

Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng tải trọng động đến ổn định mái dốc nền đường

■ TS. NGUYỄN VĂN DU(*)¹; PGS. TS. NGUYỄN VĂN HÙNG

Trưởng Đại học Giao thông vận tải

Email: (*)dunv_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Trên cơ sở nghiên cứu tác dụng của tải trọng động các phương tiện giao thông đến ổn định của nền đường, dựa trên tiêu chuẩn của CHLB Nga, nghiên cứu thực hiện tính toán và đánh giá độ ổn định của mái dốc nền đường dưới tác dụng của tải trọng tĩnh và tải trọng động, từ đó nghiên cứu đã đề xuất bổ sung việc xét đến tải trọng động trong tính toán ổn định của nền đường.

TỪ KHÓA: Ảnh hưởng, tải trọng tĩnh, tải trọng động, ổn định nền đường.

ABSTRACT: This study computed the stability of roadbed slopes under the impact of both static and dynamic loads, based on a study that used Russian standards to investigate how dynamic vehicle loads affect roadbed stability. Furthermore, the study recommends taking dynamic loads into account when assessing the roadbed's stability.

KEYWORDS: Affect, static load, dynamic load, roadbed's stability.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nền đường là bộ phận cơ bản của công trình đường ô tô, nền đường phải được thi công đạt đúng kích thước các yếu tố hình học, đảm bảo cường độ và độ ổn định yêu cầu. Theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu nền - mặt đường hiện hành (TCCS 38:2022/TCĐBVN) [3], tải trọng thiết kế là tải trọng trục tính toán tiêu chuẩn. Trong tính toán, độ lún và ổn định của nền đường là tải trọng của số xe nặng tối đa cùng một lúc có thể đi khắp bề rộng nền đường (TCCS 41:2022/TCĐBVN) [4].

Như vậy, trong các tiêu chuẩn hiện hành, khi tính toán ổn định nền đường mới chỉ xét đến tải trọng tĩnh tác dụng

và chưa có khuyến nghị việc tính đến tác động động từ các phương tiện giao thông. Tải trọng động của xe cộ làm gia tăng tác dụng xuống nền đường, tăng nguy cơ gây mất ổn định, đặc biệt nghiêm trọng đối với nền đường đắp cao trên nền đất yếu. Ở CHLB Nga, việc tính toán kết cấu nền - mặt đường Tiêu chuẩn ODM 218.2.068-2016 [6] đã xét đến tác động động từ các phương tiện giao thông trong tính toán cường độ, độ ổn định và khả năng biến dạng của nền đường. Hiện nay, ở Việt Nam đang triển khai xây dựng nhiều tuyến đường cao tốc, đi qua các vùng địa chất phức tạp, nền đất yếu, chiều cao đào đắp lớn nên trong tính toán cần phải xem xét đến tác dụng của tải trọng động của phương tiện giao thông nhằm đảm bảo cho kết cấu nền - mặt đường đủ cường độ, ổn định trong quá trình xây dựng và khai thác.

Việc tính toán nền đường thường được thực hiện theo hai nhóm trạng thái giới hạn, về khả năng chịu lực (ổn định mái dốc và khả năng chịu lực của nền đường) và khả năng biến dạng làm ảnh hưởng đến sự làm việc bình thường của kết cấu áo đường (do biến dạng dư hoặc biến dạng đàn hồi vượt quá giá trị cho phép). Trong bài báo này tập trung nghiên cứu độ ổn định của nền đường dưới tác dụng động của tải trọng xe, từ đó có các đề xuất bổ sung trong phương pháp tính toán kết cấu nền - mặt đường.

2. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA TẢI TRỌNG ĐỘNG PHƯƠNG TIỆN GIAO THÔNG ĐẾN NỀN ĐƯỜNG

2.1. Các dạng hư hỏng chủ yếu về ổn định chung của mái dốc nền đường

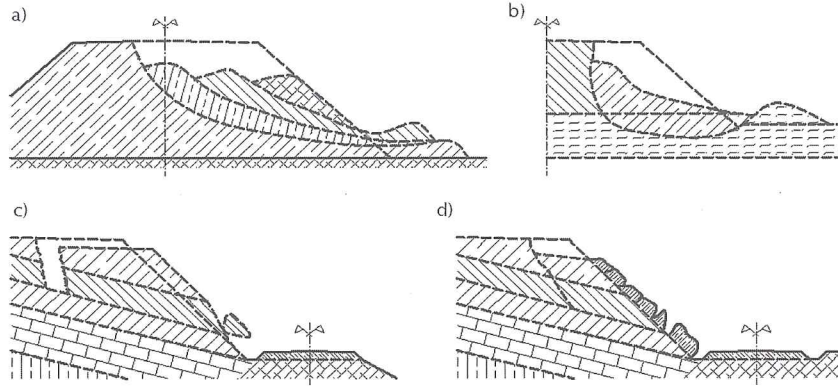
Mái dốc của nền đường có thể xảy ra các hiện tượng mất ổn định chung sau (Bảng 2.1 và Hình 2.1) [6]:

