

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI**

**ĐỖ THẮNG**

**NGHIÊN CỨU ỔN ĐỊNH  
NỀN ĐƯỜNG ĐẤT ĐÁP TRÊN NỀN THIÊN NHIÊN**

**Chuyên ngành: Xây dựng đường ô tô và đường thành phố.**

**Mã số: 62.58.02.05.01**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:**

**1. GS.TSKH. HÀ HUY CƯỜNG**

**2. TS. VŨ ĐỨC SỸ**

**Hà Nội - 2014**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

**Tác giả luận án**

**Đỗ Thắng**

## LỜI CẢM ƠN

Tác giả luận án xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc tới GS.TSKH Hà Huy Cương và TS Vũ Đức Sỹ đã tận tình hướng dẫn về khoa học, tạo điều kiện thuận lợi, giúp đỡ tác giả trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu và hoàn thành luận án.

Tác giả xin chân thành cảm ơn các Giáo sư, Phó Giáo sư, Tiến sỹ, các chuyên gia, các nhà khoa học trong và ngoài Trường Đại học Giao thông Vận tải đã có nhiều ý kiến đóng góp và chỉ dẫn quý báu cho luận án.

Tác giả xin trân trọng cảm ơn cán bộ, giảng viên của Bộ môn Đường bộ, Khoa Công trình, Phòng Đào tạo Sau đại học - Trường Đại học Giao thông Vận tải đã tạo điều kiện, giúp đỡ cho tác giả trong quá trình học tập, nghiên cứu tại Nhà trường.

Tác giả xin trân trọng cảm ơn Ban Giám hiệu, Khoa Kiến trúc & Công trình - Trường Đại học Dân lập Phương Đông, nơi tác giả đang công tác, đã tạo điều kiện để tác giả có thể hoàn thành được luận án.

Cuối cùng, tác giả muốn bày tỏ lòng biết ơn đối với những người thân trong gia đình đã động viên khích lệ và chia sẻ khó khăn với tác giả trong suốt thời gian thực hiện luận án.

**Tác giả luận án**

**Đỗ Thắng**

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN .....	ii
MỤC LỤC .....	iii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU .....	vi
DANH MỤC CÁC BẢNG .....	vii
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ .....	viii
MỞ ĐẦU .....	1
1. Lý do chọn đề tài.....	1
2. Mục đích nghiên cứu.....	3
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	3
4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài .....	3
5. Bố cục của luận án .....	4
6. Đóng góp mới của luận án.....	5
Chương 1	
TỔNG QUAN VỀ NGHIÊN CỨU ỔN ĐỊNH NỀN ĐƯỜNG ĐẤT ĐẮP	
TRÊN NỀN THIÊN NHIÊN .....	7
1.1. Phân tích các nghiên cứu liên quan ở trong và ngoài nước.....	7
1.1.1. Các dạng mất ổn định nền đắp trên nền thiên nhiên.....	7
1.1.2. Phương pháp nghiên cứu ổn định nền đường .....	9
1.1.2.1. Các liên hệ cơ bản của vật liệu đàn dẻo lý tưởng .....	9
1.1.2.2. Phương pháp nghiên cứu ổn định khối đất.....	16
1.1.2.3. Cường độ giới hạn nền thiên nhiên.....	17
1.1.2.4. Phương pháp nghiên cứu ổn định mái dốc.....	27
1.2. Những vấn đề còn tồn tại trong nghiên cứu ổn định nền đường đất đắp	
trên nền thiên nhiên.....	33
1.3. Mục tiêu và nội dung nghiên cứu của luận án .....	34
Chương 2	
CƠ SỞ LÝ THUYẾT NGHIÊN CỨU ỔN ĐỊNH NỀN ĐƯỜNG ĐẤT ĐẮP	
TRÊN NỀN THIÊN NHIÊN .....	36

