn định giới hạn K_{min} . Điều này có nghĩa là các giải pháp đắp nền bằng cát biển đều đảm bảo ổn định tổng thể của nền đường với chiều cao đắp lên tới 12,0 m.



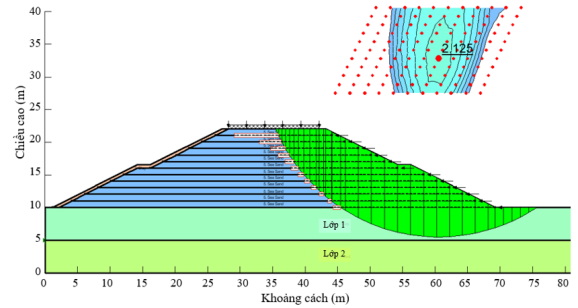
(a) Đắp bằng đất đắp chọn lọc



(b) Đắp bằng 100% cát biển



(c) Đắp xen kẹp cát biển và đất đắp chọn lọc



(d) Đắp bằng cát biển gia cố bằng vải địa kỹ thuật

Hình 5. Kết quả kiểm toán ổn định nền đường với các giải pháp đắp khác nhau, chiều cao đắp 12,0 m

Bảng 4. Hệ số ổn định của nền đường của các giải pháp đắp khác nhau với chiều cao đắp khác nhau

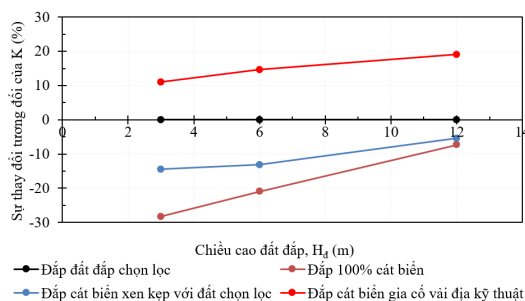
TT	Giải pháp đắp	Chiều cao (m)	Hệ số ổn định, K	Đánh giá	
				Ổn định	Không ổn định
1	Đắp bằng đất đắp chọn lọc	3	3.28	✓	
		6	2.29	✓	
		12	1.78	✓	
2	Đắp bằng 100% cát biển	3	2.35	✓	
		6	1.81	✓	
		12	1.65	✓	
3	Đắp xen kẹp cát biển với đất đắp chọn lọc	3	2.80	✓	
		6	1.99	✓	
		12	1.69	✓	
4	Đắp bằng cát biển gia cố bằng vải địa kỹ thuật	3	3.64	✓	
		6	2.63	✓	
		12	2.13	✓	

Ghi chú: Hệ số ổn định giới hạn, $K_{\min} = 1,40$.

Khi so sánh các giải pháp đắp với cùng điều kiện địa chất, Hình 6 cho thấy rằng, giải pháp đắp bằng 100% cát biển và giải pháp đắp xen kẹp cát biển với đất đắp chọn lọc thường có hệ số ổn định thấp hơn so với giải pháp đắp bằng đất đắp chọn lọc (khoảng từ 5% đến 29%, tùy thuộc chiều cao nền đường đắp). Trong khi đó giải pháp đắp nền đường bằng cát biển có gia cố bằng vải địa kỹ thuật có hệ số ổn định cao hơn so với giải pháp đắp bằng đất đắp chọn lọc (khoảng từ 11% đến 20%, tùy thuộc chiều cao nền đường đắp).

Như đã đề cập ở trên, hệ số ổn định của nền đường phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện địa chất của nền đất tự nhiên. Nếu xét ở một điều kiện địa chất của nền tự nhiên, mà tại đó khi đắp nền đường bằng đất đắp chọn lọc, hệ số ổn định bằng hoặc cao hơn một chút so với hệ số ổn định giới hạn, giải pháp đắp nền đường bằng cát biển có gia cố bằng vải địa kỹ thuật hoàn toàn có thể thay thế giải pháp đắp nền đường bằng đất đắp chọn lọc. Trong khi đó, các giải pháp đắp bằng 100% cát biển và giải pháp đắp xen kẹp cát biển với đất đắp chọn lọc cần phải bổ sung thêm các giải pháp gia cố nền đất tự nhiên theo quy định của TCCS 41:2022/TCĐBVN [25] để đạt được độ ổn định yêu cầu. Do đó, trong các dự án thực tế, cần có so sánh luận chứng về kinh tế - kỹ thuật để lựa chọn được giải pháp đắp phù hợp.