- Sụp do cắt hoặc trượt;
- Sụp do mất khả năng chịu lực của nền đất;
- Trượt;
- Sạt lở đất.

Bảng 2.1. Các dạng hư hỏng chủ yếu về ổn định chung của mái dốc nền đường

Các dạng mất ổn định chung	Bản chất của biến dạng	Các tính năng đặc trưng cấu trúc của tầng dốc
Sụp do cắt hoặc trượt	Dịch chuyển một phần mái dốc do vết cắt dọc theo mặt tới hạn, thường có hình dạng gần với cung tròn, với một số chuyển động quay quanh trục nằm ngang.	Mái ta-luy bằng đất sét, có cấu trúc khá đồng nhất.
Sụp do mất khả năng chịu lực của nền đất	Dịch chuyển thẳng đứng (hạ thấp) với chuyển động ngang của một phần mái dốc do lún trôi các lớp đất không ổn định dưới nền đường hoặc ở chân mái dốc.	Do đất đắp hoặc đất phía dưới nền tự nhiên có cường độ thấp, có khả năng bị trôi ra dưới tác động của các lớp bên trên; đất, đá không ổn định nước hoặc lún nhiều.

Các dạng mất ổn định chung	Bản chất của biến dạng	Các tính năng đặc trưng cấu trúc của tầng dốc
Trượt	Chuyển dịch một phần mái dốc theo mặt phẳng nghiêng của địa tầng.	Sự xuất hiện mặt trượt rõ ràng do cấu trúc của địa chất, độ dốc của mái dốc lớn.
Sạt lở đất	Chuyển động gần như nằm ngang của một phần mái dốc dưới tác dụng của áp lực ngang của khối đất (lực đẩy) và áp lực dọc theo lớp yếu hoặc dọc theo bề mặt ẩm của lớp sét bên dưới khi nằm ngang.	Do cấu trúc của tầng lớp với các lớp đất sét dẻo mềm nằm ngang hoặc có độ dốc thấp.



Hình 2.1: Các dạng mất ổn định tổng thể của mái dốc [6]

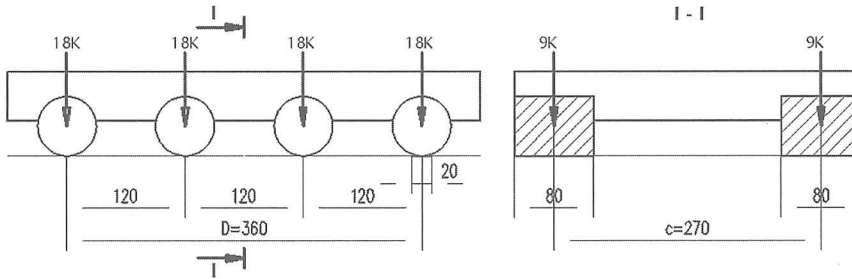
2.2. Đánh giá ảnh hưởng của tải trọng động phương tiện giao thông đến ổn định mái dốc nền đường

2.2.1. Tải trọng của phương tiện giao thông [6]

Khi tính toán cường độ, ổn định và biến dạng của nền đường thì cần phải xét đến ảnh hưởng của:

- Tải trọng tĩnh trên bề mặt của nền đất;
- Tải trọng động phát sinh, lan truyền và tắt dần trong đất nền, làm suy giảm các giá trị tính toán về đặc trưng cơ học của đất nền (lực dính C và góc nội ma sát φ).

Khi tính toán độ ổn định của mái dốc nền đường dưới tác động tải trọng động, sử dụng tải trọng trục tiêu chuẩn được thể hiện dưới dạng một giá chuyển hướng bốn trục với tải trọng trên mỗi trục là 18K (kN) (Hình 2.2).



