

BỘ XÂY DỰNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG MIỀN TRUNG



DƯƠNG NHẬT THIÊN

**NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN GIẢI PHÁP XỬ LÝ
NỀN ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỐI DÀI,
THÀNH PHỐ TUY HÒA, TỈNH PHÚ YÊN**

ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ

Ngành Kỹ thuật Xây dựng

**BỘ XÂY DỰNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG MIỀN TRUNG**



DƯƠNG NHẬT THIÊN

**NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN GIẢI PHÁP XỬ LÝ
NỀN ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỐI DÀI,
THÀNH PHỐ TUY HÒA, TỈNH PHÚ YÊN**

ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ

Ngành Kỹ thuật Xây dựng

Mã số: 22Q85802011003

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

Cán bộ hướng dẫn: TS. Nguyễn Thanh Danh

Đắk Lắk - Năm 2025

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan số liệu và kết quả nghiên cứu trong đề án này là trung thực và chưa được sử dụng để bảo vệ một học vị nào, mọi sự giúp đỡ cho việc thực hiện đề án này đã được cảm ơn và các thông tin trích dẫn trong đề án đã được chỉ rõ nguồn gốc và được phép công bố.

Các kết quả nghiên cứu trong đề án do tôi tự tìm hiểu, phân tích một cách trung thực, khách quan và phù hợp với thực tiễn của Việt Nam. Các kết quả này chưa từng được công bố trong bất kỳ nghiên cứu nào khác.

Tác giả đề án

Dương Nhật Thiên

LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành tốt quyển đề án này, ngoài nỗ lực của bản thân, em còn nhận được sự hướng dẫn, động viên và giúp đỡ rất tận tình từ gia đình, thầy cô và bạn bè.

Em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến:

Gia đình đã tạo điều kiện tốt nhất cho em trong suốt quá trình học tập.

Thầy TS. Nguyễn Thanh Danh, người đã tận tình hướng dẫn em trong suốt quá trình thực hiện đề án.

Quý Thầy Cô trong Bộ môn Địa Kỹ Thuật nói riêng, trong Khoa Xây Dựng, Trường Đại Học Xây Dựng Miền Trung nói chung, những người đã giảng dạy, cung cấp cho em những kiến thức quý giá và bổ ích.

Các bạn trong lớp CH22X, những người đã động viên, giúp đỡ em trong suốt thời gian học tập và thực hiện đề án.

Thư Viện Trường Đại Học Xây Dựng Miền Trung đã tận tình giúp đỡ, cung cấp những tài liệu cần thiết cho việc thực hiện đề án của em.

Do hạn chế về kiến thức và thời gian thực hiện nên đề án không tránh được những sai sót, em xin chân thành tiếp thu những chỉ bảo, đóng góp quý báu của thầy cô và các bạn.

Đắk Lắk, ngày 18 tháng 7 năm 2025

Học viên thực hiện

Dương Nhật Thiên

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC.....	iii
DANH MỤC HÌNH ẢNH	v
DANH MỤC BẢNG BIỂU	vii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU.....	viii
MỞ ĐẦU.....	1
1. Tính cấp thiết của đề tài	1
2. Mục tiêu của đề tài	1
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	1
4. Phương pháp nghiên cứu.....	1
5. Nội dung nghiên cứu	2
6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	2
7. Bố cục của đề án	2
8. Kết quả đạt được và những vấn đề còn tồn tại.....	2
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU VÀ ĐẶC ĐIỂM CHUNG ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỐI DÀI.....	4
1.1. Đặc điểm chung của khu vực nghiên cứu.....	4
1.2. Sơ lược khảo sát địa kỹ thuật của khu vực nghiên cứu	4
1.2.1. Địa hình.....	4
1.2.2. Địa chất	4
1.3. Các tính chất cơ lý của các lớp đất đá khu vực nghiên cứu.....	6
1.4. Đánh giá điều kiện địa kỹ thuật của khu vực nghiên cứu.....	6
1.5. Khái quát về nền đất yếu.....	7
1.6. Giới thiệu về phương pháp xử lý nền đất yếu.....	8
1.6.1. Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc cát.....	8
1.6.2. Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm	9
1.6.3. Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng giếng cát	10
1.7. Một số kết quả nghiên cứu.....	11
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CỌC CÁT, GIẾNG CÁT, BẮC THẨM TRONG XỬ LÝ NỀN ĐƯỜNG.....	14
2.1. Tính toán và thiết kế cọc cát	14

2.1.1. Thiết kế cọc cát	14
2.1.2. Dự báo độ lún trước và sau khi xử lý bằng cọc cát.....	14
2.2. Tính toán và thiết kế giếng cát, bắc thăm	15
2.2.1. Tính toán bố trí giếng cát, bắc thăm.....	15
2.2.2. Thiết kế gia cố nền đất yếu bằng giếng cát, bắc thăm	17
2.2.3. Dự báo độ lún cố kết của nền đất yếu khi dùng giếng cát, bắc thăm.....	18
2.3. Tính toán kiểm tra ổn định nền đắp trên đất yếu	19
CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN XỬ LÝ NỀN ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỐI DÀI....	21
3.1. Dự báo các vấn đề địa chất của tuyến đường	21
3.1.1. Đặc điểm và yêu cầu kỹ thuật nền đường	21
3.1.2. Lựa chọn mặt cắt tính toán để dự báo mất ổn định nền đường.....	23
3.1.3. Kiểm tra các vấn đề địa chất công trình.....	26
3.2. Tính toán xử lý nền đường theo phương pháp giải tích.....	36
3.2.1. Tính toán xử lý nền đường bằng cọc cát.....	36
3.2.2. Tính toán xử lý nền đường bằng bắc thăm.....	39
3.2.3. Tính toán xử lý nền đường bằng giếng cát	45
3.3. Ứng dụng phần mềm Plaxis tính toán xử lý nền đường	47
3.3.1. Thông số đầu vào khi ứng dụng Plaxis	47
3.3.2. Mô phỏng bài toán giếng cát.....	48
3.3.3. Mô phỏng bài toán bắc thăm.....	50
3.3.4. Mô phỏng bài toán cọc cát	52
3.4. Tính dự toán khối lượng	53
3.4.1. Phương án cọc cát	53
3.4.2. Phương án giếng cát.....	53
3.4.3. Phương án bắc thăm.....	53
3.5. So sánh và lựa chọn phương án	53
3.5.1. Theo phương pháp giải tích	53
3.5.2. Theo mô phỏng bằng phần mềm Plaxis	55
3.5.3. Theo dự toán	61
3.5.4. Lựa chọn phương án	61
KẾT LUẬN.....	63
HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO	64
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	75

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1. Khu vực vị trí nghiên cứu	4
Hình 1.2. Xử lý nền bằng bắc thăm	9
Hình 1.3. Cấu tạo của bắc thăm	10
Hình 2.1. Đường kính tương đương của bắc thăm.....	17
Hình 2.2. Sơ đồ tính ổn định theo phương pháp phân mảnh cổ điển.....	19
Hình 3.1. Mặt cắt ngang phân đoạn 1	24
Hình 3.2. Mặt cắt ngang phân đoạn 2	25
Hình 3.3. Mặt cắt ngang phân đoạn 3	25
Hình 3.4. Mặt cắt ngang phân đoạn 4	26
Hình 3.5. Toán đồ Pilot – Moreau.....	28
Hình 3.6. Sơ đồ kiểm tra ổn định của nền đường đắp trên đất yếu.....	30
Hình 3.7. Biểu đồ phân bố ứng suất phân đoạn 1	34
Hình 3.8. Biểu đồ phân bố ứng suất phân đoạn 2	34
Hình 3.9. Biểu đồ phân bố ứng suất phân đoạn 3	35
Hình 3.10. Biểu đồ phân bố ứng suất phân đoạn 4	35
Hình 3.11. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách giếng 2,2m).....	49
Hình 3.12. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách giếng 1,8m).....	50
Hình 3.13. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách giếng 2m).....	50
Hình 3.14. Mô phỏng phân đoạn 3 bằng giếng cát	50
Hình 3.15. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách bắc 1,8m)	51
Hình 3.16. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách bắc 2m)	51
Hình 3.17. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách bắc 2,2m)	51
Hình 3.18. Mô phỏng phân đoạn 3 bằng bắc thăm	52
Hình 3.19. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách cọc 2m)	52
Hình 3.20. Mô phỏng phân đoạn 3 (khoảng cách cọc 2m)	52
Hình 3.21. Biểu đồ độ cố kết theo thời gian và đường kính cọc cát.....	54
Hình 3.22. Biểu đồ độ cố kết theo thời gian và khoảng cách cọc cát	54
Hình 3.23. Biểu đồ độ cố kết theo thời gian và khoảng cách bắc thăm.....	55
Hình 3.24. Biểu đồ so sánh độ lún theo thời gian của phân đoạn 1 với các trường hợp xử lý khác nhau	56
Hình 3.25. Biểu đồ so sánh độ lún theo thời gian của phân đoạn 3 với các trường hợp xử lý khác nhau	56

Hình 3.26. Kết quả quan trắc lún tại thời điểm 299 ngày của phân đoạn 1	57
Hình 3.27. Kết quả quan trắc lún tại thời điểm 299 ngày của phân đoạn 3	58
Hình 3.28. Biểu đồ quan hệ lún và thời gian trong các trường hợp.....	59
Hình 3.29. Biểu đồ quan hệ lún và thời gian trong các trường hợp.....	59
Hình 3.30. Áp lực nước lỗ rỗng khi dùng bắc thăm.....	60
Hình 3.31. Áp lực nước lỗ rỗng khi dùng giếng cát.....	60

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Thông số hố khoan lớp 1a [7].....	6
Bảng 1.2. Thông số hố khoan lớp 3 [7].....	6
Bảng 1.3. Thông số hố khoan lớp 5 [7].....	6
Bảng 2.1. Biểu diễn mối quan hệ giữa U_v và T_v	19
Bảng 2.2. Hệ số A, B.....	20
Bảng 3.1. Kết quả kiểm tra ổn định lún trời.....	29
Bảng 3.2. Kết quả kiểm tra ổn định của nền đường trên đất yếu.....	30
Bảng 3.3. Kết quả kiểm tra biến dạng lún.....	35
Bảng 3.4. Kết quả số lượng cọc theo các sơ đồ tại phân đoạn 1.....	37
Bảng 3.5. Bảng tính lún của nền đất tại phân đoạn 1.....	37
Bảng 3.6. Kết quả cố kết theo thời gian t tại phân đoạn 1 sau khi gia cố cọc cát.....	38
Bảng 3.7. Kết quả tính toán các phân đoạn xử lý bằng cọc cát	39
Bảng 3.8. Các thông số kỹ thuật loại bắc thấm VID75.....	39
Bảng 3.9. Thông số tính toán phân đoạn 1.....	39
Bảng 3.10. Kết quả cố kết theo thời gian t tại phân đoạn 1	42
Bảng 3.11. Kết quả tính toán các phân đoạn xử lý bằng bắc thấm	44
Bảng 3.12. Kết quả cố kết theo thời gian t tại phân đoạn 1	47
Bảng 3.13. Kết quả tính toán các phân đoạn xử lý bằng giếng cát.....	47
Bảng 3.14. Thông số đầu vào.....	47
Bảng 3.15. Khai báo các giai đoạn thi công.....	49
Bảng 3.16. Kết quả dự toán phương án cọc cát	53
Bảng 3.17. Kết quả dự toán phương án giếng cát.....	53
Bảng 3.18. Kết quả dự toán phương án bắc thấm.....	53
Bảng 3.19. Thời gian (ngày) đạt độ cố kết 90% của các trường hợp xử lý khác nhau	55
Bảng 3.20. Kết quả độ lún (m) tại thời điểm 299 ngày trong các trường hợp.....	57
Bảng 3.21. Hệ số kiểm tra ổn định của các trường hợp xử lý.....	61
Bảng 3.22. So sánh dự toán các phương án	61

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU

a	(mm)	Chiều rộng mặt cắt ngang của bậc thấm
b	(mm)	Bề dày mặt cắt ngang của bậc thấm
b'	(m)	Bề rộng phân bố ngang của các xe
b_m	(m)	Chiều rộng móng
b_o	(m)	Bề rộng xe ô tô
B'	(m)	Bề rộng nền đường
B_{tb}	(m)	Bề rộng trung bình của nền đường
C	(kg/cm ²)	Lực dính
C_c^i		Chỉ số nén lún
C_r^i		Chỉ số nén lún hồi phục
C_r	(m ² /năm)	Hệ số cố kết ngang
C_u	(kg/cm ²)	Lực dính kết không thoát nước của đất nền tự nhiên
C_v	(m ² /năm)	Hệ số cố kết dọc
d	(m)	Khoảng cách tối thiểu giữa các xe
d_c	(m)	Đường kính cọc cát
d_g	(m)	Đường kính giếng cát
d_s	(m)	Đường kính vùng đất bị xáo trộn
d_w	(m)	Đường kính tương đương của bậc thấm
D_b	(m)	Đường kính vùng ảnh hưởng của trụ đất (bậc thấm)
D_e	(m)	Đường kính vùng ảnh hưởng của cọc cát
e		Hệ số rỗng tự nhiên
e_o^i		Hệ số rỗng của lớp đất thứ i
e_b	(m)	Bề rộng lớp đôi
E	(kg/cm ²)	Modul biến dạng
E_{0i}	(kg/cm ²)	Môđun biến dạng của lớp đất thứ i
F		Hệ số an toàn
$F(n)$		Nhân tố xét đến ảnh hưởng của khoảng cách các bậc thấm
F_{nc}	(m ²)	Diện tích nén chặt của nền
F_s		Nhân tố xét ảnh hưởng xáo động đất nền khi cấm bậc thấm
G	(T)	Trọng lượng 1 xe
G_c		Trọng lượng cát cần thiết trên mỗi mét dài
h_i	(m)	Chiều dày của lớp đất thứ i nằm trong vùng chịu nén
h_m	(m)	Chiều sâu chôn móng
h_x	(m)	Chiều cao đắp quy đổi
H	(m)	Chiều sâu lớp đất yếu

H_b	(m)	Chiều sâu cắm bấc
H_d	(m)	Chiều cao nền đường đắp
H_g	(m)	Chiều sâu giếng cát
H_{nc}	(m)	Chiều sâu nén chặt
H_{td}	(m)	Chiều dài đường thoát nước
H'_{tk}	(m)	Chiều cao nền đắp thiết kế có dự phòng lún
H_{tk}	(m)	Chiều cao nền đắp thiết kế
H_{tt}	(m)	Tổng chiều cao đắp quy đổi
j		Số lớp đất nằm trong chiều sâu chịu nén của nền đất
k_h	(m/s)	Hệ số thấm theo phương ngang vùng không xáo trộn
k_s	(m/s)	Hệ số thấm của đất theo phương ngang vùng xáo trộn
K_{min}		Hệ số ổn định
l'	(m)	Phạm vi phân bố tải trọng xe theo hướng dọc
l_c	(m)	Chiều dài cọc
L	(m)	Khoảng cách giữa các cọc cát
L'	(m)	Khoảng cách giữa các bấc thấm
L_g	(m)	Khoảng cách giữa các giếng cát
L_{hc}	(m)	Khoảng cách giữa các hàng cọc
m		Hệ số làm việc
n_c	(cọc)	Số lượng cọc cát
n_x	(xe)	Số xe tải có thể xếp trên phạm vi bề rộng nền đường
n		Tỉ lệ khoảng cách
N		Nhân tố cố kết
p	(kg/cm ²)	Áp lực tác dụng lên mẫu đất
p_i	(kg/cm ²)	Ứng suất trung bình phụ thêm của lớp thứ i
P	(T/m ²)	Tải trọng tác dụng tại vị trí đầu cột
P_d	(T/m ²)	Tải trọng đất đắp
P_{gl}	(T/m ²)	Áp lực gây lún
P_{gt}	(T/m ²)	Tải trọng do phương tiện giao thông gây ra
q	(T/m ²)	Ứng suất do nền đường gây ra ở tim dưới nền đắp
q_{gh}	(T/m ²)	Áp lực giới hạn bất lợi nhất của nền đất yếu
q_w	(m ³ /s)	Khả năng thoát nước của bấc thấm khi gradient thủy lực là 1
R_{tc}	(T/m ²)	Áp lực tiêu chuẩn của đất nền khi chưa có cọc cát
S	(m)	Độ lún cuối cùng
$[S]$	(m)	Độ lún cho phép
S_c	(m)	Độ lún của nền đất
S_{gt}	(m)	Độ lún tổng cộng

S_r		Độ bão hòa
S_{tt}	(m)	Độ lún tức thời
t	(ngày)	Thời gian
T_r		Nhân tố thời gian theo phương ngang
T_v		Nhân tố thời gian theo phương dọc dọc
U	(%)	Độ cố kết
U_r	(%)	Độ cố kết ngang
U_v	(%)	Độ cố kết dọc
Z_a	(m)	Chiều sâu vùng chịu nén
γ	(g/cm ³)	Dung trọng tự nhiên
γ_d	(g/cm ³)	Khối lượng thể tích đất đắp
γ_n	(g/cm ³)	Khối lượng thể tích của nước
γ_{nc}	(g/cm ³)	Trọng lượng thể tích của đất được nén chặt
η		Hệ số lún
a_{oi}		Hệ số nén lún rút đôi của lớp phân tố thứ i
$a_{(1-2)}^i$		Hệ số nén lún của lớp đất thứ i
β		Hệ số không thứ nguyên
σ_{bt}^i	(T/m ²)	Ứng suất bản thân của lớp thứ i
σ_z^i	(T/m ²)	Ứng suất phụ thêm do tải trọng đất đắp gây ra ở lớp i
σ_c	(T/m ²)	Áp lực tiền cố kết.
Ω		Tỉ lệ diện tích
φ	(độ)	Góc ma sát trong

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Hiện nay, phường Tuy Hòa đang trên đà phát triển theo hướng tăng trưởng xanh và bền vững, trở thành đô thị xanh, sạch, đẹp, thân thiện và từng bước hiện đại. Một trong những yếu tố để đạt được đô thị xanh, sạch, đẹp, thân thiện và từng bước hiện đại chính là hoàn chỉnh hạ tầng kỹ thuật đô thị, mạng lưới giao thông để tạo mỹ quan và sự thuận lợi khi tham gia giao thông trong thành phố. Qua đó, có thể thấy việc hoàn thiện tuyến đường Nguyễn Trãi nối dài (đoạn từ đường Trần Phú đến đường Nguyễn Hữu Thọ) là nhiệm vụ rất quan trọng. Tuy nhiên, tuyến đường đi qua đồng ruộng, kênh rạch nên địa tầng có cấu tạo phức tạp bao gồm nhiều các lớp đất có nguồn gốc trầm tích như: Cát, cát sét, đất sét ít dẻo,... Vì thế cần phải đánh giá đầy đủ, toàn diện điều kiện địa kỹ thuật, từ đó lựa chọn được các tham số thiết kế tối ưu để làm cơ sở tính toán đưa ra giải pháp xử lý nền đường phù hợp, hiệu quả cho tuyến đường Nguyễn Trãi nối dài (đoạn từ đường Trần Phú đến đường Nguyễn Hữu Thọ).