Liên quan đến vấn đề môi trường, khả năng gây nhiễm mặn cho môi trường xung quanh của cát biển là một yếu tố quan trọng cần được xem xét. Việc ngăn cho cát biển tiếp xúc với các nguồn nước mặt, nước ngầm là cần thiết để ngăn chặn sự hòa tan của muối trong cát biển. Mặc dù không tập trung vào việc đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng cát biển đến khả năng nhiễm mặn của môi trường xung quanh, các giải pháp đắp nền đường sử dụng cát biển được kê ra trong nghiên cứu này đã bố trí các lớp đắp bao hai bên mái dốc và đỉnh nền để hạn chế nước mưa, nước mặt xâm nhập vào phần đắp bằng cát biển. Đối với nước ngầm, giải pháp đắp nền đường bằng cát biển thích hợp để sử dụng tại những vị trí không có nước ngầm hoặc tại vị trí mực nước ngầm thấp. Trong trường hợp mực nước ngầm cao, cần có các biện pháp như hạ mực nước ngầm trước khi đắp để ngăn chặn sự xâm nhập của nước ngầm vào phần cát đắp. Đồng thời, để đảm bảo có thể sử dụng cát biển thi công nền đường, cần có các nghiên cứu chi tiết về hiện tượng nhiễm mặn của môi trường xung quanh khi sử dụng cát biển đắp nền, cũng như cần phải thi công thử nghiệm để theo dõi ảnh hưởng của việc sử dụng cát biển đến môi trường trước khi đưa cát biển vào thi công nền đường đại trà.



Hình 6. Sự thay đổi tương đối của hệ số ổn định của các giải pháp đắp bằng cát biển so với giải pháp đắp bằng đất đắp chọn lọc

5. Kết luận

Nghiên cứu này đã giới thiệu thêm giải pháp đắp nền đường bằng cát biển, đó là giải pháp đắp nền đường có gia cố bằng vải địa kỹ thuật. Cát biển được sử dụng để thi công nền đường phải thỏa mãn các chỉ tiêu kỹ thuật quy định trong các tiêu chuẩn hiện hành. Từ kết quả kiểm toán ổn định nền đường có các chiều cao đắp khác nhau với thông số kỹ thuật của vật liệu đắp và nền đất tự nhiên tham khảo từ dự án dự án cao tốc Bắc Nam đoạn Nha Trang – Cam Lâm, có thể kết luận rằng: với cùng một điều kiện địa chất của nền tự nhiên như nhau, trong khi các giải pháp đắp nền đường bằng 100% cát biển, và giải pháp đắp xen kẽ cát biển với đất đắp chọn lọc có hệ số ổn định nhỏ hơn giải pháp đối chứng (giải pháp đắp bằng đất đắp chọn lọc), giải pháp mới được đề xuất có hệ số ổn định nền đường cao hơn so với giải pháp đối chứng với các chiều cao đất đắp khác nhau. Để ngăn chặn việc môi trường xung quanh bị nhiễm mặn do cát biển sử dụng đắp nền, tránh các hiện tượng rửa trôi, hóa lỏng, cần phải luôn đảm bảo nền đường đắp bằng cát biển luôn được bảo vệ, tránh sự xâm nhập của nước mặt, nước ngầm bằng các biện pháp khác nhau, như đắp bao hai bên mái dốc và đỉnh nền, các biện pháp hạ mực nước ngầm,... Để lựa chọn giải pháp đắp phù hợp, cần có so sánh luận chứng về kinh tế - kỹ thuật trong quá trình áp dụng thi công ngoài hiện trường. Đồng thời, việc nghiên cứu, đánh giá sự nhiễm mặn của môi trường xung quanh thông qua thi công thử nghiệm là cần thiết trước khi áp dụng đại trà thi công nền đường bằng cát biển.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyen, V. T., Tong, T. K., Dang, T. T. H., Tran, T. V. N., Nguyen, H. G., Nguyen, T. D., Isobe, Y., Ishigaki, T., Kawamoto, K. (2018). [Current status of construction and demolition waste management in Vietnam: Challenges and opportunities](#). *International Journal of GEOMATE*, 16(52):23–29.
- [2] Thai, H. N., Kato, A., Nguyen, H. G., Nguyen, T. D., Tong, T. K., Nguyen, V. T., Uchimura, T., Maki, T., Kawamoto, K. (2021). [Effects of particle size and type of aggregate on mechanical properties and environmental safety of unbound road base and subbase materials: a literature review](#). *International Journal of GEOMATE*, 20(78):148–157.