Hình 2.2: Sơ đồ tải trọng tiêu chuẩn để tính toán ổn định mái dốc của nền đường

Việc tính toán tải trọng di chuyển tạm thời được thực hiện bằng cách đưa tải trọng này đến lớp đất tương đương của nền đất. Bề dày lớp đất tương đương H_{td} m được tính theo công thức (1).

$$H_{td} = \frac{4.18K}{(D+0,2).(c+0,8).\rho_d} \quad (1)$$

Trong đó:

- 18K - Tải trọng trục tiêu chuẩn, kN;
- D - Chiều dài cơ sở tải trọng trục tiêu chuẩn, m;
- c - Chiều rộng vệt bánh tải trọng trục tiêu chuẩn, m;
- ρ_d - Tỷ trọng của đất, kN/m³.

2.2.2. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng phương pháp giải tích để tính toán hệ số ổn định của nền đường dưới tác dụng của tải trọng tĩnh và động.

Dùng phần mềm Plaxis phân tích hệ số ổn định của nền đường, để đối sánh với kết quả tính toán theo phương pháp giải tích.

2.2.3. Tính toán ổn định mái dốc của nền đường, có tính đến tác động động của tải trọng xe

2.2.3.1. Các bước chính trong tính toán [6]

- Thiết kế mặt cắt ngang nền đường;
- Xác định tải trọng tính toán: Được xác định theo sơ đồ Hình 2.2;
- Quy đổi tải trọng tính toán về lớp đất tương đương, theo công thức (1);
- Xác định chiều dày lớp đất phía dưới nền mặt đường, trong đó ảnh hưởng của tải trọng động lên đặc tính cường độ của đất theo công thức.

$$H = 3,0 - h_0 \quad (2)$$

Trong đó:

- H - Vùng ảnh hưởng của tải trọng động đến tính chất cơ học của đất nền, m;
- h_0 - Tổng chiều dày mặt đường, m.
- Xác định mô-đun đàn hồi trung bình, có xét đến tác dụng của tải trọng động tác dụng lên bề mặt lớp nằm dưới theo công thức:

$$E_y = \frac{E_{1-H} \cdot h_1 + E_{2-H} \cdot h_2 + \dots + E_{n-H} \cdot h_n}{3,0 - h_0} \quad (3)$$

Trong đó: E_{i-H} - Mô-đun đàn hồi động của đất trong mỗi lớp được xem xét, MPa.

- Xác định được biên độ dao động tính toán của đất nền trong phạm vi chiều rộng của mặt đường tại cao độ nền đường.

- Xác định cung trượt, chia cung trượt thành các khối (mảnh).

- Tìm lực Q (kN, T), tác dụng lên trọng tâm của mỗi khối, bằng trọng lượng riêng của khối đó; thành phần pháp tuyến N (kN, T) và thành phần tiếp tuyến G (kN, T) của trọng lượng bản thân khối.

- Tính biên độ dao động của nền đất A_{zy} (μ m) trong mỗi khối, trong đó tọa độ z (m) và y (m) trong công thức (4) là tọa độ trung điểm của các cung trượt.

$$A_{zy} = A_0 \cdot e^{z \cdot \lg \delta_1 - f(y) \cdot \delta_2' - f'(y) \cdot \delta_2'' + \delta_3 \cdot h_i} \quad (4)$$

Trong đó:

- A_{zy} - Biên độ dao động của nền đất tại một điểm ở độ sâu z (μ m) từ cao độ đáy mặt đường và ở khoảng cách y (m) từ tim nền đường, μ m;

- A_0 - Biên độ dao động của nền đất trong phạm vi bề rộng mặt đường tại cao độ đáy mặt đường, μ m;

$$f(y) = \begin{cases} 9,0 & \text{nếu } y > b_0 + 9,0 \\ (y - b_0) & \text{nếu } b_0 < y \leq b_0 + 9,0 \\ 0 & \text{nếu } y \leq b_0 \end{cases}$$

$$f'(y) = \begin{cases} (y - b_0) & \text{với } b_0 < y \\ 0 & \text{nếu } y \leq b_0 \end{cases}$$

$$h_i = \begin{cases} 0 & \text{nếu } y \leq 0,5 \cdot B \\ (y - 0,5 \cdot B) \cdot \text{tg} \alpha & \text{nếu } 0,5 \cdot B < y \leq H_{HB} \cdot \text{tg} \alpha + 0,5 \cdot B \\ 0 & \text{nếu } y > H_{HB} \cdot \text{tg} \alpha + 0,5 \cdot B \end{cases}$$