Tuyến đường Nguyễn Trãi nối dài đã được xử lý nền đất bằng giồng cát đường kính 0,4m; khoảng cách 2m và chiều dài 9m. Do đó, để vừa đạt hiệu quả về mặt kỹ thuật vừa mang lại lợi ích tiết kiệm về kinh tế cần phải tiến hành nghiên cứu thêm các phương án xử lý nền đất yếu khác.

2. Mục tiêu của đề tài

- Nghiên cứu, tính toán, lựa chọn các tham số thiết kế tối ưu; so sánh tính hiệu quả và thiết thực giữa các phương án xử lý nền đường đắp trên đất yếu.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: Điều kiện địa kỹ thuật của đường Nguyễn Trãi nối dài (đoạn từ đường Trần Phú đến đường Nguyễn Hữu Thọ) và nhiều phương pháp xử lý nền đất yếu.

- Phạm vi nghiên cứu: Đường Nguyễn Trãi nối dài (đoạn từ đường Trần Phú đến đường Nguyễn Hữu Thọ), thành phố Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên.

4. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp tổng quan số liệu: Thu thập, chọn lọc, chỉnh lý số liệu về yếu tố khí hậu, thủy văn, địa chất công trình, địa chất thủy văn Đường Nguyễn Trãi nối dài (đoạn từ đường Trần Phú đến đường Nguyễn Hữu Thọ), thành phố Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên.

- Phương pháp xử lý thống kê và mô hình hóa: Phân tích, tổng hợp, tự động hóa tính toán bằng bảng tính Excel theo phương pháp giải tích và bằng phần mềm Plaxis

theo phương pháp phần tử hữu hạn.

- Phương pháp đối sánh: Phân tích, so sánh kết quả tính toán độ lún, độ cố kết, độ ổn định tổng thể nền đường đắp trên đất yếu và giá trị dự toán giữa các phương pháp xử lý.

5. Nội dung nghiên cứu

- Thu thập số liệu khảo sát địa kỹ thuật đường Nguyễn Trãi nối dài (đoạn từ đường Trần Phú đến đường Nguyễn Hữu Thọ), thành phố Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên.

- Nghiên cứu tổng quan về lý thuyết tính toán thiết kế cọc cát, giếng cát và bắc thấm.

- Tính toán thiết kế giải pháp xử lý nền; dự báo độ lún cho nền đường đắp trên đất yếu bằng phương pháp giải tích.

- Ứng dụng phần mềm Plaxis để mô phỏng tính toán tính ổn định lún và kiểm tra ổn định trượt tổng thể nền đường đắp trên đất yếu.

- Tính chi phí dự toán cho các phương án.

- Đánh giá, so sánh lựa chọn giải pháp tối ưu xử lý nền đường đắp trên đất yếu.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

- Xác định được các tham số thiết kế, từ đó lựa chọn phương án xử lý nền đất yếu phù hợp vừa hiệu quả về kỹ thuật vừa tiết kiệm chi phí. Đặc biệt, việc nghiên cứu các tham số này còn có ý nghĩa rất lớn khi các số liệu thí nghiệm không đầy đủ.

- Kết quả nghiên cứu có thể áp dụng để xử lý nền đất yếu đối cho các khu vực khác có điều kiện địa kỹ thuật tương tự vùng nghiên cứu.

7. Bố cục của đề án

Ngoài Chương mở đầu giới thiệu về lý do chọn đề tài, mục tiêu nghiên cứu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu, phương pháp và nội dung nghiên cứu, phần Kết luận đề án có 3 chương theo bố cục sau:

Mở đầu

Chương 1: Tổng quan về vấn đề nghiên cứu và đặc điểm chung đường Nguyễn Trãi nối dài

Chương 2: Cơ sở lý thuyết tính toán thiết kế cọc cát, giếng cát, bắc thấm trong xử lý nền đường

Chương 3: Tính toán xử lý nền đường Nguyễn Trãi nối dài

Kết luận

8. Kết quả đạt được và những vấn đề còn tồn tại

- Đánh giá tính hiệu quả về mặt kinh tế và kỹ thuật của giải pháp xử lý nền đất

yếu bằng cọc cát, giếng cát, bác thăm áp dụng tại tuyến đường Nguyễn Trãi nối dài.

- Đề xuất giải pháp xử lý nền đất yếu bằng giếng cát với các tham số khoảng cách, đường kính và chiều sâu phù hợp để áp dụng cho các tuyến đường bộ trên địa bàn tỉnh Phú Yên (nay là tỉnh Đắk Lắk) trong công tác thiết kế, thẩm tra, thẩm định, thi công, nghiệm thu,...;

- Đề án chỉ nghiên cứu phương pháp giải tích, phần tử hữu hạn bằng phần mềm plaxis, chi phí dự toán của phương án xử lý nền bằng cọc cát, giếng cát, bác thăm và kết quả quan trắc lún cuối cùng, kết quả chi phí dự toán đã thực hiện cho tuyến đường Nguyễn Trãi nối dài, TP. Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên. Nhưng chưa xét đến sự thay đổi khả năng chịu tải của đất nền, chỉ tính toán và so sánh được đất ở khu vực hạn chế mà chưa khái quát được cho tất cả các loại đất ở các khu vực khác trong tỉnh Phú Yên.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU VÀ ĐẶC ĐIỂM CHUNG ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỔI DÀI

1.1. Đặc điểm chung của khu vực nghiên cứu

Đường Nguyễn Trãi nổi dài (đoạn từ đường Trần Phú đến đường Nguyễn Hữu Thọ) là một tuyến đường quan trọng của tỉnh Phú Yên (nay là tỉnh Đắk Lắk) với chiều dài 1616,23m từ (km0+0.00-km1+616.23). Đường được thiết kế cho các loại phương tiện lưu thông với tốc độ là 60km/h. Tuyến đường có vị trí địa lý như sau:

Phía bắc giáp đường Nguyễn Hữu Thọ;

Phía tây giáp khu ruộng lúa;

Phía nam giáp đường Trần Phú;

Phía đông giáp khu dân cư.



Hình 1.1. Khu vực vị trí nghiên cứu

1.2. Sơ lược khảo sát địa kỹ thuật của khu vực nghiên cứu

1.2.1. Địa hình

Địa hình khu vực công trình thuộc khu vực ven bờ biển Tuy Hòa. Địa hình đoạn tuyến đi qua có dạng địa hình cồn cát tích tụ biển gió cổ, có bề mặt tương đối bằng phẳng, chỉ bị chia cắt nhẹ [7].

Đường Nguyễn Trãi nổi dài (đoạn từ đường Trần Phú đến đường Nguyễn Hữu Thọ) 2 bên tuyến là vùng ruộng lúa. Nhìn chung khu vực công trình có điều kiện địa hình tương đối thuận lợi [7].

Cấu tạo địa tầng bao gồm các lớp đất có nguồn gốc trầm tích như: Cát, cát sét, đất sét ít dẻo [7].

1.2.2. Địa chất

Khu vực khảo sát xây dựng công trình nằm trong phạm vi tờ bản đồ D-49-XXVI (Tuy Hoà) tỷ lệ 1:200 000 do Tổng cục địa chất và khoáng sản Việt Nam xuất bản

năm 1998. Căn cứ vào tờ bản đồ thì khu vực xây dựng công trình bao gồm thành tạo địa chất như sau [7]:

a. Thống Plietocen thượng, phần trên

Trầm tích sông

Tầng trầm tích này phân bố dọc sông Đà Rằng và các suối, nhánh suối lớn dưới dạng thềm sông bậc II, có độ cao tương đối 10-15m, mặt cắt từ dưới lên gồm:

Tập 1: Cuội, sỏi, cát. Tổng bề dày của tập là 2,5m.

Tập 2: Cát bột sét lẫn ít sạn màu xám. Bề dày của tập 4,0m

Tập 3: Sét cát màu nâu đỏ. Bề dày của tập 1,5m.

Bề dày chung của trầm tích sông là 8,0m.

b. Thống Holocen trung

Trầm tích sông - biển

Hệ tầng được tạo thành các đồng bằng cửa sông Tuy Hoà, Hoà Đa, mặt cắt từ dưới lên được phân chia như sau:

Tập 1: Cát, sạn, sét màu xanh sẫm, lớp có chứa các dạng bào tử phần hoa và rong biển. Chiều dày tập 4-6m.

Tập 2: Bột, sét, cát màu xanh sẫm lẫn nhiều tạp chất hữu cơ. Chiều dày tập 4m.

Tập 3: Sét bột cát lẫn sạn màu xám xanh. Chiều dày tập 5m.

Tập 4: Bột - sét lẫn nhiều cát, sạn, chuyển dần lên sét - bột lẫn ít cát sạn màu xám xanh, tập có chiều dày 5m.

Chiều dày chung của trầm tích sông - biển là 20m.

Trầm tích biển

Phân bố dưới dạng thềm hoặc đê chắn ven biển ở phía Đông đồng bằng Tuy Hoà và Hoà Đa. Mặt cắt từ dưới lên được phân ra các tập như sau:

Tập 1: Cát-sạn lẫn ít bột màu xám trắng. Bề dày của tập 6,0m.

Tập 2: Cát, ít bột màu trắng phớt vàng. Bề dày của tập 6,0m.

Tập 2: Cát-sạn lẫn ít bột màu xám xanh. Bề dày của tập 4,0m.

Chiều dày chung của trầm tích biển là 16m.

c. Thống Holocen thượng

Trầm tích sông

Trầm tích này tạo nên các bãi cát, cuội, sỏi ven lòng hoặc các bãi bồi nhỏ hẹp dọc các suối nhánh lớn. Tầng có chiều rộng từ 1-2m đến vài chục mét.

Chiều dày tầng từ 1 đến 3-4m.

1.3. Các tính chất cơ lý của các lớp đất đá khu vực nghiên cứu

Căn cứ kết quả khoan khảo sát địa chất và thí nghiệm, địa tầng trong phạm vi khảo sát có thể phân thành các lớp sau [7]:

Lớp 1a: Đất san lấp, nền đường hiện hữu

Thành phần chủ yếu: Sét lẫn cát, Đá tảng, Sỏi sạn, màu xám vàng - xám trắng.

Trong lớp 1a không lấy mẫu thí nghiệm. Lớp phân bố như sau:

Bảng 1.1. Thông số hố khoan lớp 1a [7]

Tên hố khoan	Độ sâu mặt lớp (m)	Độ sâu đáy lớp (m)	Bề dày lớp (m)	SPT (búa)
HK1	2,9	0,4	2,5	-

Lớp 3: Thành phần chủ yếu: Sét hữu cơ (OH), màu xám đen – xám xanh, trạng thái chảy – dẻo chảy. Lớp phân bố như sau:

Bảng 1.2. Thông số hố khoan lớp 3 [7]

Tên hố khoan	Độ sâu mặt lớp (m)	Độ sâu đáy lớp (m)	Bề dày lớp (m)	SPT (búa)
HK1	0,4	-5,9	6,3	1-2
HK2	0,5	-2,8	3,3	1-2
HK3	0,55	-0,75	1,3	1
HK4	0,62	-1,98	2,6	1
HK5	0,65	-1,65	2,30	2
HK6	0,48	-3,72	4,20	1-2
HK7	0,55	-10,65	11,20	1-3

Lớp 5: Thành phần chủ yếu: Cát hạt thô - vừa cấp phối kém (SP), màu xám tro – xám vàng, kết cấu chặt vừa. Lớp phân bố như sau:

Bảng 1.3. Thông số hố khoan lớp 5 [7]

Tên hố khoan	Độ sâu mặt lớp (m)	Độ sâu đáy lớp (m)	Bề dày lớp (m)	SPT (búa)
HK1	-5,9	-12,1	6,2	5-15
HK2	-2,8	-6,5	3,7	11-13
HK3	-0,75	-3,5	2,7	7-10
HK4	-1,98	-5,38	3,4	8-9
HK5	-1,65	-5,35	3,7	7-10
HK6	-3,72	-6,52	2,8	8-11
HK7	-10,65	-13,45	2,8	9-19

1.4. Đánh giá điều kiện địa kỹ thuật của khu vực nghiên cứu

Theo hồ sơ khảo sát địa kỹ thuật và theo kết quả đã trình bày ở phần trên. Ta có thể đánh giá chất lượng một cách sơ bộ của các lớp đất như sau [7]:

- Điều kiện địa hình, giao thông khá thuận lợi cho việc thi công công trình;
- Địa tầng địa chất tương đối phức tạp. Mặt cắt địa chất công trình từ trên xuống dưới bao gồm các lớp sau:

- Lớp 1a: Là lớp đất san nền có tuổi rất trẻ, không đồng nhất, chiều dày khá mỏng, Khi làm đường dẫn chú ý xử lý hoặc bóc bỏ một phần;
- Lớp 3: Đây là lớp đất yếu cần phải được xử lý. Chọn giải pháp xử lý cho phù hợp với điều kiện tự nhiên cũng như về mặt kỹ thuật;
- Lớp 5: Đây là lớp đất tốt với chiều sâu lớn, đây là vùng không chịu ảnh hưởng khi ta xử lý nền.

Kiến nghị: Trên cả tuyến đường lớp 3 (lớp đất yếu) phân bố dưới nền đường với tổng chiều dày tương đối lớn và không đồng đều. Khi thi công đường đắp cao trên nền đất yếu, đường có thể bị mất ổn định, lún nhiều và thời gian lún kéo dài. Do vậy, cần có biện pháp xử lý, cải tạo nền đất yếu để đảm bảo nền đường ổn định, rút ngắn thời gian lún. Việc lựa chọn giải pháp xử lý, cải tạo nền đất yếu phụ thuộc vào các đặc tính và qui mô tuyến đường, chiều cao đắp và đặc điểm địa chất tại từng đoạn đường.

Thực trạng: Hiện nay, tuyến đường đã được thi công xong và đưa vào sử dụng. Trước đó vào năm 2019, tuyến đường đã được xử lý nền đất yếu bằng phương pháp giếng cát với đường kính là 0,4m; khoảng cách 2m; chiều sâu 9m kết hợp với sử dụng vải địa kỹ thuật. Tuy nhiên, theo ý kiến của tác giả thì phương pháp này đảm bảo hiệu quả về mặt kỹ thuật nhưng chưa tiết kiệm về mặt kinh tế nên cần nghiên cứu và lựa chọn lại phương án xử lý nền đất yếu cho tuyến đường.

1.5. Khái quát về nền đất yếu

Nền đất yếu là nền đất không đủ khả năng chịu tải, có độ biến dạng lớn và độ bền bé. Do vậy, không thể sử dụng nền đất yếu để làm nền đất thiên nhiên cho công trình xây dựng mà phải trải qua quá trình xử lý, gia cố nền bằng phương pháp hợp lý nhằm cải thiện tích chất cơ lý của đất nền theo chiều hướng tăng độ chặt, tính liên khối, độ bền và độ ổn định, giảm độ biến dạng và độ thấm nước. Cụ thể đất yếu là các đất có các đặc trưng cơ lý như sau [4], [6], [11]:

Các đặc trưng vật lý:

- Dung trọng tự nhiên: $\gamma \leq 1,7 g/cm^3$;
- Hệ số rỗng tự nhiên của đất: $e \geq 1$;
- Độ ẩm tự nhiên của đất: $W \geq 40\%$;

- Độ bão hòa của đất: $S_r \geq 0,8$.

Các đặc trưng cơ học:

- Modul biến dạng: $E \leq 50kg / cm^2$;
- Lực dính của đất: $C \leq 0,1kg / cm^2$;
- Góc nội ma sát của đất: $\varphi \leq 10^\circ$.

Các dạng đất yếu thường gặp trong thực tế:

- Cát nhỏ, cát bụi trong trạng thái bão hòa nước;
- Các loại đất dính trong trạng thái bão hòa nước, gây biến dạng hay biến dạng theo thời gian như: bụi, bùn sét, sét, sét bùn hữu cơ;
- Các dạng đất hoang thổ có hệ số rỗng lớn, khi ở trạng thái khô có khả năng chịu lực lớn, nhưng khi ngậm nước gây biến dạng lớn.

Nguồn gốc của đất yếu: có thể được tạo thành trong điều kiện lục địa, vũng vịnh hoặc biển.

Nguồn gốc lục địa có thể là tàn tích (eluvi), sườn tích (deluvi), lũ tích (proluvi), lở tích (koluvi), do gió, do lầy, do băng và do con người (đất đắp).

Nguồn gốc vũng vịnh có thể là cửa sông, tam giác châu hoặc vịnh biển.

Nguồn gốc biển có thể được thành tạo ở khu vực nước nông (không sâu quá 200m), thềm lục địa (200-3000m) hoặc biển sâu hơn 3000m.

1.6. Giới thiệu về phương pháp xử lý nền đất yếu

1.6.1. Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc cát

Đây là một phương pháp cơ học, cũng là cọc nhưng có phần khác so với xử lý bằng cọc bê tông, cọc tràm, tre, gỗ,...Cọc cát đóng vai trò truyền tải trọng trực tiếp từ công trình phía trên xuống tầng đất nền. Thuộc phần kết cấu móng nhà. Đất nền sẽ được tiến hành thi công gia cố bằng một mạng lưới cọc lõi cát. Sản phẩm này dùng để thi công cho phần đất nền yếu dày 3m trở lên. Độ rỗng sẽ được cải thiện nhờ nén chặt của các cọc cát. Ổn định được tầng đất nền, độ lún, nghiêng được giảm tỷ lệ xảy ra.

Phạm vi sử dụng: Cọc cát thường được thiết kế để xử lý nền dưới đáy móng khi công trình chịu tải trọng lớn đặt trên lớp đất yếu có chiều dày tương đối lớn. Không nên sử dụng cọc cát khi đất nền quá yếu hay chiều dày lớp đất yếu nhỏ. Đất quá nhão yếu, lưới cọc cát không thể lèn chặt được đất thì không nên dùng cọc cát.