2.1. Lý thuyết min ( $\tau_{max}$ ) .....	36
2.1.1. Trường ứng suất đàn hồi trong đất.....	37
2.1.2. Trường ứng suất dựa trên lý thuyết min ( $\tau_{max}$ ).....	40
2.2. Xây dựng bài toán xác định trường ứng suất trong đất.....	44
2.3. Phương pháp sai phân hữu hạn để giải bài toán .....	46
2.4. Lời giải bài toán Flamant bằng số.....	48
2.5. Lời giải bài toán phẳng theo lý thuyết min ( $\tau_{max}$ ) .....	52
2.6. Kết quả và bàn luận .....	54
 Chương 3	
BÀI TOÁN CƠ BẢN VỀ TẢI TRỌNG GIỚI HẠN VÀ ỔN ĐỊNH MÁI DỐC ....	56
3.1. Trạng thái ứng suất tự nhiên của nền đất trong nửa không gian vô hạn .....	56
3.2. Bài toán Prandtl.....	57
3.3. Bài toán góc dốc giới hạn của khối cát khô.....	61
3.4. Kết quả và bàn luận .....	67
 Chương 4	
NGHIÊN CỨU ỔN ĐỊNH KHỐI ĐẤT CÓ MÁI DỐC THẲNG ĐỨNG .....	69
4.1. Nghiên cứu ổn định mái dốc thẳng đứng do tải trọng ngoài.....	69
4.2. Nghiên cứu ổn định mái dốc thẳng đứng do trọng lượng bản thân .....	77
4.3. Kết quả và bàn luận .....	83
 Chương 5	
PHƯƠNG PHÁP MỚI NGHIÊN CỨU ỔN ĐỊNH NỀN ĐƯỜNG ĐẤT ĐẤP	
TRÊN NỀN THIÊN NHIÊN .....	85
5.1. Nghiên cứu ổn định nền đường đất đắp trên nền thiên nhiên.....	85
5.1.1. Xây dựng bài toán .....	85
5.1.2. Khảo sát ảnh hưởng của lưới sai phân đến chiều cao giới hạn nền đắp.....	87
5.1.3. Khảo sát ảnh hưởng của bề rộng nền đắp đến chiều cao giới hạn nền đắp.....	87
5.1.4. Khảo sát ảnh hưởng của độ dốc taluy đến chiều cao giới hạn nền đắp.....	88

5.1.5. Khảo sát ảnh hưởng của lực dính đơn vị đến chiều cao giới hạn nền đắp.....	89
5.1.6. Khảo sát ảnh hưởng của góc nội ma sát đến chiều cao giới hạn nền đắp.....	90
5.1.7. So sánh kết quả tính toán chiều cao giới hạn nền đắp theo phương pháp phân tích giới hạn với phương pháp cân bằng giới hạn.....	92
5.1.8. Khảo sát ảnh hưởng của nền đất không đồng nhất đến chiều cao giới hạn nền đắp.....	94
5.2. Ứng dụng phương pháp mới nghiên cứu ổn định nền đường trong tính toán thiết kế .....	99
5.3. Kết quả và bàn luận.....	100
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....	102
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ .....	104
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	105

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU

B	Bề rộng nền đường
c	Lực dính đơn vị
$c_0$	Lực dính đơn vị của nền thiên nhiên
$c_1$	Lực dính đơn vị của nền đắp
E	Môđun đàn hồi
G	Môđun trượt
H	Chiều cao nền đắp
$H_{gh}$	Chiều cao giới hạn nền đắp
i, j	Thứ tự hàng và cột trong lưới sai phân
$K_0$	Hệ số áp lực đất tĩnh
m, n	Số nút lưới sai phân theo trục y và theo trục x
$N_c, N_q, N_\gamma$	Hệ số tải trọng giới hạn
p	Tải trọng tác dụng
$p_{gh}$	Tải trọng giới hạn
$\Delta x, \Delta y$	Kích thước ô lưới sai phân theo trục x và trục y
$\varphi$	Góc nội ma sát
$\varphi_0$	Góc nội ma sát của nền thiên nhiên
$\varphi_1$	Góc nội ma sát của nền đắp
$\gamma$	Trọng lượng thể tích
$\varepsilon$	Biến dạng tương đối
$\nu$	Hệ số Poisson
$\sigma$	Ứng suất nén
$\sigma_x, \sigma_y$	Ứng suất pháp theo phương x, y
$\sigma_1, \sigma_2$	Các ứng suất chính
$\tau$	Ứng suất tiếp
$\tau_f$	Ứng suất tiếp giới hạn
$\tau_{max}$	Ứng suất tiếp lớn nhất
$\tau_{xy}, \tau_{yx}$	Các ứng suất tiếp