- Trong đó: b_0 - Nửa chiều rộng mặt đường, m;
- 9,0 - Kích thước của vùng suy giảm mạnh các dao

- động theo phương ngang với tim đường, tính từ mép mặt đường, m;

- B - Chiều rộng của nền đường, m;
- H_{HB} - Chiều cao mái dốc của nền đắp hoặc đào, m;
- α - Góc nghiêng của mái dốc của nền đắp hoặc đào, được xác định bởi độ dốc của nền tự nhiên;

- δ_1 - Hệ số tắt dần dao động trong mặt phẳng thẳng đứng, 1/m;

- δ_2', δ_2'' - Hệ số tắt dần dao động trong mặt phẳng nằm ngang, 1/m;

- δ_3 - Hệ số tắt dần dao động ở phần dốc, 1/m, được xác định theo công thức:

$$\delta_3 = \frac{\lg \delta_1}{1,5 \cdot \cot \alpha} \quad (5)$$

- Xác định lực dính C và góc ma sát trong của đất φ , dưới tác dụng của tải trọng động;

- Xác định phản lực của đất trên mặt trượt gồm lực ma sát ($N \cdot \text{tg} \varphi$), tỉ lệ thuận với ứng suất pháp tuyến và lực bám dính ($C \cdot l$).

- Xác định hệ số ổn định của mái dốc dưới tác dụng của tải trọng động đối với mặt trượt được sử dụng theo công thức:

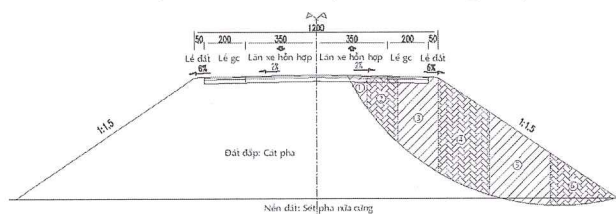
$$K = \frac{\sum_{i=1}^R (N_i \cdot \text{tg} \varphi_{i-H} + C_{i-H} \cdot l_i)}{\sum_{i=1}^R T_i} \quad (6)$$

2.2.3.2. Tính toán, đánh giá ổn định mái dốc nền đường

Tác giả tính toán ổn định mái dốc nền đường cho đoạn đường đầu cầu Bung Trường 2, QL53, tỉnh Sóc Trăng [5].

Các thông số chính trong tính toán:

- Chiều rộng nền đường $B_{\text{nền}} = 12$ m, chiều rộng mặt đường (cả lề gia cố) $B_{\text{mặt}} = 11$ m;
- Chiều cao đất đắp $H_{\text{đắp}} = 6$ m, vật liệu đắp bằng đất cát pha;
- Đất nền tự nhiên: Đất sét pha nửa cứng, dày 6 m.



Hình 2.3: Mặt cắt ngang nền đường tính toán

Bảng 2.2. Kết quả tính hệ số ổn định mái dốc nền đắp dưới tác dụng của tải trọng tĩnh

TT	TT lớp đất	Trọng lượng khối trượt, Q_i (Tấn)	N_i (Tấn)	G_i (Tấn)	Lực ma sát trong của các khối		Lực dính của các khối
					$N_i \cdot \text{tg} \varphi_{i-H}$ (Tấn)	$C_{i-H} \cdot l_i$ (Tấn)	
1	1	1,60	0,85	1,35	0,39	0,19	
2	1	6,95	4,65	5,16	2,17	0,22	
3	1	15,11	12,23	8,88	5,70	0,25	
4	1	20,89	19,09	8,49	8,90	0,27	
5	2	19,26	19,02	3,01	6,92	1,52	
6	2	8,54	8,50	-0,89	3,09	1,66	
Tổng cộng		72,35	64,34	26,01	27,17	4,11	

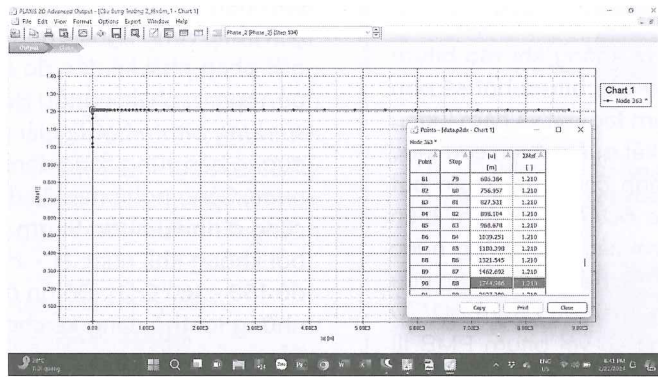
Hệ số ổn định $K = (26,01 + 4,11) / 27,17 = 1,203$