- [3] Thai, H. N., Kato, A., Nguyen, H. G., Nguyen, T. D., Tong, T. K., Nguyen, V. T., Uchimura, T., Maki, T., Kawamoto, K. (2021). [Effects of fines content and maximum particle size on mechanical properties and saturated hydraulic conductivity of recycled concrete aggregates for unbound roadbed materials in Vietnam](#). *Japanese Geotechnical Society Special Publication*, 9(6):239–244.
- [4] Thai, H. N., Kawamoto, K., Nguyen, H. G., Sakaki, T., Komatsu, T., Moldrup, P. (2022). [Measurements and modeling of thermal conductivity of recycled aggregates from concrete, clay brick, and their mixtures with autoclaved aerated concrete grains](#). *Sustainability*, 14(4):2417.
- [5] Thai, H. N., Nguyen, T. D., Nguyen, V. T., Nguyen, H. G., Kawamoto, K. (2021). [Characterization of compaction and CBR properties of recycled concrete aggregates for unbound road base and subbase materials in Vietnam](#). *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24(1):34–48.
- [6] Hoang, T., Nguyen, V. P., Thai, H. N. (2019). [Use of coal ash of thermal power plant for highway embankment construction](#). *CIGOS 2019, Innovation for Sustainable Infrastructure*, Springer Singapore, 433–439.
- [7] Nguyễn, V. P., Đinh, V. V. (2018). Một số định hướng sử dụng tro xỉ nhiệt điện trong xây dựng đường ô tô ở điều kiện Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 2(11):22–25.
- [8] Hoàng, M. Đ., Nguyễn, K. T. (2017). Nghiên cứu sử dụng cát đụn tại chỗ làm đường bê tông xi măng trên đảo Phú Quốc. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, 3:37–43.
- [9] Hoang, Q. G., Trịnh, K. K. (2019). Thực trạng khai thác sử dụng cát tự nhiên tại Việt Nam và nghiên cứu tính chất cát biển tại một số vùng biển Việt Nam. *Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, 66:151–156.
- [10] Nguyen, V. P., Pham, D. H., Bui, P. D., Bui, N. T., Nguyen, D. V. A. (2021). [Research the possibility of using sea sand in roadbed construction in Vietnam](#). *International Journal of GEOMATE*, 20(77):123–131.
- [11] Văn, V. T. A., Nguyễn, V. P., Bùi, P. D., Hoàng, T. (2022). Vật liệu đắp nền đường và khả năng sử dụng cát nhiễm mặn để đắp nền đường ô tô tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Đại học Kiến Trúc*, 45: 29–33.
- [12] Gutt, W., Collins, R. J. (1987). *Sea-dredged aggregates in concrete*. Build. Res. Establ. Watford, UK, vol. 7.
- [13] Xiao, J., Qiang, C., Nanni, A., Zhang, K. (2017). [Use of sea-sand and seawater in concrete construction: Current status and future opportunities](#). *Construction and Building Materials*, 155:1101–1111.
- [14] TCVN 9436:2012. *Nền đường ô tô - Thi công và nghiệm thu*. Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam.
- [15] Garel, E., Bonne, W., Collins, M. B. (2009). [Offshore sand and gravel mining](#). *Encyclopedia of Ocean Sciences*, Elsevier, 182–190.
- [16] The British Marine Aggregate Producers Association (BMAPA) (2006). [Aggregates from the sea](#). Accessed Jun. 07, 2023.
- [17] Zheng, J., Bian, C. H. (2014). *A review of the present situation of the development and utilization of fine aggregate*. In Ready-Mixed Concrete.
- [18] TCVN 4054:2005. *Đường ô tô - Yêu cầu thiết kế*. Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam.
- [19] Krishna, A. M., Biswas, A. (2015). [Geocell reinforced foundations](#). *Training Course on Introduction to Geosynthetics and Their Applications*.
- [20] TCVN 9844:2013. *Yêu cầu thiết kế, thi công và nghiệm thu vải địa kỹ thuật trong xây dựng nền đắp trên đất yếu*. Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam.
- [21] TCCS 42:2022/TCĐBVN. *Đường ô tô cao tốc - Thiết kế và tổ chức giao thông trong giai đoạn phân kỳ đầu tư xây dựng*. Tiêu chuẩn Cơ sở Bộ Giao thông vận tải - Tổng cục Đường bộ Việt Nam.
- [22] Vải địa kỹ thuật GET 200. <https://vaidiakythuatsg.com/vai-dia-ky-thuat-get-200.html>. Truy cập ngày 07/6/2023.
- [23] Bishop, A. W. (1955). [The use of the slip circle in the stability analysis of slopes](#). *Géotechnique*, 5(1): 7–17.
- [24] Slope stability analysis. <https://www.geoslope.com/products/slope-w>. Accessed Jun. 07, 2023.
- [25] TCCS 41:2022/TCĐBVN. *Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền đường ô tô trên đất yếu*. Tiêu chuẩn Cơ sở Bộ Giao thông vận tải - Tổng cục Đường bộ Việt Nam.