## DANH MỤC CÁC BẢNG

<b>Bảng 2.1.</b> Ứng suất pháp $\sigma_y$ theo lý thuyết đàn hồi tại vị trí giữa dải tải trọng .....	50
<b>Bảng 4.1.</b> Tải trọng giới hạn khối đất có mái dốc thẳng đứng.....	71
<b>Bảng 4.2.</b> Tải trọng giới hạn khối đất có mái dốc thẳng đứng.....	73
<b>Bảng 4.3.</b> Chiều cao giới hạn khối đất có mái dốc thẳng đứng.....	79
<b>Bảng 4.4.</b> Chiều cao giới hạn khối đất có mái dốc thẳng đứng.....	80
<b>Bảng 5.1.</b> Chiều cao giới hạn nền đường theo bề rộng ô lưới sai phân.....	87
<b>Bảng 5.2.</b> Chiều cao giới hạn nền đường theo chiều rộng nền đường .....	88
<b>Bảng 5.3.</b> Chiều cao giới hạn nền đường theo độ dốc taluy .....	88
<b>Bảng 5.4.</b> Chiều cao giới hạn nền đường theo lực dính đơn vị.....	89
<b>Bảng 5.5.</b> Chiều cao giới hạn nền đường theo góc nội ma sát.....	91
<b>Bảng 5.6.</b> Chiều cao giới hạn nền đường theo phương pháp phân tích giới hạn .....	92
và phương pháp cân bằng giới hạn đối với trường hợp đất dính lý tưởng (m) .....	92
<b>Bảng 5.7.</b> Chiều cao giới hạn nền đường theo phương pháp phân tích giới hạn .....	93
và phương pháp cân bằng giới hạn đối với trường hợp đất thông thường (m) .....	93
<b>Bảng 5.8.</b> Quan hệ giữa tỷ số $H_{gh}*\gamma/c_0$ với góc nội ma sát và tỷ số lực dính đơn vị.....	97



## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

<b>Hình 1.1.</b> Các hiện tượng mất ổn định nền đường đắp.....	7
<b>Hình 1.2.</b> Mô hình đàn dẻo lý tưởng .....	10
<b>Hình 1.3.</b> Vòng tròn Mohr .....	11
<b>Hình 1.4.</b> Điều kiện chảy dẻo Mohr-Coulomb.....	12
<b>Hình 1.5.</b> Mặt chảy dẻo và vectơ tốc độ biến dạng dẻo.....	14
<b>Hình 1.6.</b> Sơ đồ tính toán theo định lý giới hạn dưới .....	17
<b>Hình 1.7.</b> Sơ đồ tính toán theo định lý giới hạn trên .....	19
<b>Hình 1.8.</b> Sơ đồ tải trọng và vùng cân bằng giới hạn .....	19
<b>Hình 1.9.</b> Sơ đồ khả năng chịu tải của nền theo Terzaghi .....	20
<b>Hình 1.10.</b> Sơ đồ khả năng chịu tải của nền theo Berezansev .....	21
<b>Hình 1.11.</b> Sơ đồ xác định trạng thái ứng suất trường hợp tải trọng hình băng phân bố đều.....	22
<b>Hình 1.12.</b> Sơ đồ xác định trạng thái ứng suất trường hợp tải trọng hình băng phân bố dạng tam giác.....	24
<b>Hình 1.13.</b> Đường đẳng $K_{min}$ và bề rộng vùng dẻo R.....	26
<b>Hình 1.14.</b> Sơ đồ tính ổn định mái dốc.....	28
<b>Hình 1.15.</b> Trường ứng suất giả thiết.....	31
<b>Hình 1.16.</b> Mặt trượt giả thiết dạng xoắn ốc logarit.....	32
<b>Hình 2.1.</b> Đám chặt đất .....	36
<b>Hình 2.2.</b> Ứng suất trên phân tố đất.....	37
<b>Hình 2.3.</b> Ứng suất tiếp max ( $\tau_{max}$ ).....	40
<b>Hình 2.4.</b> Sơ đồ tính nền đắp hình thang .....	44
<b>Hình 2.5.</b> Mặt thoát nước ngang .....	45
<b>Hình 2.6.</b> Mặt thoát nước nghiêng.....	45
<b>Hình 2.7.</b> Ô lưới sai phân tính toán .....	46
<b>Hình 2.8.</b> Sơ đồ giải bài toán Flamant.....	48
<b>Hình 2.9.</b> Sơ đồ tính toán theo phương pháp sai phân .....	49
<b>Hình 2.10.</b> Biểu đồ các đường đẳng ứng suất pháp $\sigma_y$ (kPa) theo lý thuyết đàn hồi .....	50

<b>Hình 2.11.</b> Biểu đồ ứng suất pháp $\sigma_y$ (kPa) tại vị trí giữa dải tải trọng theo phương pháp sai phân hữu hạn và giải tích .....	51
<b>Hình 2.12.</b> Biểu đồ các đường đẳng ứng suất pháp $\sigma_y$ (kPa) theo lý thuyết min ( $\tau_{max}$ ) .....	53
<b>Hình 2.13.</b> Biểu đồ ứng suất pháp $\sigma_y$ (kPa) tại vị trí giữa dải tải trọng theo lý thuyết đàn hồi và lý thuyết min ( $\tau_{max}$ ) .....	53
<b>Hình 3.1a.</b> Biểu đồ ứng suất $\sigma_x$ (kPa) .....	56
<b>Hình 3.1b.</b> Biểu đồ ứng suất $\sigma_y$ (kPa) .....	56
<b>Hình 3.2.</b> Ứng suất tiếp xúc dưới móng cứng .....	58
<b>Hình 3.3.</b> Sơ đồ giải bài toán Prandtl .....	60
<b>Hình 3.4.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	61
<b>Hình 3.5.</b> Sơ đồ tính toán góc dốc giới hạn .....	62
<b>Hình 3.6.</b> Sơ đồ giải bài toán góc dốc giới hạn của khối cát khô .....	64
<b>Hình 3.7.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	65
<b>Hình 3.8.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	65
<b>Hình 3.9.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	66
<b>Hình 3.10.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	67
<b>Hình 4.1.</b> Sơ đồ tính ổn định của mái dốc thẳng đứng do tải trọng ngoài .....	69
<b>Hình 4.2.</b> Sơ đồ giải bài toán tải trọng giới hạn của mái dốc thẳng đứng .....	71
<b>Hình 4.3.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	72
<b>Hình 4.4.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	73
<b>Hình 4.5.</b> Sơ đồ tính ổn định của mái dốc thẳng đứng trong trường hợp đặt tải trọng rải đều vào phía trong .....	74
<b>Hình 4.6.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	75
<b>Hình 4.7.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	76
<b>Hình 4.8.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	77
<b>Hình 4.9.</b> Sơ đồ tính ổn định của mái dốc thẳng đứng do trọng lượng bản thân .....	77
<b>Hình 4.10.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	79
<b>Hình 4.11.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	81
<b>Hình 4.12.</b> Biểu đồ các đường đẳng trị khả năng chảy dẻo .....	82