Bảng 2.3. Kết quả tính hệ số ổn định mái dốc nền đắp dưới tác dụng của tải trọng động

TT	TT lớp đất	Trọng lượng khối trượt, Q_i (Tấn)	N_i (Tấn)	G_i (Tấn)	Lực ma sát trong của các khối		Lực dính của các khối	
					$N_i \cdot \text{tgj}_{i,H}$ (Tấn)		$C_{i,c} \cdot l_i$ (Tấn)	
1	1	1,60	0,85	1,35	0,33		0,15	
2	1	6,95	4,65	5,16	1,93		0,20	
3	1	15,11	12,23	8,88	5,35		0,24	
4	1	20,89	19,09	8,49	8,69		0,28	
5	2	19,26	19,02	3,01	6,86		1,59	
6	2	8,54	8,50	-0,89	3,08		1,75	
Tổng cộng		72,35	64,34	26,01	26,24		4,20	

Hệ số ổn định $K = (26,01 + 4,20) / 26,24 = 1,17$.

Tác giả cũng sử dụng phần mềm Plaxis 2023 để tính toán, hệ số ổn định tính được $K = 1,21$ (Hình 2.4).



Hình 2.4. Kết quả tính toán hệ số ổn định bằng phần mềm Plaxis

Nhận xét: Từ kết quả tính hệ số ổn định dưới tác dụng của tải trọng tĩnh, tải trọng động theo tiêu chuẩn ODM 218.2.068-2016, kết quả tính hệ số ổn định bằng phần mềm Plaxis cho thấy:

- Tính hệ số ổn định dưới tác dụng của tải trọng tĩnh theo ODM 218.2.068-2016 và tính hệ số ổn định bằng phần mềm Plaxis cho kết quả tương tự nhau (tương ứng $K = 1,203$ và $K = 1,21$) và đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn hiện hành TCCS 41:2022/TCĐBVN [4] (Hệ số ổn định nhỏ nhất trong quá trình thi công: $K_{min} = 1,20$).

- Hệ số ổn định dưới tác dụng của tải trọng động theo ODM 218.2.068-2016 nhỏ hơn tính với tải trọng tĩnh, nhỏ hơn xấp xỉ 3% và không đạt yêu cầu của tiêu chuẩn hiện hành - $K_{min} = 1,20$.

3. KẾT LUẬN

Từ các kết quả tính toán, phân tích cho thấy, nếu chỉ tính toán với tải trọng tĩnh tác dụng thì nền đường đảm bảo ổn định, tuy nhiên khi xét đến tải trọng động tác dụng thì nền đường có thể mất ổn định.

Tải trọng động của xe cộ làm gia tăng tác dụng xuống nền đường, tăng nguy cơ gây mất ổn định, đặc biệt là trong trường hợp đắp trên nền đất yếu, chiều cao đất đắp lớn thường thời gian thi công kéo dài, các phương tiện, máy móc thi công di chuyển nhiều nên việc xét đến tải trọng động tác dụng xuống nền đường là cần thiết.

Do đó, kiến nghị nên xem xét bổ sung việc tính toán ổn định nền đường dưới tác dụng của tải trọng động khi thiết kế nền đường ô tô.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Bộ GTVT (2012), *Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9436:2012 - Nền đường ô tô - Thi công và nghiệm thu.*
- [2]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), *TCCS 37:2022/TCĐBVN - Áo đường mềm - Yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế theo chỉ số kết cấu (SN).*
- [3]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), *TCCS 38:2022/TCĐBVN - Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế.*
- [4]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), *TCCS 41:2022/TCĐBVN, Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền đường ô tô trên nền đất yếu.*
- [5]. Công ty Cổ phần Tư vấn thiết kế GTVT phía Nam (2023), *Hồ sơ khảo sát địa chất công trình - Bước báo cáo nghiên cứu khả thi, dự án đầu tư xây dựng công trình công trình cải tạo, nâng cấp Quốc lộ 53 đoạn Long Hồ - Ba Si trên địa bàn hai tỉnh Vĩnh Long và Trà Vinh.*
- [6]. ODM 218.2.068-2016 (2016), *Рекомендации по учету динамического воздействия от современных транспортных средств при расчётах прочности, устойчивости и деформативности земляного полотна.*

Ngày nhận bài: 29/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 19/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 02/5/2024