Ưu điểm:

- Thi công một cách khá đơn giản phù hợp với mọi công trình;

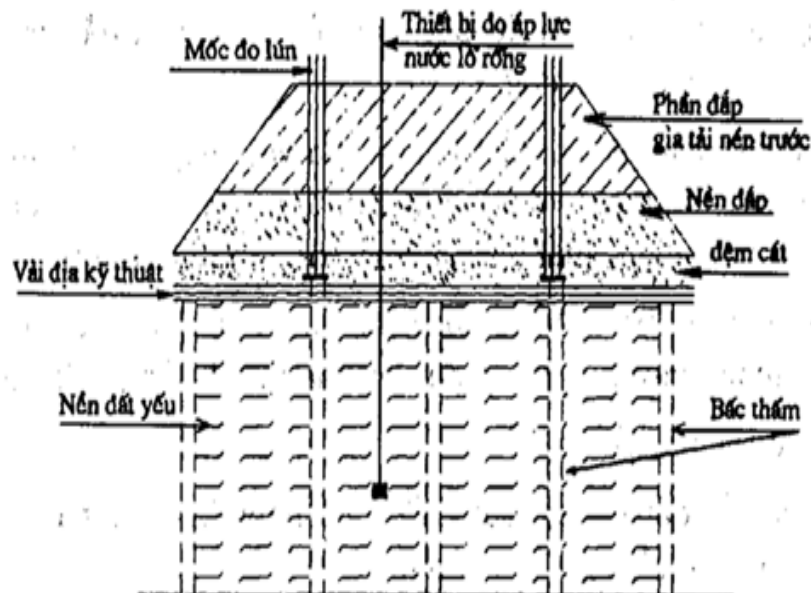
- Giá thành vật liệu rất rẻ và dễ mua với số lượng lớn;
- Hàm lượng nước trong đất được nén chặt và thoát ra bằng các lỗ khoan được nhồi thép làm tăng khả năng chịu lực của đất nền sau khi xử lý.

Nhược điểm:

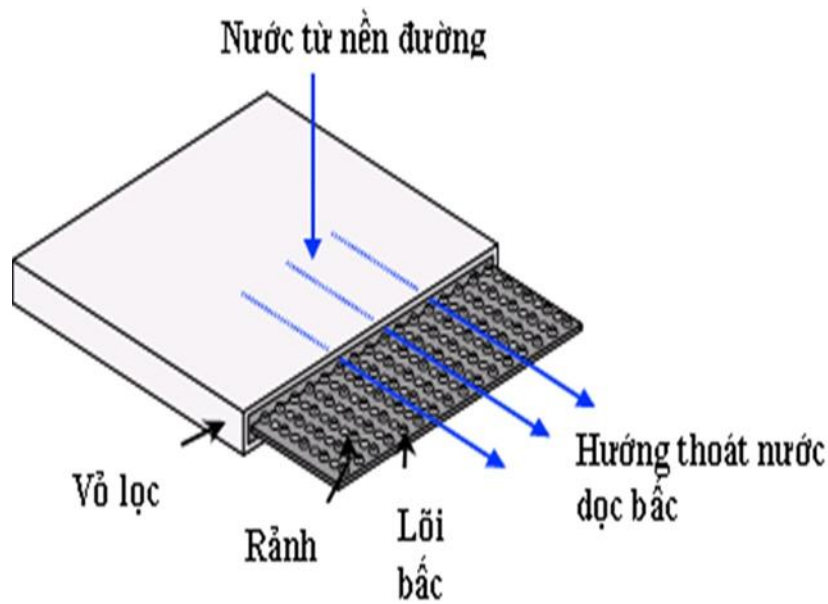
- Cọc cát dù đảm bảo nhưng nó cũng có thể xảy ra co ngót khi đang thi công và khai thác;
- Về khả năng nén và độ chặt của đất cũng còn tùy thuộc vào kích thước của lỗ cũng như các thiết bị được sử dụng khi thi công cọc cát;
- Khi tiến hành xử lý đất nền yếu thì bạn cũng cần trang bị một số thiết bị thi công nặng và dài;
- Thời gian tiến hành thi công có thể bị kéo dài và gây xáo trộn cấu trúc của nền đất.

1.6.2. Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm

Phương pháp xử lý bằng bắc thấm với gia tải tạm thời là đưa vào nền đất yếu các bắc thấm để rút ngắn chiều dài đường thấm, sau đó sử dụng tải trọng đắp để gây gia tăng áp lực nước lỗ rỗng trong đất yếu và đẩy nước lỗ rỗng đi theo các bắc thấm lên phía trên mặt và thoát ra ngoài. Nhờ đó tốc độ cố kết của đất nền được tăng lên nhiều lần và làm cho nền đất đạt độ lún quy định trong thời gian cho phép.



Hình 1.2. Xử lý nền bằng bắc thấm



Hình 1.3. Cấu tạo của bắc thấm

Phạm vi sử dụng: Có thể sử dụng rộng rãi vì theo kinh nghiệm nước ngoài, đây là biện pháp hữu hiệu trong bài toán giải quyết tốc độ cố kết của nền đất yếu. Công nghệ này thích hợp cho việc xây nhà ở có số tầng 3-4 tầng xây dựng trên nền đất mới lấp mà dưới lớp đất lấp là lớp bùn sâu.

Ưu điểm:

- Trang thiết bị thi công đơn giản, sử dụng phổ biến;
- Thời gian thi công nhanh;
- Thích hợp các công trình có chiều dày đất nền yếu nhỏ hơn 20m;
- Ít nguy cơ đứt gãy trong quá trình thi công cũng như vận hành.

Nhược điểm:

- Tốc độ cố kết chậm, thời gian chờ cố kết lâu;
- Diễn biến phức tạp kéo theo mức độ rủi ro cao;
- Tốc độ thoát nước giảm dần theo thời gian;
- Không cải thiện được tính chất cơ lý của đất, độ ổn định và khả năng chống trượt.

1.6.3. Phương pháp xử lý nền đất yếu bằng giếng cát

Giếng cát là một trong những biện pháp gia tải trước được sử dụng đối với các loại đất bùn, than bùn cũng như các loại đất dính bão hòa nước, có tính biến dạng lớn... khi xây dựng các công trình có kích thước và tải trọng lớn thay đổi theo thời

gian như nền đường, sân bay, bản đáy các công trình thủy lợi, nhà xưởng, kho bãi khi có thời gian chờ cố kết.

Giếng cát có hai tác dụng chính:

- Giếng cát sẽ làm cho nước tự do trong lỗ rỗng thoát đi dưới tác dụng của gia tải vì vậy làm tăng nhanh tốc độ cố kết của nền, làm cho công trình nhanh đạt đến giới hạn ổn định về lún, đồng thời làm cho đất nền có khả năng biến dạng đồng đều;
- Nếu khoảng cách giữa các giếng được chọn thích hợp thì nó còn có tác dụng làm tăng độ chặt của nền và do đó sức chịu tải của đất nền tăng lên.

Những điểm giống và khác nhau giữa giếng cát và cọc cát:

- Kích thước (đường kính và chiều dài) tương tự nhau, nhưng khoảng cách giữa các giếng cát thì lớn hơn cọc cát;
- Nhiệm vụ của chúng khác nhau: Cọc cát có chức năng làm chặt đất là chính, làm tăng sức chịu tải của đất nền, thoát nước lỗ rỗng là phụ. Giếng cát để thoát nước lỗ rỗng là chính, tăng nhanh quá trình cố kết, làm cho độ lún của nền nhanh chóng ổn định. Làm tăng sức chịu tải của nền là phụ.

Ưu điểm:

- Tăng nhanh quá trình cố kết của đất nền;
- Tăng khả năng chịu tải của đất nền;
- Giảm mức độ biến dạng và biến dạng không đồng đều của đất nền.

Nhược điểm:

- Chỉ sử dụng hiệu quả cho công trình có tải trọng trung bình và chiều dày lớp đất yếu không lớn;
- Thời gian thi công (gia tải) lâu;
- Tiến độ thi công chậm hơn bác thấm;
- Không hiệu quả cho đất có $k < 10^{-8}$ cm/s;
- Cát được sử dụng trong giếng cát phải được chọn lựa kỹ lưỡng để có hệ số thấm tốt nhất;
- Trong thi công giếng cát rất có khả năng giếng cát bị đứt đoạn không đảm vai trò thoát nước do thi công bất cẩn hoặc chuyển vị ngang của nền khá lớn.

1.7. Một số kết quả nghiên cứu

Nguyễn Bảo Huân cho rằng giữa phương pháp bác thấm và giếng cát/cọc cát có sự khác nhau về sự tăng sức chịu tải nền tùy mức độ cố kết đạt được, nhưng ngược lại cũng phải tính toán đến lực kháng cắt chậm hơn ở mỗi phương pháp khác nhau.

Và phương pháp cọc cát/giếng cát thường đạt hiệu quả cao hơn bắc thấm, tuy nhiên chi phí thường cao hơn [10].

Nhóm tác giả Nguyễn Văn Diện cho rằng phương pháp gia cố nền đất yếu bằng bơm hút chân không kết hợp bắc thấm là một trong những phương pháp hiệu quả, đẩy nhanh quá trình cố kết của nền đất, tăng sức chống cắt của đất. Thời gian chờ lún được rút ngắn và nền ổn định hơn so với phương pháp gia tải trước truyền thống [2].

Nhóm tác giả Đỗ Thắng đưa ra kết quả cọc cát là giải pháp xử lý nền đất yếu hiệu quả, phù hợp với công trình có yêu cầu kỹ thuật cao. Cọc cát thay thế một phần đất yếu vừa đóng vai trò thiết bị thoát nước đứng như giếng cát và vừa làm tăng độ cứng chung của nền đất cũng như giảm khả năng bị đẩy trôi và giảm độ lún cố kết [12].

Nguyễn Đình Thứ (2016) dựa trên các kết quả khảo sát xử lý đất yếu cho tuyến đường ô tô cao tốc Hà Nội-Hải Phòng đã có những nhận xét ban đầu như sau: giải pháp giếng cát có chiều dài 29,176km (28,29%), khoảng cách nhỏ nhất là 1,5m, lớn nhất là 2,5m; chiều sâu xử lý từ 8m đến 35m; chiều cao đắp từ 2.8m đến 11.66m; thời gian thi công từ 11,2 tháng đến 45,27 tháng; độ lún lớn nhất đo được là 231,5cm tại Km81+600 với chiều cao đất đắp là 10,85m [13].

Nhóm tác giả Phạm Đức Tiệp (2019) đã thu thập hồ sơ thi công, sử dụng phương pháp số để mô hình hóa sự làm việc của nền đường đắp trên đất yếu được gia cố bởi các giếng cát để thấy rõ hơn phân bố ứng suất trong giếng cát và trong nền đất yếu, từ đó khẳng định tính hiệu quả của giếng cát không chỉ rút ngắn thời gian cố kết mà còn tham gia và phân bố tải theo chiều sâu. Nhóm còn kiến nghị thêm là khi tính toán giếng cát tùy thuộc vào khoảng cách hay độ chặt của vật liệu giếng cần xem xét đồng thời 2 yếu tố: tham gia chịu lực cùng đất yếu và hiệu quả quá trình cố kết cho đất yếu [8].

Nhóm tác giả Châu Trường Linh (2018) đã nghiên cứu đề xuất giải pháp xử lý nền đất yếu dự án đường Trì Bình – Dung Quất, Quảng Ngãi với các kết quả như: hai giải pháp cọc cát và cọc xi măng đất được cho là phù hợp nhất với điều kiện địa chất của địa phương. Trong đó, giải pháp dùng cọc cát D40cm, khoảng cách 2D (80cm) là hợp lý nhất cho dự án này [1].

Tác giả Ngô Thị Thanh Hương (2020) đã giới thiệu hai phương pháp thường được dùng trong tính toán thiết kế cọc cát ở Việt Nam là phương pháp theo nguyên tắc chịu lực và phương pháp theo nguyên tắc chịu lực và thoát nước thẳng đứng hay được gọi là phương pháp theo Nhật Bản. Kết quả cho thấy đối với mặt cắt nghiên

cứu, độ lún dự đoán theo phương pháp tính của Nhật Bản lớn hơn nhiều (khoảng 3 lần) so với độ lún dự đoán theo phương pháp theo nguyên tắc chịu lực. Đối chiếu với kết quả quan trắc thì độ lún dự đoán theo phương pháp tính của Nhật Bản rất sát với độ lún thực tế ghi nhận ở hiện trường với sai lệch chỉ là +4% [5].

Mohammed Sh. Mahmood et all (2019) đã khảo sát ảnh hưởng của giếng cát trong trường hợp thực tế của công trình đập Sombar ở Iran đã tìm thấy một số kết luận: việc giảm khoảng cách giếng cát (tăng số lượng giếng) cùng với việc tăng chiều sâu và đường kính giếng sẽ làm tăng tốc độ lún lên hơn 90% và đập ổn định trong thời gian ngắn hơn 24 tháng nếu so với trường hợp không có giếng cát. Việc giảm tỉ lệ thấm của phương đứng - ngang ($k_x/k_y = 0,1$) sẽ làm tăng hệ số an toàn. Trong số các thông số thì khoảng cách giếng cát là có ảnh hưởng nhiều nhất đến độ lún và hệ số an toàn của công trình [14].

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CỌC CÁT, GIẾNG CÁT, BẮC THẨM TRONG XỬ LÝ NỀN ĐƯỜNG

2.1. Tính toán và thiết kế cọc cát

2.1.1. Thiết kế cọc cát

❖ *Xác định khoảng cách và cách bố trí cọc cát*

Cọc cát có thể được bố trí theo sơ đồ tam giác đều hoặc hình vuông.

Đường kính cọc (trụ) sử dụng tùy thuộc thiết bị thi công (thông thường đường kính hay dùng (20 ÷ 60) cm hoặc hơn). Chiều sâu và cự ly bố trí cọc (trụ) được tính toán xác định theo các yêu cầu về ổn định và lún. Tuy nhiên, khoảng cách giữa vách các cọc (trụ) liên kề không được quá 4 lần đường kính của chúng.

❖ *Xác định chiều dài cọc cát*

Chiều dài cọc cát (l_c) được lấy bằng chiều sâu vùng chịu nén của nền dưới đáy móng (Z_a), đồng thời phụ thuộc vào chiều dày lớp đất yếu (H).

Thông thường, nếu chiều dày lớp đất yếu không lớn, lúc này chiều sâu chịu nén H sẽ vượt qua chiều dày lớp đất yếu ($Z_a \geq H$) thì thiết kế chiều dài cọc cát hết lớp đất yếu.

Ngược lại khi chiều dày lớp đất yếu lớn hơn thì lấy $l_c = Z_a$.

2.1.2. Dự báo độ lún trước và sau khi xử lý bằng cọc cát

Trị số độ lún của nền đất trước khi nén chặt bằng cọc cát có thể tính toán theo công thức sau đây:

$$S_c = \sum_{i=1}^j p_i h_i \frac{\beta}{E_{0i}} \quad (2.1)$$

Trong đó: j - Số lớp đất nằm trong chiều sâu chịu nén của nền đất;

p_i - Ứng suất trung bình phụ thêm của lớp thứ i do tải trọng của công trình truyền xuống;

h_i - Chiều dày của lớp đất thứ i nằm trong vùng chịu nén của nền đất;

β - Hệ số không thứ nguyên để hiệu chỉnh cho sơ đồ tính toán đã đơn giản hoá, lấy bằng 0,8 cho tất cả các loại đất;

E_{0i} - Môđun biến dạng của lớp đất thứ i , có thể dùng các trị số ghi trong bảng, hoặc xác định dựa vào kết quả thí nghiệm tải trọng tĩnh ở hiện trường.

Độ cố kết trung bình theo thời gian trong phạm vi có bố trí cọc cát được tính toán như với trường hợp sử dụng giếng cát cùng đường kính

2.2. Tính toán và thiết kế giếng cát, bắc thấm

2.2.1. Tính toán bố trí giếng cát, bắc thấm

Nền đất có cấm giếng cát hay bắc thấm dưới tác dụng của tải trọng ngoài sẽ có kết theo sơ đồ bài toán đối xứng trục. Áp lực nước lỗ rỗng và độ cố kết U biến đổi theo thời gian tùy thuộc vào khoảng cách giếng cát, bắc thấm và tính chất cơ lý của đất nền. Trên cơ sở quan điểm mỗi bắc thấm, giếng cát là một trụ đất có diện tích tương đương.

Barron năm (1948) đã đưa ra lời giải toàn diện đầu tiên cho bài toán cố kết của trụ đất có chứa giếng cát ở trung tâm. Lý thuyết của ông dựa trên sự đơn gian hóa các giả thiết của lý thuyết cố kết một chiều (Terzaghi, 1943). Lý thuyết của Barron dùng để giải bài toán cố kết với hai giả thiết:

- + Giả thiết biến dạng thẳng đứng là tự do, cho nên ứng suất bề mặt thẳng đứng là hằng số và dịch chuyển bề mặt là không đồng nhất trong quá trình cố kết;
- + Giả thiết biến dạng thẳng đứng là bằng nhau nên ứng suất bề mặt thẳng đứng không đồng nhất.

Trong trường hợp biến dạng bằng nhau, phương trình vi phân chủ đạo quá trình cố kết có dạng:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = C_r \left[\left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} \right) + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial U}{\partial r} \right) \right] \quad (2.2)$$

Trong đó: U - Áp lực nước lỗ rỗng dư trung bình tại một điểm và thời điểm bất kỳ;

r - Khoảng cách hướng tâm của điểm xem xét, từ tâm của trụ đất tiêu nước;

t - Thời gian sau một độ tăng tức thời của tổng ứng suất thẳng đứng;

C_r - Hệ số cố kết ngang.

Với trường hợp chỉ tiêu nước hướng tâm, lời giải của Barron (1948) trong điều kiện lý tưởng (không bị xáo động và không có sửa chữa của giếng) như sau:

$$U_r = 1 - \exp \left(\frac{-8T_r}{F(n)} \right) \quad (2.3)$$

Trong đó:

$$T_r = \frac{C_r t}{D_e^2} \quad (2.4)$$

$$F(n) = \left[\frac{n^2}{(1-n)} \right] \left[\ln(n) - \frac{3}{4} + \frac{1}{n^2} \right] \quad (2.5)$$

Và D_b - Đường kính vùng ảnh hưởng của trụ đất tương đương;

d_w - Đường kính tương đương của thiết bị tiêu nước;

n - Tỷ lệ khoảng cách, $n = \frac{D_b}{d_w}$.

Hansbo (1979) đã cải tiến các phương trình được Barron đề xuất năm 1948 để dùng cho thiết bị tiêu nước chế tạo sẵn, cải tiến được thực hiện chủ yếu do đơn giản hóa các giả thiết về kích thước và các đặc trưng vật lý của các thiết bị tiêu nước chế tạo sẵn và ông đã đưa vào các công thức các hệ số ảnh hưởng đến quá trình cố kết. biểu thức cải tiến tổng quát cho mức độ cố kết trung bình có dạng:

$$U_r = 1 - \exp\left(\frac{-8T_r}{F(n) + F_s + F_r}\right) \quad (2.6)$$

Trong đó: $F(n)$ - Nhân tố xét đến ảnh hưởng của khoảng cách giữa các bậc thấm (giếng cát), với tỉ số khoảng cách $n^2 > 1$ hệ số khoảng đơn giản thành.

$$F(n) = \ln\left(\frac{D_b}{d_w}\right) - \frac{3}{4} \quad (2.7)$$

F_s - Nhân tố xét đến ảnh hưởng xáo động đất nền khi cấm bắc thấm. Để tính ảnh hưởng phá hoại đất khi đặt thiết bị tiêu nước, hệ số hiệu quả của vùng xáo động tính theo:

$$F_s = \left[\left(\frac{k_h}{k_s} \right) - 1 \right] \times \ln\left(\frac{d_s}{d_w}\right) \quad (2.8)$$

Trong đó: d_s - Đường kính vùng bị xáo trộn; Hansbo (1997) đề nghị công thức chọn d_s như sau: $d_s = 2d_m$;

d_m - Đường kính của đường tròn tương đương có diện tích bằng diện tích tiết diện ngang của cần xuyên dùng cấm bắc thấm;

k_h - Hệ số thấm theo phương ngang trong vùng xáo trộn;

k_s - Hệ số thấm của đất theo phương ngang trong vùng không xáo trộn;

d_w - Đường kính tương đương của bậc thấm:

$$d_w = \frac{(a+b)}{2} \quad (2.9)$$

F_r - Nhân tố xét đến sức cản của bậc thấm:

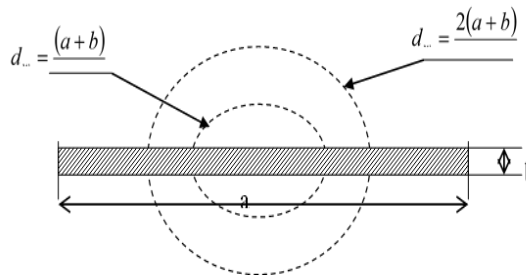
$$F_r = \frac{2}{3} \pi H_b^2 \frac{k_h}{q_w} \quad (2.10)$$

Trong đó: H_b - Chiều sâu cắm giếng, bắc;

k_h - Hệ số thấm theo phương ngang của đất không bị phá hoại;

q_w - Khả năng tiêu nước của thiết bị khi gradient thủy lực bằng 1.

Khi dùng giếng cát không xét đến F_s và F_r , xem như bằng 0 và $F(n)$ được tính theo công thức 2.5.



Hình 2.1. Đường kính tương đương của bắc thấm

2.2.2. Thiết kế gia cố nền đất yếu bằng giếng cát, bắc thấm

❖ Thiết kế đệm cát trên đầu giếng cát, bắc thấm

Chiều dày của tầng đệm cát tối thiểu là 50cm và phải lớn hơn độ lún dự báo (20 – 40 cm). Độ đầm nén của lớp đệm cát phải thỏa mãn hai điều kiện sau: (1) máy thi công di chuyển và làm việc ổn định trên tầng này, (2) phù hợp độ chặt k yêu cầu theo kết cấu nền đất đắp.

Trong phạm vi chiều cao tầng đệm cát và dọc chu vi (biên) phải thiết kế tầng lọc ngược bằng sỏi đá theo cấp phối chọn lọc hoặc vải địa kỹ thuật. Khi nền là đất yếu ở trạng thái dẻo nhão, có khả năng làm nhiễm bẩn lớp đệm cát trực tiếp bên trên đầu bắc thấm, giếng cát thì phải trải lớp vải địa kỹ thuật trước khi thi công tầng đệm cát nhằm tạo ra lớp ngăn cách giữa lớp đất yếu và tầng đệm cát và tăng khả năng chống trượt của khối đất đắp.

❖ Thiết kế chiều sâu cắm giếng cát, bắc thấm

Nguyên tắc chung để xác định chiều sâu là giếng cát, bắc thấm phải được cắm hết chiều sâu ảnh hưởng z của nền đất do tải trọng công trình gây ra. Chiều sâu ảnh hưởng của đất nền kết thúc tại điểm có tỉ số ứng suất bản thân của nền đất σ_{bt} và ứng suất do tải trọng công trình gây ra σ_z bằng từ 5 đến 10 lần tùy vào từng loại công trình.

Tuy vậy, khi xác định chiều dài phải đồng thời xét đến các điều kiện sau:

+ Nếu chiều sâu ảnh hưởng z lớn hơn chiều dày tầng đất yếu thì chỉ cần cắm đến hết tầng đất yếu;

+ Ứng suất do tải trọng công trình gây nên σ_z phải lớn hơn ứng suất tiền cố kết σ_c . Nếu không thì chỉ cần cắm đến chiều sâu có $\sigma_z = \sigma_c$;

❖ *Thiết kế khoảng cách cắm giếng cát, bắc thấm*

Tính toán bố trí giếng cát, bắc thấm phải xuất phát từ yêu cầu đối với mức độ cố kết cần đạt được hoặc tốc độ lún dự báo còn lại trước khi xây dựng công trình. Trường hợp chung mức độ cố kết phải đạt tối thiểu $U = 90\%$. Đối với đường cấp cao có thể áp dụng về tốc độ lún dự báo còn lại là 2 cm/năm. Đối với công trình dân dụng và công nghiệp thì độ cố kết yêu cầu là $U \geq 90\%$.

Để không làm xáo động đất quá lớn, khoảng cách giữa các bắc thấm quy định tối thiểu là 1,3 m. Để đảm bảo hiệu quả làm việc của mạng lưới cắm bắc thấm, khoảng cách lớn nhất giữa các bắc thấm không quá 2,2 m. Đối với giếng cát nên dùng loại có đường kính từ (35 ÷ 45) cm, bố trí kiểu tam giác hoặc ô vuông với khoảng cách tùy yêu cầu thiết kế.

2.2.3. Dự báo độ lún cố kết của nền đất yếu khi dùng giếng cát, bắc thấm

Độ cố kết U đạt được theo thời gian t kể từ khi đắp đất xong được xác định theo công thức:

$$U = 1 - (1 - U_v)(1 - U_r) \quad (2.11)$$

Trong đó: U_r - Độ cố kết theo phương ngang;

U_v - Độ cố kết theo phương thẳng đứng. Độ cố kết U_v phụ thuộc nhân tố thời gian T_v , T_v được xác định như sau:

$$T_v = \frac{C_v}{H_{td}^2} t \quad (2.12)$$

Trong đó: C_v - Hệ số cố kết theo phương thẳng đứng của lớp đất yếu trong phạm vi chiều sâu ảnh hưởng z ;

$$C_v = \frac{Z_a^2}{\left[\sum \frac{h_i}{\sqrt{C_{vi}}} \right]^2} \quad (2.13)$$

Với: h_i - Chiều dày các lớp đất yếu nằm trong phạm vi chiều sâu ảnh hưởng;

C_{vi} - Hệ số cố kết thẳng đứng của lớp đất yếu thứ i ;

H_{td} - Chiều dài đường thoát nước. Nếu có hai đường thoát nước thì

$$H_{td} = \frac{Z_a}{2}, \text{ nếu có một đường thoát nước thì } H_{td} = Z_a.$$

Trị số của độ cố kết thẳng đứng U_v phụ thuộc vào nhân tố thời gian được xác định theo bảng sau:

Bảng 2.1. Biểu diễn mối quan hệ giữa U_v và T_v

T_v	0,004	0,008	0,012	0,020	0,028	0,036	0,048
U_v	0,080	0,104	0,125	0,160	0,189	0,214	0,247
T_v	0,060	0,072	0,100	0,125	0,167	0,200	0,250
U_v	0,276	0,303	0,357	0,399	0,461	0,504	0,562
T_v	0,300	0,350	0,400	0,500	0,600	0,800	1,000
U_v	0,631	0,650	0,698	0,764	0,816	0,887	0,931
T_v	2,000						
U_v	0,994						

Độ lún cố kết của nền đắp trên đất yếu được gia cố sau thời gian t được tính theo công thức kinh nghiệm sau:

$$S = S_c \times U \quad (2.14)$$

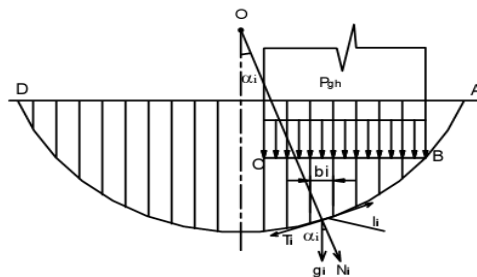
Trong đó: S_c - Độ lún của đất nền khi chưa có bậc thấm (giếng cát) .

Phần độ lún cố kết còn lại sau thời gian t sẽ là:

$$\Delta S = (1 - U) S_c \quad (2.15)$$

2.3. Tính toán kiểm tra ổn định nền đắp trên đất yếu

Sau khi thiết kế, tính toán cọc cát, giếng cát hay bậc thấm, phải kiểm tra ổn định nền đắp trên đất yếu theo phương pháp phân mảnh cổ điển.



Hình 2.2. Sơ đồ tính ổn định theo phương pháp phân mảnh cổ điển

Theo P.M Goldstein, có thể xác định hệ số an toàn F ứng với cung trượt nguy hiểm nhất theo công thức sau:

$$F = Af + B \frac{C_u}{H_u \times \gamma_d} \quad (2.16)$$

Trong đó: A, B - Là các hệ số tra bảng (Bảng 2.4), phụ thuộc vào góc mái dốc và vị trí mặt trượt;

$f = \tan \varphi$ - Hệ số ma sát trong của đất nền tự nhiên;

C_u - Lực dính kết không thoát nước của đất nền tự nhiên;

γ_d - Khối lượng thể tích đất đắp;

H_{tt} - Tổng chiều cao đắp quy đổi.

Để đánh giá khả năng ổn định của nền đất trên đất yếu, cần phải xác định hệ số ổn định F , sau đó so sánh với hệ số an toàn $[F]$:

$F < [F] = 1,2$ - Đất bị phá huỷ, mất ổn định;

$F = [F] = 1,2$ - Đất ở trạng thái cân bằng giới hạn;

$F > [F] = 1,2$ - Đất ở trạng thái ổn định.

Bảng 2.2. Hệ số A, B

Độ mái đốc taluy	Mặt trước đi qua nền đất yếu và có tiếp xúc với mặt nằm ngang tại độ sâu h							
	h = 0,25H		h = 0,5H		h = H		h = 1,5H	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1:1,0	2,56	6,10	3,17	5,92	4,32	5,8	5,78	5,75
1:1,25	2,66	6,32	3,24	6,02	4,43	5,86	5,36	5,8
1:1,5	2,80	6,53	3,32	6,13	4,54	5,93	5,94	5,85
1:1,75	2,93	6,72	3,41	6,26	4,66	6	6,02	5,9
1:2	3,10	6,87	3,53	6,4	4,78	6,08	6,1	5,95
1:2,25	3,26	7,23	3,66	6,56	4,9	6,16	6,18	5,98
1:2,5	3,46	7,62	3,82	6,74	5,03	6,26	6,26	6,02
1:2,75	3,68	8,00	4,02	6,85	5,17	6,36	6,34	6,05
1:3	3,93	8,40	4,24	7,2	5,31	6,47	6,44	6,09

CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN XỬ LÝ NỀN ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NÓI DÀI

3.1. Dự báo các vấn đề địa chất của tuyến đường

Địa chất công trình (ĐCCT) là yếu tố gây ra vấn đề mất ổn định khi tiến hành xây dựng và sử dụng công trình, nguyên nhân của việc mất ổn định là do điều kiện địa chất công trình không đáp ứng được điều kiện làm việc của công trình. Do vậy, khi xây dựng công trình phải đánh giá và dự báo được những vấn đề có thể xảy ra với công trình.

Việc dự báo các vấn đề địa chất công trình có ý nghĩa rất quan trọng. Nó cho phép biết được những vấn đề của điều kiện địa chất công trình khi xây dựng một công trình cụ thể, từ đó có thể đề ra các biện pháp thích hợp để khắc phục, bảo đảm công trình xây dựng kinh tế và ổn định lâu dài.

Đối với các công trình giao thông trên đất yếu có thể phát sinh các vấn đề địa chất công trình như sau:

- Vấn đề ổn định cường độ nền đường:
 - + Vấn đề ổn định nền đắp trên đất yếu;
 - + Vấn đề lún trời.
- Vấn đề ổn định biến dạng:
 - + Lún;
 - + Lún theo thời gian.

3.1.1. Đặc điểm và yêu cầu kỹ thuật nền đường

Để dự báo các vấn đề địa chất công trình ta cần các thông số về quy mô, tải trọng, kích thước của tuyến. Thông số thiết kế của đoạn đường như sau:

- Cấp công trình: Cấp II;
- Vận tốc thiết kế: 60km/h;
- Tải trọng trục tính toán tiêu chuẩn: Trục đơn của ô tô có trọng lượng 100kN (10 tấn);
- Tải trọng thiết kế công, rãnh đặt dưới lòng đường xe chạy: HL93;

Theo tiêu chuẩn TCCS 41 : 2022/TCĐBVN yêu cầu đối với thiết kế xử lý nền đất yếu như sau:

- Nền đường trước khi thi công mặt đường, lượng lún cố kết còn lại được quy định: $\leq 20\text{cm}$ với vị trí gần mố cầu; $\leq 30\text{cm}$ với vị trí có cống hoặc đường dân sinh chui dưới; $\leq 40\text{ cm}$ với các đoạn nền đắp thông thường;
- Độ cố kết trong phạm vi xử lý nền không nhỏ hơn 90% hoặc tốc độ lún còn

lại nhỏ hơn hoặc bằng 2cm/năm;

- Hệ số ổn định $K_{\min} = 1,2$ khi sử dụng kết quả thí nghiệm cắt cánh ngoài hiện trường, $K_{\min} = 1,1$ khi sử dụng kết quả cắt nhanh không thoát nước trong phòng thí nghiệm.

Quy mô đường khi hoàn thiện:

- Bề rộng làn xe 15m;
- Bề rộng vỉa hè 14m;
- Bề rộng dải phân cách 3m;

Vậy tổng bề rộng mặt đường là 32m.

- Tải trọng thiết kế: 30T;
- Đất đắp bằng đất hoặc cát đầm chặt có $\gamma_d = 1,85\text{T/m}^3$;

Tổng tải trọng tác dụng tại tim đường:

$$P_{tt} = P_d + P_{gt} \text{ (T/m}^2\text{)} \quad (3.1)$$

Trong đó: P_d - Tải trọng đất đắp ($P_d = \gamma_d \times H$);

P_{gt} - Tải trọng do phương tiện giao thông gây ra;

Tải trọng xe cộ được xem là tải trọng của số xe nặng tối đa cùng một lúc có thể đỗ kín khắp bề rộng nền đường, phân bố đều trên 1m chiều dài đường.

Theo TCCS 41 : 2022/TCĐBVN, tải trọng này được xác định theo công thức sau:

$$P_{gt} = \frac{n_x G}{b' l'} \text{ (T/m}^2\text{)} \quad (3.2)$$

Trong đó: G - Trọng lượng 1 xe (nặng nhất), $G = 30\text{Tấn}$;

γ_d - Khối lượng thể tích đất đắp nền $\gamma_d = 1,85\text{T/m}^3$;

n_x - Số xe tải có thể xếp trên phạm vi bề rộng nền đường ($n = 6$);

l' - Phạm vi phân bố tải trọng xe theo hướng dọc ($l' = 6,6 \text{ m}$ với $G = 30\text{T}$)

b' - Bề rộng phân bố ngang của các xe (m) được xác định theo công thức:

$$b' = n_x b_o + (n - 1)d + e_b \quad (3.3)$$

Trong đó: n_x - Số xe tối đa có thể xếp trên phạm vi bề rộng nền đường ($n = 6$);

b_o - Bề rộng xe oto (m) là khoảng cách giữa tâm hai bánh xe ($b_o = 1,8\text{m}$);

d - Khoảng cách tối thiểu giữa các xe ($d = 1,3m$);

e_b - Bề rộng lớp đôi (chọn $e_b = 0,6m$).

$$B = 6 \times 1,8 + (6 - 1) \times 1,3 + 0,6 = 17,9m$$

Thay vào (3.2) ta được: $P_{gt} = \frac{6 \times 30}{17,9 \times 6,6} = 1,52T / m^2$

Chiều cao lớp đất đắp quy đổi từ tải trọng xe là:

$$h_x = \frac{nG}{\gamma Bl} = \frac{6 \times 30}{1,85 \times 17,9 \times 6,6} = 0,82m$$

3.1.2. Lựa chọn mặt cắt tính toán để dự báo mất ổn định nền đường

Mặt cắt tính toán là mặt cắt đại diện cho điều kiện địa chất công trình đoạn tuyến nghiên cứu. Nó làm cơ sở cho đánh giá định tính và định lượng các vấn đề địa chất công trình. Lựa chọn mặt cắt tính toán dựa trên các yếu tố:

- Cấu trúc địa chất;
- Sự có mặt và đặc điểm phân bố của các lớp đất;
- Chiều sâu phân bố của các lớp đất yếu;
- Chiều cao đắp nền đường.

Vì khu vực tuyến đường có các lớp đất yếu phân bố không đồng đều, vì vậy để lựa chọn mặt cắt tính toán, cần phân đoạn tuyến đường. Việc phân đoạn tuyến đường chủ yếu dựa trên sự có mặt của lớp đất yếu và bề dày của nó. Trong phạm vi xây dựng tuyến đường, có thể chia thành 4 đoạn:

Phân đoạn 1: Từ Km0 đến Km0+280 với tổng chiều dài 280m;

Phân đoạn 2: Từ Km0+280 đến Km0+800 với tổng chiều dài 520m;

Phân đoạn 3: Từ Km0+800 đến Km1+042,76 với tổng chiều dài 242,76m;

Phân đoạn 4: Từ Km1+042,76 đến Km1+681,65 với tổng chiều dài 638,89m.

❖ Tại phân đoạn 1

Từ Km0 đến Km0+280 với tổng chiều dài 280m. Tại đây chọn mặt cắt tính toán có địa tầng từ trên xuống bao gồm:

- Lớp 3: Sét hữu cơ, màu xám đen - xám xanh, trạng thái chảy - dẻo chảy;
- Lớp 5: Cát hạt thô, màu xám tro - xám vàng, kết cấu chặt vừa.

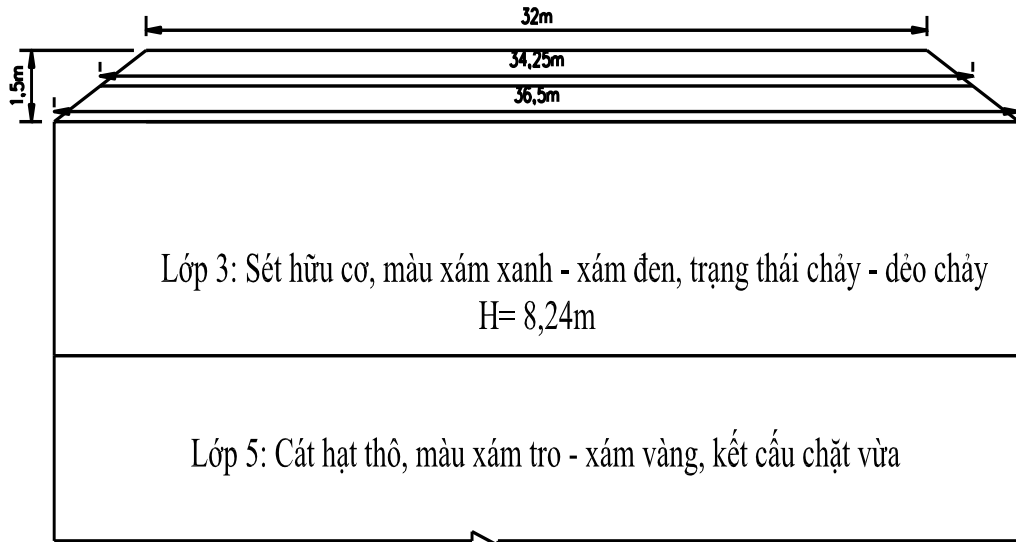
Với bề rộng mặt đường là 32m, chiều cao đất đắp là 1,5m (hệ số mái dốc 1:1,5 thì bề rộng nền đường là:

$$B' = 32 + 1,5 \times 2 \times 1,5 = 36,5m$$

Khi đó chiều rộng trung bình nền đường là:

$$B_{tb} = \frac{32 + 36,5}{2} = 34,25m$$

Chiều dày lớp đất yếu 8,24m.



Hình 3.1. Mặt cắt ngang phân đoạn 1

❖ *Tại phân đoạn 2*

Từ Km0+280 đến Km0+800 với tổng chiều dài 520m. Tại đây chọn mặt cắt tính toán có địa tầng từ trên xuống bao gồm:

- Lớp 3: Sét hữu cơ, màu xám đen - xám xanh, trạng thái chảy - dẻo chảy;
- Lớp 5: Cát hạt thô, màu xám tro - xám vàng, kết cấu chặt vừa.

Với bề rộng mặt đường là 32m, chiều cao đất đắp là 1,5m (hệ số mái dốc 1:1,5 thì bề rộng nền đường là:

$$B' = 32 + 1,5 \times 2 \times 1,5 = 36,5m$$

Khi đó chiều rộng trung bình nền đường là:

$$B_{tb} = \frac{32 + 36,5}{2} = 34,25m$$

Chiều dày lớp đất yếu 3,3m.

❖ *Tại phân đoạn 3*

Từ Km0+800 đến Km1+042,76 với tổng chiều dài 242,76m. Tại đây chọn mặt cắt tính toán có địa tầng từ trên xuống bao gồm:

- Lớp 3: Sét hữu cơ, màu xám đen - xám xanh, trạng thái chảy - dẻo chảy;
- Lớp 5: Cát hạt thô, màu xám tro - xám vàng, kết cấu chặt vừa.

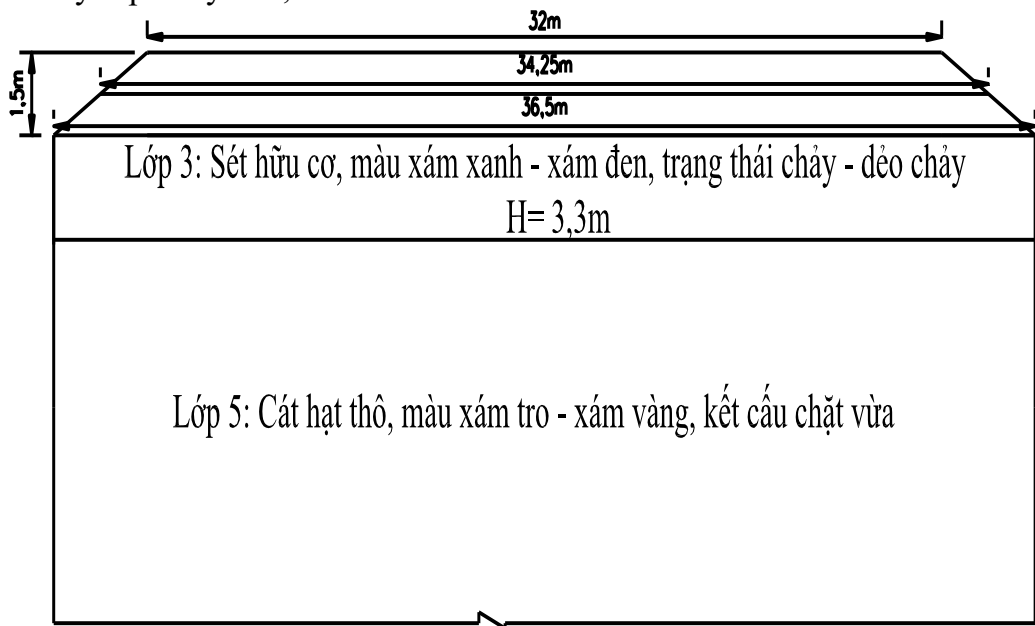
Với bề rộng mặt đường là 32m, chiều cao đất đắp là 1,5m (hệ số mái dốc 1:1,5 thì bề rộng nền đường là:

$$B' = 32 + 1,5 \times 2 \times 1,5 = 36,5m$$

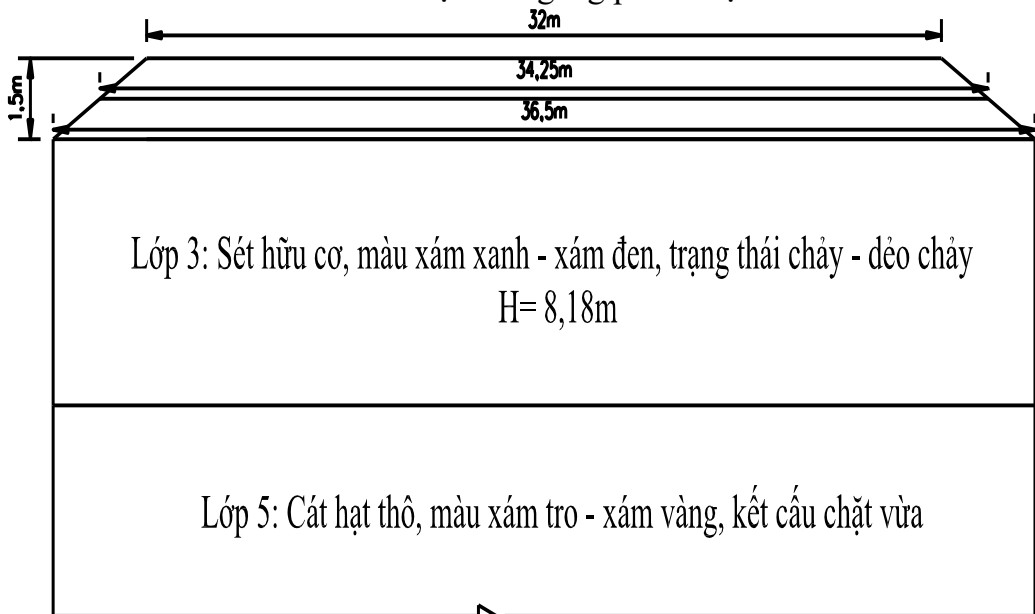
Khi đó chiều rộng trung bình nền đường là:

$$B_{tb} = \frac{32 + 36,5}{2} = 34,25m$$

Chiều dày lớp đất yếu 8,18m.



Hình 3.2. Mặt cắt ngang phân đoạn 2



Hình 3.3. Mặt cắt ngang phân đoạn 3

❖ *Tại phân đoạn 4*

Từ Km1+042,76 đến Km1+681,65 với tổng chiều dài 638,89m. Tại đây chọn mặt cắt tính toán có địa tầng từ trên xuống bao gồm:

- Lớp 3: Sét hữu cơ, màu xám đen - xám xanh, trạng thái chảy - dẻo chảy;
- Lớp 5: Cát hạt thô, màu xám tro - xám vàng, kết cấu chặt vừa.

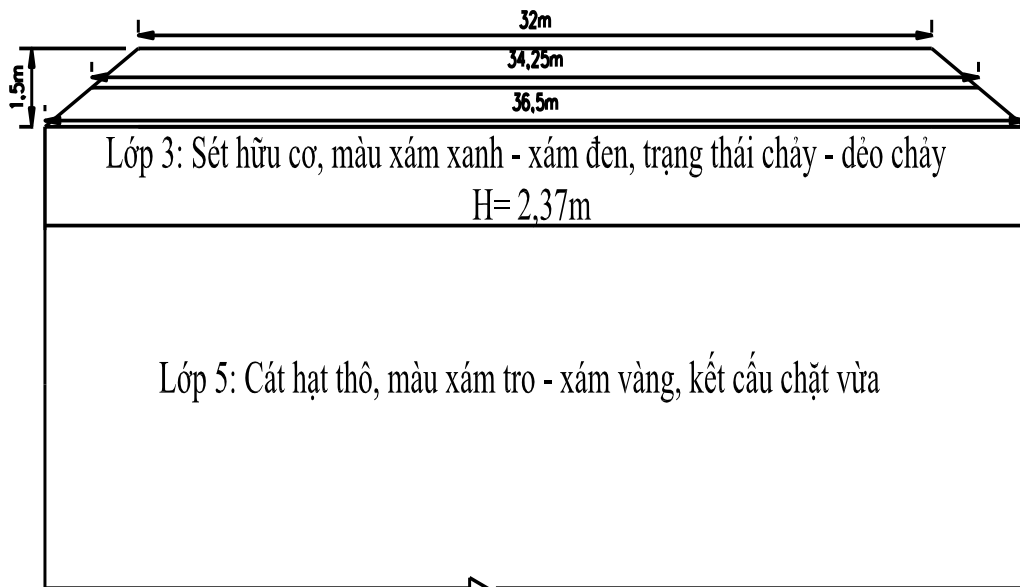
Với bề rộng mặt đường là 32m, chiều cao đất đắp là 1,5m (hệ số mái dốc 1:1,5 thì bề rộng nền đường là:

$$B' = 32 + 1,5 \times 2 \times 1,5 = 36,5m$$

Khi đó chiều rộng trung bình nền đường là:

$$B_{tb} = \frac{32 + 36,5}{2} = 34,25m$$

Chiều dày lớp đất yếu 2,37m.



Hình 3.4. Mặt cắt ngang phân đoạn 4

3.1.3. Kiểm tra các vấn đề địa chất công trình

Trên cơ sở đánh giá điều kiện địa chất công trình, quy mô, tải trọng của công trình và chiều cao nền đường đắp, đoạn tuyến đường có thể phát sinh một số vấn đề địa chất công trình sau: Mất ổn định do lún trôi và mất ổn định nền đắp trên đất yếu.

❖ *Vấn đề mất ổn định do lún trôi*

Tại mặt cắt tính toán, có khả năng phát sinh mất ổn định do lún trôi bởi nền đường đắp trực tiếp trên nền đất có lớp đất yếu. Về mặt cơ học, đây là mất ổn định trượt mà đất nền đường đắp trực tiếp trên đất yếu. Khi lún xảy ra thì đồng thời đất bị trôi lên ở hai bên chân taluy.

Để đánh giá khả năng lún trôi dưới nền đường, cần phải xác định hệ số ổn định F , sau đó so sánh với hệ số an toàn $[F]$:

$F < [F] = 1,2$ - Đất bị phá huỷ, mất ổn định;

$F = [F] = 1,2$ - Đất ở trạng thái cân bằng giới hạn;

$F > [F] = 1,2$ - Đất ở trạng thái ổn định.

Hệ số an toàn F được xác định theo công thức:

$$F = \frac{q_{gh}}{q} \quad (3.4)$$

Trong đó: q_{gh} - Áp lực giới hạn của nền đất yếu;

q - Ứng suất do nền đường đắp gây ra ở tim đường.

- Nếu $\frac{B_{tb}}{H} \leq 1,49$ thì áp lực giới hạn được xác định bằng công thức:

$$q_{gh} = (\pi + 2) \times C_u \quad (3.5)$$

Ứng suất do nền đường đắp = gây ra:

$$q = \gamma_d (H_d + h_x) \quad (3.6)$$

Hệ số an toàn:

$$F = \frac{(\pi + 2) \times C_u}{\gamma_d \times (H_d + h_{td})} \quad (3.7)$$

- Nếu $\frac{B_{tb}}{H} \geq 1,49$ thì áp lực giới hạn được xác định bằng công thức:

$$q_{gh} = N_c \times C_u \quad (3.8)$$

Hệ số an toàn:

$$F = \frac{N_c \times C_u}{\gamma_d \times (H_d + h_x)} \quad (3.9)$$

Trong đó: H - Chiều dày lớp đất yếu;

q_{gh} - Áp lực giới hạn bất lợi nhất của nền đất yếu, T/m^2 ;

q - Ứng suất do nền đường gây ra ở tim dưới nền đắp, T/m^2 ;

B_{tb} - Chiều rộng trung bình (tính trung bình giữa mặt và đáy đường),

m;

H_d - Chiều cao nền đường đắp, không tính bề dày lớp đất lấp bóc bỏ,

m;

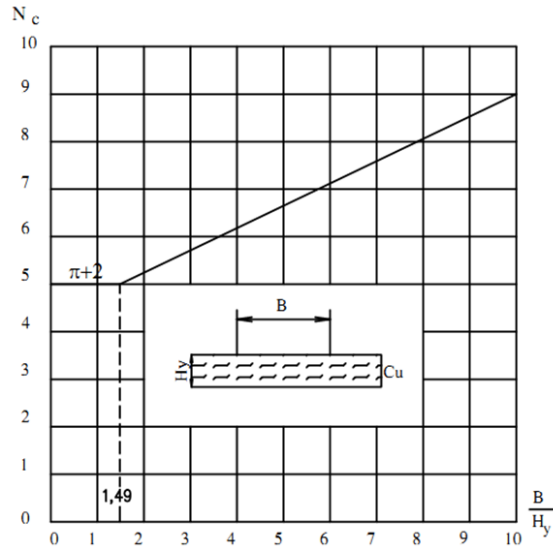
h_x - Chiều cao lớp đất quy đổi từ khối lượng xe cộ, $h_x = 0,82m$;

γ_d - Khối lượng thể tích đất đắp, T/m^3 ;

C_u - Lực dính kết của lớp đất yếu dưới nền đắp, T/m²;

N_c - Hệ số thay đổi theo tỷ số $\frac{B}{H_y}$, tra theo toán đồ Pilot - Moreau (TCVN

9355-2012).



Hình 3.5. Toán đồ Pilot – Moreau

Kiểm toán ổn định tại phân đoạn 1:

- Chiều rộng nền đường: $B' = 36,5\text{m}$;
- Chiều rộng nền đường trung bình $B_{tb} = 34,25\text{m}$;
- Chiều cao đắp: $H_d = 1,5\text{m}$;
- Chiều dày lớp đất yếu $H = 8,24\text{m}$;

Ta có:

$$\frac{B_{tb}}{H} = \frac{35,77}{8,24} = 4,16 > 1,49$$

Với $\frac{B_{tb}}{H} = 4,16$ tra toán đồ được giá trị $N_c = 6,57$

Thay các giá trị $C_u = 2,1\text{T/m}^2$; $H_d = 1,5\text{m}$; $h_x = 0,82\text{m}$; $\gamma_d = 1,85\text{T/m}^3$ vào công thức (3.9) được:

$$F = \frac{6,57 \times 2,1}{1,85 \times (1,5 + 0,82)} = 3,21 > 1,2$$

Như vậy, nền đất tại phân đoạn 1 không có khả năng xảy ra mất ổn định do lún trôi.

Tại các phân đoạn khác, quá trình tính toán được thực hiện tương tự như phân đoạn 1 và được tổng hợp tại Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Kết quả kiểm tra ổn định lún trôi

Các giá trị	Phân đoạn 1	Phân đoạn 2	Phân đoạn 3	Phân đoạn 4
Chiều rộng trung bình nền đường (m)	34,25	34,25	34,25	34,25
Chiều cao lớp đất đắp (m)	1,5	1,5	1,5	1,5
Chiều dày lớp đất yếu (m)	8,24	3,3	8,18	2,37
Chiều cao lớp đất quy đổi (m)	0,82	0,82	0,82	0,82
Lực dính kết (T/m^2)	2,1	2,1	2,1	2,1
Hệ số an toàn	3,21	7,07	3,22	7,07

❖ *Vấn đề mất ổn định nền đắp trên đất yếu*

Mất ổn định của nền đắp và một phần của nền đất yếu là hình thức phá hoại thường gặp nhất. Dưới tác dụng của tải trọng công trình, trong nền đất phát sinh ứng suất cắt, nếu ứng suất cắt vượt quá độ bền kháng cắt của đất thì sẽ phát sinh trượt cục bộ. Hiện tượng này xảy ra trong trường hợp lớp đất yếu nằm trên lớp đất có sức chịu tải cao, biểu hiện được nhận thấy là một phần đoạn đường bị sụt lún tạo thành bậc trượt, đất ở đỉnh nền đường và dưới chân taluy bị đẩy trôi lên.

Việc tính toán ổn định được tiến hành theo phương pháp phân mảnh cô điển với giả thiết mặt trượt có dạng hình trụ tròn.

Kiểm toán ổn định tại phân đoạn 1:

- Tại vị trí có lớp đất đắp cao nhất 3,01m.
- Khối lượng thể tích đất đắp: $\gamma_d = 1,85T/m^3$.
- Tổng chiều cao đắp quy đổi: $H_{tt} = 0,82 + 3,01 = 3,83m$.
- Lực dính kết không thoát nước: $C_u = 2,1T/m^2$.

Hệ số ma sát trong của đất nền:

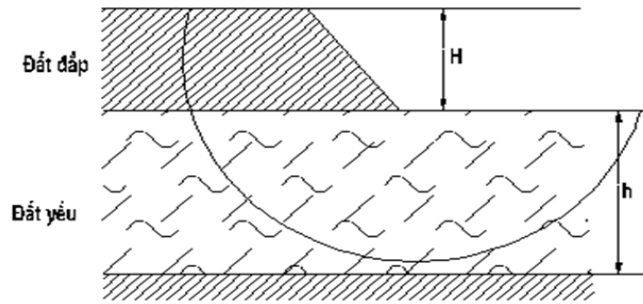
$$f = \tan \varphi_u = \tan 4^\circ 21' = 0,074$$

Tra Bảng 2.2 với $h = 0,5H$, hệ số mái dốc 1:1,5 được: $A = 3,32$; $B = 6,13$. Thay vào công thức (2.16) ta có:

$$F = Af + B \frac{C_u}{H_{tt} \times \gamma_d}$$

$$F = 3,32 \times 0,074 + \frac{2,1}{3,83 \times 1,85} \times 6,13 = 2,06 > 1,2$$

Kết luận: nền đường tại phân đoạn 1 ổn định.



Hình 3.6. Sơ đồ kiểm tra ổn định của nền đường đắp trên đất yếu

Tại các phân đoạn khác, quá trình tính toán được thực hiện tương tự như phân đoạn 1 và được tổng hợp tại Bảng 3.2.

Bảng 3.2. Kết quả kiểm tra ổn định của nền đường trên đất yếu

Các giá trị	Phân đoạn 1	Phân đoạn 2	Phân đoạn 3	Phân đoạn 4
Chiều cao đất đắp lớn nhất (m)	3,01	3,11	3,25	4,5
Chiều cao lớp đất quy đổi (m)	0,82	0,82	0,82	0,82
Hệ số ma sát trong	0,074	0,074	0,074	0,074
Lực dính kết (T/m^2)	2,1	2,1	2,1	2,1
Hệ số an toàn	2,06	2,13	1,99	1,68

❖ *Vấn đề biến dạng lún của nền đường*

Độ lún của nền đường đắp trên nền đất yếu là độ lún toàn bộ nền đường sau khi kết thúc lún dưới tác dụng của tải trọng, gồm độ lún của bản thân nền đường đắp và độ lún của nền đất yếu dưới nền đắp. Ở đây chúng ta không xét đến độ lún của nền đường đắp (vì vật liệu đắp là cát), coi như nền đắp được đầm chặt tối đa. Vì vậy việc tính lún sẽ là tính độ lún của nền đất yếu do tải trọng nền đắp gây nên.

Để đánh giá vấn đề biến dạng lún của nền đất yếu dưới nền đường đắp, cần phải xác định độ lún cuối cùng và độ lún theo thời gian.

Theo TCCS 41 : 2022/TCĐBVN, trình tự tính toán lún của nền đắp trên đất yếu như sau:

- Giả thiết độ lún tổng cộng S_{gt} (thường giả thiết $S_{gt} = 5-10\%$ bề dày đất yếu hoặc chiều sâu vùng đất yếu chịu lún Z_a ; nếu là than bùn lún nhiều thì có thể giả thiết $S_{gt} = 20-30\%$ bề dày nói trên);

- Tính toán phân bố ứng suất σ_z^i theo toán đồ Osterberg với chiều cao nền đắp thiết kế có dự phòng lún $H'_{tk} = H_{tk} + S_{gt}$ (H_{tk} là chiều cao nền đắp thiết kế: nếu đắp trực tiếp thì kể từ mặt đất thiên nhiên khi chưa đắp đến mép vai đường; nếu có đào bót đất yếu thì kể từ cao độ mặt đất yếu sau khi đào);

- Với tải trọng đắp H'_{tk} tính toán độ lún cố kết S_c theo công thức (3.12) hoặc (3.14) tùy trường hợp:

+ Nếu S_c tính được thỏa mãn điều kiện $S_c = \frac{S_{gt}}{m}$ với $m = 1,1 - 1,7$ thì chấp nhận kết quả và độ lún tổng cộng $S = S_{gt}$;
+ Nếu không thỏa mãn điều kiện nói trên thì phải giả thiết lại S và lặp lại quá trình tính toán.

Độ lún cuối cùng của nền đất bao gồm độ lún tức thời và độ lún cố kết:

$$S = S_{tt} + S_c \quad (3.10)$$

Trong đó: S_{tt} - Độ lún tức thời;

S_c - Độ lún cố kết.

Độ lún tức thời được xác định theo tiêu chuẩn TCCS 41 : 2022/TCĐBVN:

$$S_{tt} = (m-1) \times S_c \quad (3.11)$$

Trong đó: m - Hệ số dự đoán theo kinh nghiệm $m = 1,1 - 1,7$.

Độ lún cố kết: Để tính độ lún cố kết ổn định, ở đây sử dụng phương pháp phân tầng lấy tổng. Trong đó, theo TCCS 41 : 2022/TCĐBVN độ lún của phần đất yếu, tính theo chỉ số nén lún, tùy từng trường hợp mà tính theo công thức sau:

Trường hợp đất ở trạng thái cố kết bình thường và chưa cố kết $\sigma_{bt} > \sigma_c$

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_0^i} \left[C_c^i \lg \left(\frac{\sigma_{bt}^i + \sigma_z^i}{\sigma_{bt}^i} \right) \right] \quad (3.12)$$

Trường hợp đất ở trạng thái quá cố kết $\sigma_{bt} < \sigma_c$ thì có 2 trường hợp:

+ Nếu $\sigma_{bt} + \sigma_z < \sigma_c$ thì:

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_0^i} \left[C_r^i \lg \left(\frac{\sigma_{bt}^i + \sigma_z^i}{\sigma_{bt}^i} \right) \right] \quad (3.13)$$

+ Nếu $\sigma_{bt} + \sigma_z > \sigma_c$ thì:

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_0^i} \left[C_r^i \lg \left(\frac{\sigma_c^i}{\sigma_{bt}^i} \right) + C_c^i \lg \left(\frac{\sigma_{bt}^i + \sigma_z^i}{\sigma_c^i} \right) \right] \quad (3.14)$$

Trong đó: h_i - Bề dày lớp đất tính lún thứ i (phân thành n lớp có đặc trưng biến dạng khác nhau);

e_0^i - Hệ số rỗng của lớp đất thứ i ở trạng thái tự nhiên ban đầu (chưa đắp nền bên trên);

C_c^i - Chỉ số nén lún của lớp thứ i ;

C_r^i - Chỉ số nén lún hồi phục của lớp thứ i;

σ_{bt}^i - Ứng suất bản thân của lớp thứ i;

σ_z^i - Ứng suất phụ thêm do tải trọng đất đắp gây ra ở lớp i;

σ_c - Áp lực tiền cố kết.

Độ lún của các lớp đất tốt bên dưới lớp đất yếu, do không tiến hành thí nghiệm nén cố kết nên được tính theo công thức:

$$S = \sum S_i = \sum \alpha_{oi} h_i \sigma_i \quad (3.15)$$

Hoặc

$$S = \sum S_i = \sum \frac{\beta_i}{E_{oi}} h_i \sigma_i \quad (3.16)$$

Trong đó: α_{oi} - Hệ số nén lún rút đôi của lớp phân tổ thứ i: $\alpha_{oi} = \frac{a_{(1-2)}^i}{1 + e_0^i}$; (3.17)

$a_{(1-2)}^i$ - Hệ số nén lún của lớp đất thứ i;

e_0^i - Hệ số rỗng của lớp đất thứ i;

h_i - Chiều dày lớp phân tổ thứ i;

σ_i - Ứng suất phụ thêm ở giữa lớp thứ i, tính bằng trung bình cộng giữa ứng suất phụ thêm ở đỉnh và đáy lớp phân tổ thứ i;

β_i - Hệ số tra bảng phụ thuộc vào loại đất lớp phân tổ thứ i;

E_{oi} - Mô đun biến dạng của đất lớp phân tổ thứ i.

Áp lực bản thân của đất tại các điểm đáy lớp được tính theo công thức:

$$\sigma_{bt}^i = \gamma_i h_i \quad (3.18)$$

Ứng suất phụ thêm tại các điểm đáy lớp được tính theo công thức:

$$\sigma_z^i = k_0 P_{gl} \quad (3.19)$$

$$P_{gl} = \gamma_d H_{tk} - \gamma_1 h_1 \quad (3.20)$$

Trong đó: P_{gl} - Áp lực gây lún; $P_{gl} = P_d = \gamma_d H_d$;

γ_i - Khối lượng thể tích tự nhiên của lớp thứ i;

γ_d - Khối lượng thể tích đất đắp.

Độ lún cố kết S_c được tính đến lớp phân tổ cuối cùng nằm trong vùng hoạt động nén ép. Vùng hoạt động nén ép được xác định đến độ sâu mà tại đó $\sigma_z \leq 0,2\sigma_{bt}$ (đối với đất yếu) và $\sigma_z \leq 0,15\sigma_{bt}$ (đối với đất tốt).

❖ *Tính toán dự báo biến dạng lún tại phân đoạn 1*

- Áp lực bản thân của đất tại các điểm đáy lớp được tính theo công thức (3.18).
- Ứng suất phụ thêm tại các điểm đáy lớp được tính theo công thức (3.19).

Theo TCCS 41 : 2022/TCĐBVN, Chọn $S_{gt} = 7\%$ bề dày lớp đất yếu.

$$S_{gt} = 7\% \times 8,24 = 0,58m$$

- Chiều cao nền đắp thiết kế có dự phòng bù lún:

$$H'_{tk} = H_{tk} + S_{gt} = 2,51 + 0,58 = 3,09m$$

- Áp lực gây lún:

$$P_{gl} = \gamma_d \cdot H'_{tk} = 1,85 \times 3,09 = 5,72T / m^2$$

Chiều rộng trung bình phân đoạn 1: $B_{tb} = 35,77m$.

Trong phạm vi mặt cắt ngang (Hình 3.1), phân chia nền đất thành các phân lớp nhỏ như sau:

- Lớp 3: Dày 8,24m được chia thành 7 lớp phân tổ có bề dày 1m và 1 phân tổ dày 1,24 m;

- Lớp 5: Dày 9 m được chia thành 9 lớp phân tổ có bề dày 1m;

Việc phân chia lớp và kết quả tính ứng suất, tính lún được trình bày ở phụ lục 1. Tại độ sâu 17,24 m tính từ đáy nền đắp có $\sigma_z = 4,84 (T/m^2) < 0,15\sigma_{bt} = 4,86 (T/m^2)$, thỏa mãn điều kiện $\sigma_z < 0,15\sigma_{bt}$ nên chiều sâu vùng hoạt động nén ép là 17,24m.

Độ lún của đất nền được tính đến hết vùng hoạt động nén ép:

- Lớp 3 tính lún theo công thức (3.12) và (3.14);
- Lớp 5 tính theo công thức (3.16).

Vậy tổng độ lún là $S_c = 0,497m$.

Độ lún tức thời được dự tính theo quan hệ: $S_{tt} = (m-1) \times S_c$ (Với $m = 1,1-1,7$)

$$S_{tt} = (1,1-1) \times 0,493 = 0,0497m$$

Tổng độ lún cuối cùng:

$$S = S_{tt} + S_c = 0,497 + 0,0497 = 0,547m$$

$$\text{Với } m = \frac{S_{gt}}{S} = \frac{0,58}{0,547} > 1 \text{ (Thỏa mãn)}$$

Như vậy, độ lún cuối cùng $S = 0,547 m$ thỏa mãn tiêu chuẩn quy định, vì vậy nền đường cần phải xử lý.

Lớp đất yếu nằm trên lớp đất cát nên độ lún cố kết theo thời gian tính trong

trường hợp thoát nước 1 chiều theo phương thẳng đứng có 2 mặt đều thoát nước $H_{td} = 0,5z_a = 862\text{cm}$.

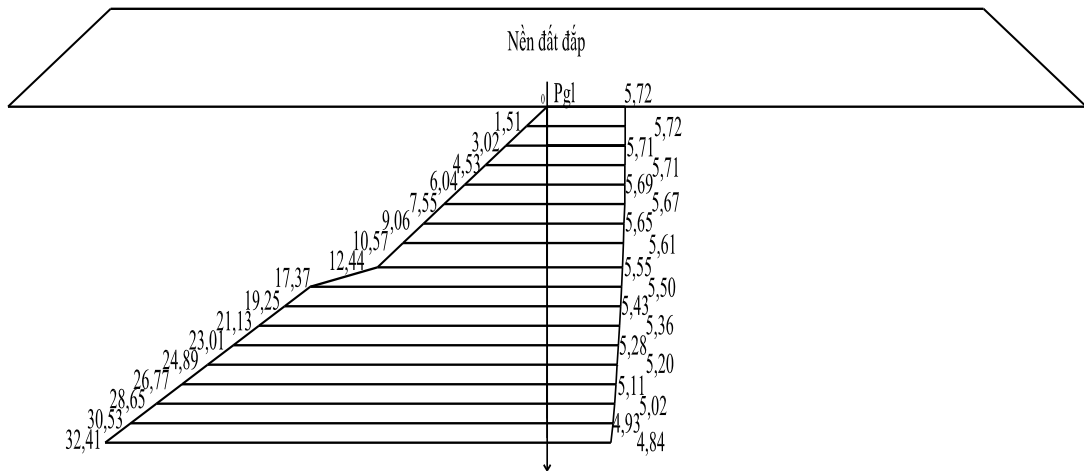
Ta có hệ số cố kết của lớp đất yếu là:

$$C_v = \frac{1724^2}{\left(\frac{824}{\sqrt{0,14 \times 10^{-3}}} \right)^2} = 0,613 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{s} = 19331 \text{ cm}^2 / \text{năm}$$

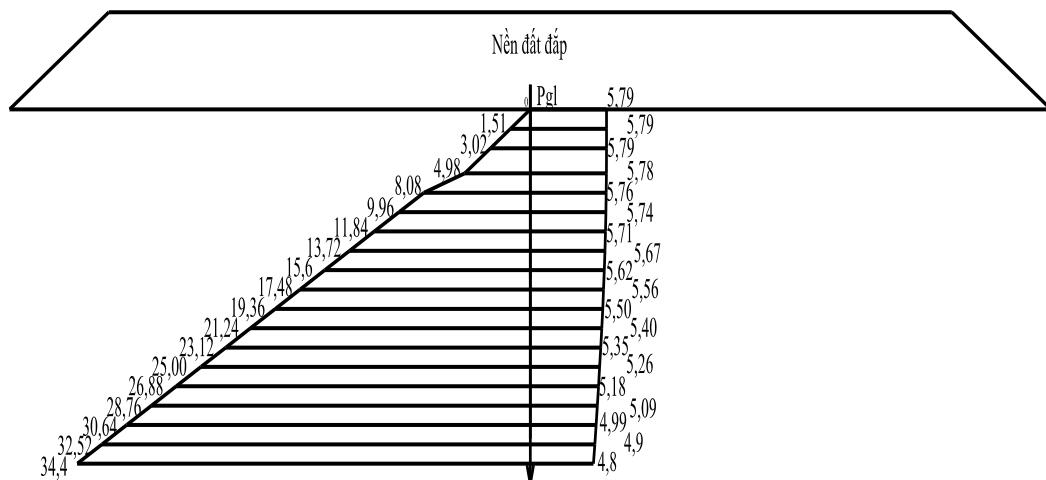
$$\text{Nhân tố cố kết là: } N = \frac{19331 \times 3,14^2}{4 \times 862^2} = 0,064t$$

Vậy thời gian để nền đất đạt cố kết 90% là 32,7 năm.

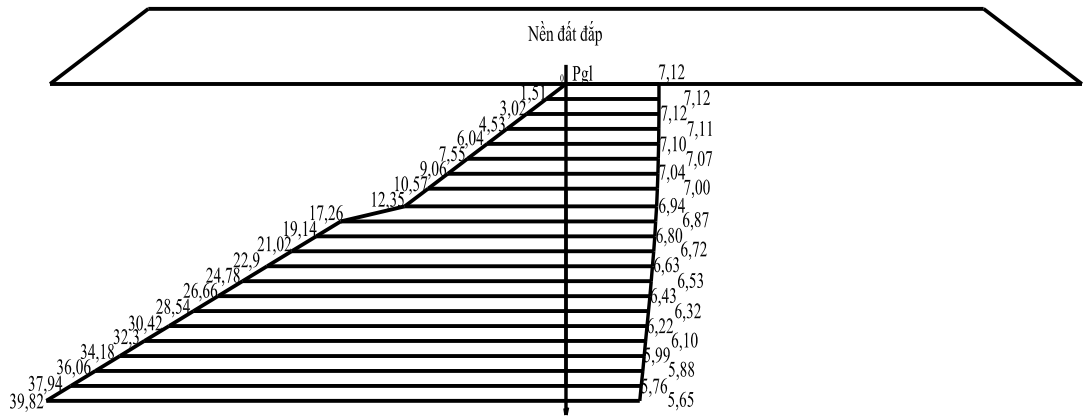
Thời gian cố kết 32,7 năm như trên là rất lâu so với thời gian thi công cho phép, do đó cần phải có biện pháp xử lý nền đường để đảm bảo thời gian thi công.



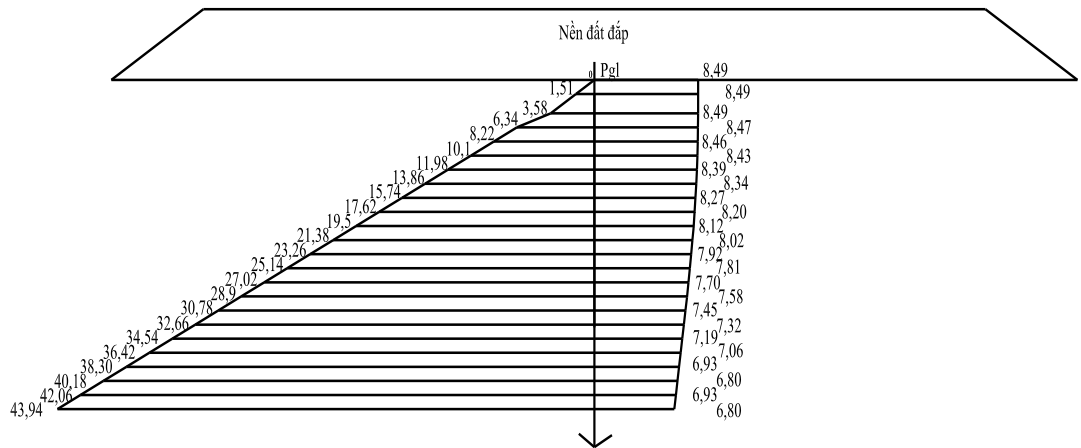
Hình 3.7. Biểu đồ phân bố ứng suất phân đoạn 1



Hình 3.8. Biểu đồ phân bố ứng suất phân đoạn 2



Hình 3.9. Biểu đồ phân bố ứng suất phân đoạn 3



Hình 3.10. Biểu đồ phân bố ứng suất phân đoạn 4

Tại các phân đoạn khác, quá trình tính toán được thực hiện tương tự như phân đoạn 1 và được thể hiện ở phụ lục 1,2,3,4. Kết quả tính toán được tổng hợp tại Bảng 3.3.

Bảng 3.3. Kết quả kiểm tra biến dạng lún

Giá trị	Phân đoạn 1	Phân đoạn 2	Phân đoạn 3	Phân đoạn 4
Tổng độ lún (m)	0,497	0,278	0,593	0,301
Độ lún cho phép (m)	0,4	0,4	0,4	0,4
Độ lún cuối cùng (m)	0,547	0,306	0,652	0,331
Hệ số cố kết (cm^2/s)	$6,13 \cdot 10^{-4}$	$43,05 \cdot 10^{-4}$	$9,39 \cdot 10^{-4}$	$67,33 \cdot 10^{-4}$
Thời gian đạt cố kết 90% (năm)	32,7	-	38,5	-

Nhận xét

Qua đánh giá điều kiện địa chất công trình và dự báo các vấn đề địa chất công trình của đoạn tuyến đường, nhận thấy:

Tại phân đoạn 1, nền đường không xảy ra hiện tượng lún trời, không xảy ra hiện tượng trượt cục bộ, độ lún cuối cùng của nền là 0,547m. Tổng độ lún lớn hơn độ lún cho phép nên phải tiến hành xử lý nền đất yếu trước khi đi vào thi công;

Tại phân đoạn 2, nền đường không xảy ra hiện tượng lún trời, không xảy ra hiện tượng trượt cục bộ, độ lún cuối cùng của nền là 0,306m. Tổng độ lún nhỏ hơn độ lún cho phép nên chỉ cần đào và thay lớp cát mới kết hợp dùng vải địa kỹ thuật với khu vực tiếp giáp phân đoạn 1 và 3;

Tại phân đoạn 3, nền đường không xảy ra hiện tượng lún trời, không xảy ra hiện tượng trượt cục bộ, độ lún cuối cùng của nền là 0,652m. Tổng độ lún lớn hơn độ lún cho phép nên phải tiến hành xử lý nền đất yếu trước khi đi vào thi công;

Tại phân đoạn 4, nền đường không xảy ra hiện tượng lún trời, không xảy ra hiện tượng trượt cục bộ, độ lún cuối cùng của nền là 0,331m. Tổng độ lún nhỏ hơn độ lún cho phép nên chỉ cần đào và thay lớp cát mới kết hợp dùng vải địa kỹ thuật với khu vực tiếp giáp phân đoạn 3.

3.2. Tính toán xử lý nền đường theo phương pháp giải tích

3.2.1. Tính toán xử lý nền đường bằng cọc cát

❖ Tại phân đoạn 1

a. Tính toán tải trọng tác dụng tại vị trí đầu cột

Tải trọng do trọng lượng bản thân của nền đắp và lớp đệm cát truyền lên đầu cột:

$$P_d = H_d \gamma_d = 3,51 \times 1,85 = 6,49T / m^2$$

Tải trọng do phương tiện giao thông gây ra: $P_{gt} = 1,52T/m^2$

Vậy tải trọng tác dụng tại vị trí đầu cột:

$$P = P_d + P_{gt} = 6,49 + 1,52 = 8,01T / m^2$$

b. Tính toán khoảng cách các cọc

Xác định đường kính cọc và khoảng cách các cọc phải dựa vào chiều sâu cần được gia cố, quy mô tải trọng công trình. Cụ thể tại phân đoạn này lấy đường kính $d_c = 400mm$ và $L = 2m$ [19].

c. Tính toán số lượng cọc cát

Chiều dài của phân đoạn 1 là 280m, trong đó 67m nền đường hiện hữu không xử lý cọc cát, nên chiều dài xử lý thực tế là 213m. Chiều rộng nền đường của phân đoạn 1 là 36,5m.

Tại phân đoạn này cọc được bố trí theo sơ đồ hình vuông. Kết quả số lượng cọc

được thể hiện ở Bảng 3.4:

Bảng 3.4. Kết quả số lượng cọc theo các sơ đồ tại phân đoạn 1.

Dạng sơ đồ	Số lượng (cọc)
Sơ đồ hình vuông	2150

d. Tính toán chiều dài cọc

Xác định vùng chịu nén: tại độ sâu 18m tính từ đáy nền đắp có $\sigma_z = 6,54 \text{ T/m}^2 < 0,2\sigma_{bt} = 6,77 \text{ T/m}^2$, thỏa mãn điều kiện $\sigma_z < 0,2\sigma_{bt}$ nên chiều sâu vùng hoạt động nén ép là 18m > bề dày lớp đất yếu 8,24m.

Chiều dài cọc ở phân đoạn 1 phụ thuộc vào cấu trúc nền đất và chiều sâu vùng hoạt động nén ép. Vậy chọn chiều dài cọc là $l_c = 9\text{m}$.

e. Tính toán độ lún cố kết

Độ lún của nền đất tính theo công thức (2.1):

$$S_c = \sum_{i=1}^j p_i h_i \frac{\beta}{E_{oi}}$$

Kết quả tính toán được trình bày trong Bảng 3.5.

Bảng 3.5. Bảng tính lún của nền đất tại phân đoạn 1

Lớp	z (m)	h _i (m)	p _i (T/m ²)	E _{oi} (T/m ²)	S _c (m)
3	1	1	8,00	174	0,037
	2	1	7,99	174	0,037
	3	1	7,99	174	0,037
	4	1	7,96	174	0,037
	5	1	7,92	174	0,036
	6	1	7,88	174	0,036
	7	1	7,83	174	0,036
	8,24	1,24	7,73	174	0,044
5	9,24	1	7,64	3150	0,002
	10,24	1	7,55	3150	0,002
	11,24	1	7,44	3150	0,002
	12,24	1	7,31	3150	0,002
	13,24	1	7,19	3150	0,002
	14,24	1	7,06	3150	0,002
	15,24	1	6,93	3150	0,002

	16,24	1	6,78	3150	0,002
	17,24	1	6,65	3150	0,002
	18	0,76	6,54	3150	0,001
Tổng					0,318

Vậy độ lún của nền đất phân đoạn 1 là 0,318m.

g. *Tính thời gian cố kết*

+ Độ cố kết theo phương ngang U_v :

$$U_v = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-\frac{\pi^2 T_v}{4}}$$

Nhân tố thời gian theo phương thẳng đứng: $T_v = \frac{C_v t}{l_c^2}$

Với các giá trị $C_v = 0,668 \cdot 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s} = 2,1 \text{m}^2/\text{năm}$; $l_c = 9 \text{ m}$.

Thay số ta có: $T_v = 0,026t$.

+ Độ cố kết theo phương ngang U_r :

$$U_r = 1 - \exp\left(\frac{-8T_r}{F(n)}\right)$$

+ Nhân tố thời gian theo phương ngang: $T_r = \frac{C_r t}{D_e^2}$

Trong đó: $D_e = 1,13 \times 2 = 2,26 \text{m}$;

C_r : hệ số cố kết theo phương ngang, lấy $C_r = 2 \times C_v = 4,2 \text{m}^2 / \text{năm}$.

Thay số ta có: $T_r = 0,826t$

+ Nhân tố xét đến ảnh hưởng của khoảng cách cọc cát:

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \cdot \ln(n) - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \quad \text{Với } n = \frac{D_e}{d_c} = 5,65$$

Thay số ta có: $F(n) = 1,05$

Độ cố kết chung theo thời gian khi đặt cọc cát được thể hiện ở Bảng 3.6.

Vậy sau khoảng thời gian là 120 ngày nền đất đã được gia cố bằng cọc cát đã đạt được cố kết với $U = 90,78\%$.

Bảng 3.6. Kết quả cố kết theo thời gian t tại phân đoạn 1 sau khi gia cố cọc cát

Thời gian (ngày)	T_v	U_v (%)	T_r	U_r (%)	U (%)
15	0,0011	19,07	0,0339	22,85	37,57
30	0,0021	19,29	0,0678	40,48	51,96

45	0,0032	19,50	0,1017	54,08	63,03
60	0,0043	19,71	0,1356	64,57	71,56
75	0,0053	19,92	0,1695	72,67	78,11
90	0,0064	20,13	0,2034	78,91	83,16
105	0,0075	20,34	0,2373	83,73	87,04
120	0,0086	20,55	0,2712	87,45	90,03

Tại phân đoạn 3, quá trình tính toán được thực hiện tương tự như phân đoạn 1 và được thể hiện ở phụ lục 5,6. Kết quả tính toán được tổng hợp tại Bảng 3.7.

Bảng 3.7. Kết quả tính toán các phân đoạn xử lý bằng cọc cát

Các giá trị	Phân đoạn 1	Phân đoạn 3
Tải trọng tác dụng lên đầu cột (T/m^2)	8,01	8,98
Đường kính (m)	0,4	0,4
Khoảng cách (m)	2	2
Số lượng (cọc)	2150	2450
Chiều dài cọc (m)	9	9
Độ lún (m)	0,317	0,356
Thời gian (ngày)	120	105
Độ cố kết (%)	90,03	90,2

3.2.2. Tính toán xử lý nền đường bằng bắc thấm

Bảng 3.8. Các thông số kỹ thuật loại bắc thấm VID75

Chiều rộng băng nhựa	100mm
Chiều dày	3mm
Độ bền chịu kéo	1,6kN
Độ giãn dài với áp lực 0,5kN	10%
Độ giãn dài khi phá hủy	20%
Khả năng thoát nước có áp lực $10kN/m^2$	$80.10^{-6}m^3/s$
Khả năng thoát nước khi có áp lực $300kN/m^2$	$60.10^{-6}m^3/s$
Hệ số thấm của vỏ lọc	$1,4.10^{-4}m/s$

Chọn loại bắc thấm VID75 vật liệu địa kỹ thuật dùng để xử lý nền đất yếu gồm hai lớp. Vỏ hay áo lọc bằng vải địa kỹ thuật không dệt sợi liên tục chất liệu PP hoặc PE 100% có độ bền cơ học lớn, hệ số thấm cao, kích thước lỗ nhỏ giúp ngăn các hạt đất sét nhỏ thâm nhập vào lõi thoát nước. Lớp lõi thoát nước đùn bằng nhựa hạt PP, có rãnh cả hai phía.

Bảng 3.9. Thông số tính toán phân đoạn 1

Chiều cao lớp đất đắp	$H_d = 1,5m$
Bề dày lớp đất yếu	$H = 8,24m$
Độ lún	$S_c = 0,497m$
Chiều sâu vùng hoạt động nén ép	$z_a = 17m$

a. Thiết kế tầng đệm cát

Do bề dày tầng đệm cát phải lớn hơn 0,5m và lớn hơn độ lún tổng cộng. Chọn bề dày tầng đệm cát là 1m.

b. Chiều sâu cắm bắc thấm

Chọn chiều sâu xử lý nền đường dựa vào chiều dày vùng hoạt động nén ép, bề dày lớp đất yếu và chiều sâu phân bố mực nước ngầm. Tại phân đoạn này chiều sâu vùng hoạt động nén ép 17 m > bề dày lớp đất yếu 8,24m. Vậy chọn chiều sâu cắm bắc thấm là $H_b = 9\text{m}$.

c. Khoảng cách bắc thấm

Chọn loại bắc thấm có chiều rộng $a = 100\text{mm}$ và chiều dày $b = 3\text{mm}$. Đường kính tương đương của bắc thấm $d_w = 5,15\text{cm}$. Để đạt hiệu quả cao, bắc thấm được bố trí theo mạng lưới hình vuông. Dựa vào chiều cao đắp và độ cố kết cần đạt ($U = 0,90$). Chọn khoảng cách giữa các bắc thấm $L' = 2,2\text{m}$ [18].

Bắc thấm cắm theo mạng lưới hình vuông. Đường kính vùng ảnh hưởng của bắc thấm D_b được tính như sau:

$$D_b = 1,13 \times L' = 1,13 \times 2,2 = 2,486\text{m}$$

- Xác định độ cố kết theo phương thẳng đứng U_v :

$$U_v = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-\frac{\pi^2 T_v}{4}}$$

$$\text{Nhân tố thời gian theo phương đứng: } T_v = \frac{C_v t}{H_b^2}$$

Thay các giá trị: $C_v = 0,613 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s} = 1,93 \text{ m}^2/\text{năm}$; $H_b = 9 \text{ m}$; t là thời gian dự kiến để đất nền đạt độ cố kết theo yêu cầu..

Thay số ta có $T_v = 0,024t$

- Xác định độ cố kết theo phương ngang U_r :

$$U_r = 1 - \exp\left(\frac{-8T_r}{F(n) + F_s + F_r}\right)$$

$$\text{- Nhân tố thời gian theo phương ngang: } T_r = \frac{C_r t}{D_b^2}$$

Trong đó: D_b - Đường kính ảnh hưởng của bắc thấm, $D_b = 2,486\text{m}$;

C_r - Hệ số cố kết theo phương ngang,

$$\text{lấy } C_r = (2-5) \times C_v = 2 \times C_v = 3,86 \text{ m}^2/\text{năm}.$$

Thay số ta có: $T_r = 0,624t$

- Nhân tố xét đến ảnh hưởng của khoảng cách bố trí bậc thấm $F_{(n)}$

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \times \ln(n) - \frac{3n^2 - 1}{4n^2}$$

Trong đó: n - Tỷ số Barron, $n = \frac{D_b}{d_w} = 48,27$;

D_b - Đường kính vùng ảnh hưởng của bậc thấm;

d_b - Đường kính tương đương của bậc thấm.

Vì $n^2 > 1$, nên $F_{(n)}$ có thể tính bằng công thức: $F(n) = \ln(n) - \frac{3}{4} = 3,12$

- Nhân tố xét đến ảnh hưởng xáo động nền khi đóng bậc thấm F_s

$$F_s = \left(\frac{k_n}{k_s} - 1 \right) \ln \left(\frac{d_s}{d_w} \right)$$

Lấy $\frac{k_n}{k_s} = 2$; $\frac{d_s}{d_w} = 2$. Thay số ta có: $F_s = (2 - 1) \times \ln(2) = 0,693$

- Nhân tố xét đến sức cản của bậc thấm F_r tính theo công thức

$$F_r = \frac{2}{3} \pi H_b^2 \left(\frac{k_h}{q_w} \right)$$

Trong đó: H_b - Chiều dài tính toán của bậc thấm, $H_b = 9\text{m}$;

k_h - Hệ số thấm theo phương nằm ngang của đất yếu khi chưa cắm bậc thấm;

q_w - Khả năng thoát nước của bậc thấm ứng với gradient thủy lực bằng 1, lấy theo chứng chỉ xuất xưởng của bậc thấm, m^3/s .

Thực tế tính toán thường lấy tỷ số $\frac{k_h}{q_w}$ như sau:

$$\frac{k_h}{q_w} = 0,00001 - 0,001 \text{m}^{-2} \text{ đối với đất yếu loại sét hoặc sét pha};$$

$$\frac{k_h}{q_w} = 0,001 - 0,01 \text{m}^{-2} \text{ đối với than bùn};$$

$$\frac{k_h}{q_w} = 0,01 - 0,1 \text{m}^{-2} \text{ đối với bùn cát}.$$

Lấy $\frac{k_h}{q_w} = 0,001$. Thay số ta có $F_r = \frac{2}{3} \times 3,14 \times 9^2 \times 0,001 = 0,17$

Kết quả độ lún theo thời gian sau khi sử dụng bậc thấm được thể hiện ở Bảng 3.10.

Độ lún cố kết của nền đất sau khi được gia cố sau thời gian t , tính theo công thức:

$$S = S_c \times U$$

Trong đó: S_c - Độ lún cố kết của nền đất yếu khi chưa xử lý;

U - Độ cố kết của nền đất sau khi được xử lý.

Khi đó, độ lún còn lại ΔS sau thời gian t :

$$\Delta S = (1 - U) S_c = (1 - 0,9011) \times 0,497 = 0,049m = 4,9cm$$

Độ lún của nền đất sau khi xử lý:

$$S = S_c \times U = 0,497 \times 0,9011 = 0,448m = 44,8cm$$

Bảng 3.10. Kết quả cố kết theo thời gian t tại phân đoạn 1 sau khi gia cố bậc thấm

Thời gian (ngày)	T_v	U_v (%)	T_r	U_r (%)	U (%)
30	0,0020	19,25	0,0514	9,80	27,16
120	0,0078	20,41	0,2057	33,80	47,31
210	0,0137	21,56	0,3599	51,41	61,89
300	0,0196	22,69	0,5142	64,34	72,43
390	0,0255	23,80	0,6684	73,82	80,06
480	0,0314	24,90	0,8227	80,79	85,57
585	0,0383	26,16	1,0026	86,61	90,11

Vậy sau khoảng thời gian là 585 ngày nền đất đã được gia cố bằng bậc thấm đã đạt được cố kết với $U = 90,11\%$.

d. Tính toán chiều cao đất đắp theo các giai đoạn

Chiều dày lớp đất đắp: $H_d = 1,5m = 3,51m$; $B_{tb} = 34,25m$

- Đắp đất giai đoạn 1: $H_{d1} = 0,5 m$, $U = 70\%$.

Do $\frac{B_{tb}}{H} > 1,49$ nên chiều cao lớp đất đắp được tính theo công thức sau:

$$H_{di} = \frac{N_c C_u}{\gamma F}$$

Với: $N_c = 6,57$ theo toán đồ Pilot – Moreau; $\gamma_d = 1,85 \text{ T/m}^3$;

$$C_{u1} = 2,1 \text{ T/m}^2; H_{d1} = 0,5 \text{ m}.$$

$$\text{Kiểm tra ổn định lún trôi: } F = \frac{q_{gh}}{q} = \frac{6,57 \times 2,1}{1,85 \times 0,5} > 1,2$$

Kiểm tra mất ổn định của nền đắp được xác định theo công thức:

$$F = Af + B \frac{C_u}{\gamma_d \times H_d}$$

Với: $A = 5,94$; $B = 5,85$; $f = \tan \varphi = \tan (4^\circ 21') = 0,074$;

$$C_{u1} = 2,1 \text{ T/m}^2; \gamma_d = 1,85 \text{ T/m}^2; H_{d1} = 0,5 \text{ m}.$$

$$F = 5,94 \times 0,074 + 5,85 \times \frac{2,1}{1,85 \times 0,5} > 1,2$$

- Đắp đất giai đoạn 2: $H_{d2} = 0,5 \text{ m}$, $U = 80\%$.

Do $\frac{B_{tb}}{H} > 1,49$ nên chiều cao lớp đất đắp được tính theo công thức sau:

$$H_{di} = \frac{N_c C_u}{\gamma F}$$

Với: $N_c = 6,57$ theo toán đồ Pilot – Moreau; $\gamma_d = 1,85 \text{ T/m}^3$;

$$C_{u2} = 2,15 \text{ T/m}^2; H_{d2} = 0,5 \text{ m}.$$

$$\text{Kiểm tra ổn định lún trôi: } F = \frac{q_{gh}}{q} = \frac{6,57 \times 2,15}{1,85 \times 1} > 1,2$$

Kiểm tra mất ổn định của nền đắp được xác định theo công thức:

$$F = Af + B \frac{C_u}{\gamma_d \times H_d}$$

Với: $A = 5,94$; $B = 5,85$; $f = \tan \varphi = \tan (4^\circ 21') = 0,074$;

$$C_{u2} = 2,15 \text{ T/m}^2; \gamma_d = 1,85 \text{ T/m}^2; H_{d2} = 1 \text{ m}.$$

$$F = 5,94 \times 0,074 + 5,85 \times \frac{2,15}{1,85 \times 1} > 1,2$$

- Đắp đất giai đoạn 3: $H_{d3} = 0,5 \text{ m}$, $U = 90\%$.

Do $\frac{B_{tb}}{H} > 1,49$ nên chiều cao lớp đất đắp được tính theo công thức sau:

$$H_{di} = \frac{N_c C_u}{\gamma F}$$

Với: $N_c = 6,57$ theo toán đồ Pilot – Moreau; $\gamma_d = 1,85 \text{ T/m}^3$;

$$C_{u2} = 2,21 \text{ T/m}^2; H_{d3} = 0,5 \text{ m}.$$

$$\text{Kiểm tra ổn định lún trôi: } F = \frac{q_{gh}}{q} = \frac{6,57 \times 2,21}{1,85 \times 1,5} > 1,2$$

Kiểm tra mất ổn định của nền đắp được xác định theo công thức:

$$F = Af + B \frac{C_u}{\gamma_d \times H_d}$$

Với: $A = 5,94$; $B = 5,85$; $f = \tan \varphi = \tan (4^\circ 21') = 0,074$;

$$C_{u2} = 2,21 \text{ T/m}^2; \gamma_d = 1,85 \text{ T/m}^3; H_{d2} = 1,5 \text{ m}.$$

$$F = 5,94 \times 0,074 + 5,85 \times \frac{2,21}{1,85 \times 1,5} > 1,2$$

Qua tính toán ở trên có thể thấy, đoạn đường tại mặt cắt phân đoạn 1 đắp 1,5m, đắp trực tiếp lên lớp đất yếu, để đạt được chiều cao đắp cần đắp nền đường thành 3 lần với tổng chiều cao đắp đất là 1,5m.

e. Tính thời gian chờ đắp đất

Từ phụ lục 7 nền đất đạt độ cố kết $U = 70\%$ cần 275 ngày. Vậy thời gian chờ đợi từ giai đoạn 1 tới giai đoạn 2 là 275 ngày.

- Đắp đất giai đoạn 2 đến độ cao 1m, $U = 80\%$. Thời gian để nền đất đạt độ cố kết 80% cần 390 ngày. Vậy thời gian chờ đợi từ giai đoạn 2 đến giai đoạn 3 là 115 ngày.

- Đắp đất giai đoạn 3 đến độ cao 1,5m, $U = 90\%$. Thời gian để nền đất đạt độ cố kết 90% cần 585 ngày. Vậy thời gian chờ đợi từ giai đoạn 2 đến khi nền đạt 90% là 195 ngày.

Tại phân đoạn 3, quá trình tính toán được thực hiện tương tự như phân đoạn 1 và được thể hiện ở phụ lục 7,8. Kết quả tính toán được tổng hợp tại Bảng 3.11.

Bảng 3.11. Kết quả tính toán các phân đoạn xử lý bằng bắc thấm

Các giá trị	Phân đoạn 1	Phân đoạn 3
Chiều dài (m)	9	9
Khoảng cách (m)	2,2	2,2
Đường kính (m)	2,49	2,49
Thời gian cố kết (ngày)	585	390
Độ cố kết (%)	90,11	90,54

Chiều cao đất đắp giai đoạn 1 (m)	0,5	0,5
Thời gian chờ cố kết (ngày)	275	185
Chiều cao đất đắp giai đoạn 2 (m)	0,5	0,5
Thời gian chờ cố kết (ngày)	115	70
Chiều cao đất đắp giai đoạn 3 (m)	0,5	0,5
Thời gian chờ cố kết (ngày)	195	135

3.2.3. Tính toán xử lý nền đường bằng giếng cát

a. Thiết kế tầng đệm cát

Do bề dày tầng đệm cát phải lớn hơn 0,5m và lớn hơn độ lún tổng cộng. Chọn bề dày tầng đệm cát là 1m.

b. Chiều sâu giếng cát

Chọn chiều sâu xử lý nền đường dựa vào chiều dày vùng hoạt động nén ép, bề dày lớp đất yếu và chiều sâu phân bố mực nước ngầm. Tại phân đoạn này chiều sâu vùng hoạt động nén ép 17 m > bề dày lớp đất yếu 8,24m. Vậy chọn chiều sâu giếng cát là $H_g = 9\text{m}$.

c. Khoảng cách và đường kính giếng cát

Chọn đường kính giếng cát $d_g = 0,4\text{m}$. Để đạt hiệu quả cao, giếng cát được bố trí theo mạng lưới hình vuông. Dựa vào chiều cao đắp và độ cố kết cần đạt ($U = 0,90$). Chọn khoảng cách giữa các giếng cát $L_g = 2,2\text{m}$ [18].

Giếng cát bố trí theo mạng lưới hình vuông. Đường kính vùng ảnh hưởng của giếng cát D_g được tính như sau:

$$D_g = 1,13 \times L_g = 1,13 \times 2,2 = 2,49\text{m}$$

- Xác định độ cố kết theo phương thẳng đứng U_v :

$$U_v = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-\frac{\pi^2 T_v}{4}}$$

$$\text{Nhân tố thời gian theo phương đứng: } T_v = \frac{C_v t}{H_g^2}$$

Thay các giá trị: $C_v = 0,613 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s} = 1,93 \text{ m}^2/\text{năm}$; $H_g = 9 \text{ m}$; t là thời gian dự kiến để đất nền đạt độ cố kết theo yêu cầu.

Thay số ta có $T_v = 0,024t$

- Xác định độ cố kết theo phương ngang U_r :

$$U_r = 1 - \exp\left(\frac{-8T_r}{F(n) + F_s + F_r}\right)$$

- Nhân tố thời gian theo phương ngang: $T_r = \frac{C_r t}{D_g^2}$

Trong đó: D_g - Đường kính ảnh hưởng của giếng cát, $D_g = 2,49\text{m}$;

C_r - Hệ số cố kết theo phương ngang,

lấy $C_r = (2-5) \times C_v = 2 \times C_v = 3,86 \text{ m}^2/\text{năm}$.

Thay số ta có: $T_r = 0,623\text{t}$

- Nhân tố xét đến ảnh hưởng của khoảng cách bố trí giếng cát $F(n)$

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \times \ln(n) - \frac{3n^2 - 1}{4n^2}$$

Trong đó: n - Tỷ số Barron, $n = \frac{D_g}{d_g} = 6,23$;

D_g - Đường kính vùng ảnh hưởng của giếng cát;

d_g - Đường kính tương đương của giếng cát.

Vì $n^2 > 1$, nên $F(n)$ có thể tính bằng công thức:

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \times \ln(n) - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} = 1,13$$

Khi dùng giếng cát xem như F_s và F_r bằng 0.

Kết quả độ lún theo thời gian sau khi sử dụng giếng cát được thể hiện ở Bảng 3.12.

Độ lún cố kết của nền đất sau khi được gia cố sau thời gian t , tính theo công thức:

$$S = S_c \times U$$

Trong đó: S_c - Độ lún cố kết của nền đất yếu khi chưa xử lý;

U - Độ cố kết của nền đất sau khi được xử lý.

Khi đó, độ lún còn lại ΔS sau thời gian t :

$$\Delta S = (1 - U) S_c = (1 - 0,9053) \times 0,497 = 0,047\text{m} = 4,7\text{cm}$$

Độ lún của nền đất sau khi xử lý:

$$S = S_c \times U = 0,497 \times 0,9053 = 0,45\text{m} = 45\text{cm}$$

Vậy sau khoảng thời gian là 175 ngày nền đất đã được gia cố bằng giếng cát đã đạt được cố kết với $U = 90,53\%$.

Bảng 3.12. Kết quả cố kết theo thời gian t tại phân đoạn 1 sau khi gia cố giếng cát

Thời gian (ngày)	T_v	U_v (%)	T_r	U_r (%)	U (%)
30	0,0020	19,25	0,0514	30,47	43,85
60	0,0039	19,64	0,1028	51,65	61,15
90	0,0059	20,03	0,1543	59,13	67,94
120	0,0078	20,41	0,2057	76,63	81,40
150	0,0098	20,80	0,2571	83,75	87,13
175	0,0114	21,12	0,2999	87,99	90,53

Tại phân đoạn 3, quá trình tính toán được thực hiện tương tự như phân đoạn 1 và được thể hiện ở phụ lục 9,10. Kết quả tính toán được tổng hợp tại Bảng 3.13.

Bảng 3.13. Kết quả tính toán các phân đoạn xử lý bằng giếng cát

Các giá trị	Phân đoạn 1	Phân đoạn 3
Chiều dài (m)	9	9
Khoảng cách (m)	2,2	2,2
Đường kính (m)	2,49	2,49
Số lượng (giếng)	1755	2007
Thời gian cố kết (ngày)	175	115
Độ cố kết (%)	90,53	90,66
Chiều cao đất đắp giai đoạn 1 (m)	0,5	0,5
Thời gian chờ cố kết (ngày)	85	55
Chiều cao đất đắp giai đoạn 2 (m)	0,5	0,5
Thời gian chờ cố kết (ngày)	30	20
Chiều cao đất đắp giai đoạn 3 (m)	0,5	0,5
Thời gian chờ cố kết (ngày)	60	40

3.3. Ứng dụng phần mềm Plaxis tính toán xử lý nền đường

3.3.1. Thông số đầu vào khi ứng dụng Plaxis

Dựa theo hồ sơ địa chất và kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý các lớp đất, chỉ tiêu các lớp vật liệu đưa vào tính toán và mô hình mô phỏng được trình bày như Bảng 3.14 với lớp đất yếu bùn sét sử dụng mô hình Soft Soil và mô hình Mohr Coulomb cho các lớp khác. Tại biên đối xứng sử dụng điều kiện biên không thấm (Closed consolidation boundary).

Bảng 3.14. Thông số đầu vào

Thông số	Lớp 3: Sét	Lớp 5: Cát	Lớp đất đắp
Mô hình tính toán	SS	MC	MC
Kiểu ứng xử	Undrain	Drain	Drain
Dung trọng tự nhiên (kN/m^3)	15,1	18,8	17,8

Dung trọng đẩy nổi (kN/m³)	15,7	19,58	19
Hệ số thấm (k)	$1,78.10^{-3}$	1	50
Mô đun đàn hồi (E_{oed})		32000	11300
Hệ số Poisson (kN/m²)		0,2	0,2
Lực dính (Độ)	4,21	1	5
Góc ma sát	4,21	29,5	30
Chỉ số nén điều chỉnh	0,673		
Chỉ số nở điều chỉnh	0,13		

3.3.2. Mô phỏng bài toán giếng cát

Phương pháp số được dùng phổ biến để mô phỏng ứng xử các bài toán gia cố nền đất yếu. Trong thực tế quá trình cố kết của giếng cát là một bài toán đối xứng hình trụ (3D) nhưng khi sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) thì để đơn giản trong việc mô phỏng bài toán, thường chuyển bài toán về dạng phẳng (2D). Việc chuyển từ 3D sang 2D bằng cách xem giếng cát như một tường thấm phẳng. Từ đó, tính quy đổi hệ số thấm ngang của đất trong mô hình đối xứng hình trụ sang hệ số thấm ngang tương đương của đất trong mô hình phẳng. Trong các bài toán đắp đường đơn giản, có thể dùng Plaxis 2D, tuy nhiên với bài toán ngược lại nên dùng Plaxis 3D sẽ cho kết quả phù hợp với thực tế hơn [9].

Một tính năng của Plaxis là khả năng đưa ra kết quả chuyển vị phục vụ công tác quan trắc trong quá trình thi công. Việc này cho phép kiểm soát tốt hơn quá trình thi công, nếu phát hiện chuyển vị vượt mức, cần có biện pháp xử lý kịp thời, đảm bảo an toàn và chất lượng công trình [16].

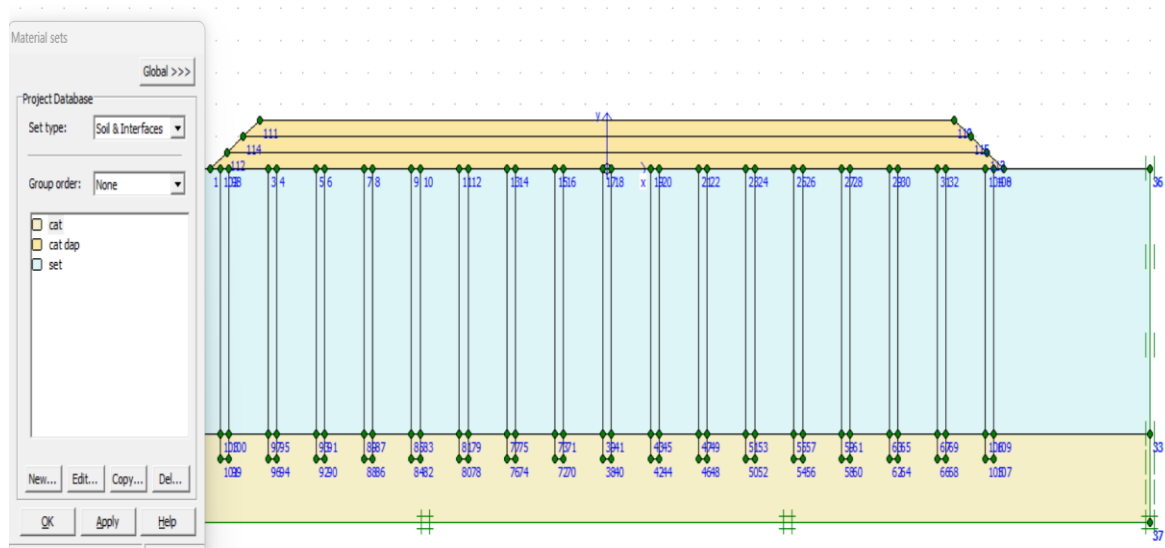
Việc mô hình hóa sự làm việc công trình nền đắp trên nền đất yếu được gia cố bởi giếng cát bằng phần mềm Plaxis sẽ đáp ứng được sự làm việc phù hợp của mô hình. Phương pháp được dùng để tính toán giếng cát trong phần này là mô tả độc lập đất yếu và giếng cát theo các giá trị đặc trưng cơ lý riêng của chúng. Tại tuyến đường Nguyễn Trãi nối dài, tác giả đã chia thành 4 phân đoạn và tiến hành mô phỏng cho các phân đoạn cần xử lý nền đất yếu là phân đoạn 1,3.

Tại phân đoạn 1, quy mô mặt cắt ngang là 36,5m; bề rộng nền đường là 32m; chiều cao là 1,5m; hệ số mái đắp là 1,5. Mô hình mặt cắt ngang đại diện tính toán xử lý đất yếu Phần mềm Plaxis cho phép xây dựng bài toán tương đối dễ dàng. Mô hình bài toán được thể hiện ở Hình 3.11. Thông số giếng cát thực tế thi công và khai báo trong mô hình: Đường kính giếng 40cm, chiều sâu giếng cát là 9m, sơ đồ bố trí giếng cát theo hình tam giác khoảng cách 2,2m.

Đất đắp bằng cát và đất yếu được mô phỏng theo mô hình Mohr-Coulomb và

Soft Soil với các giá trị thông số mô hình được thể hiện trong Bảng 3.14. Chú ý rằng vì không có số liệu thí nghiệm hệ số thấm của các lớp đất nền theo phương ngang nên giả thiết hệ số thấm theo phương ngang bằng hệ số thấm của đất nền theo phương đứng.

Phân tích bài toán cố kết thấm được thực hiện theo phương pháp phần tử hữu hạn, sơ đồ bài toán phẳng, sử dụng phần mềm Plaxis. Lưới phần tử hữu hạn bao gồm các phần tử tam giác 15 điểm nút. Mục nước ngầm được lấy dưới mặt đất tự nhiên 2m.



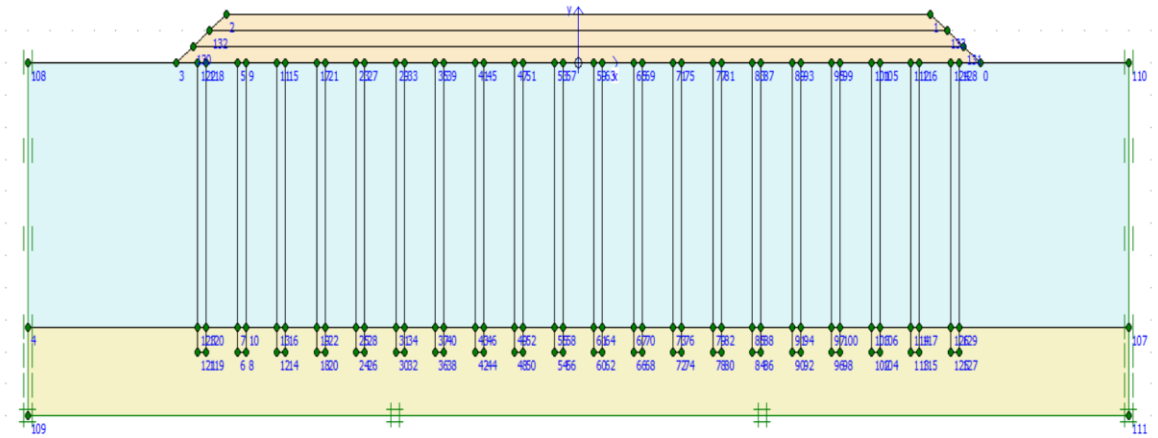
Hình 3.11. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách giếng 2,2m)

Bảng 3.15. Khai báo các giai đoạn thi công

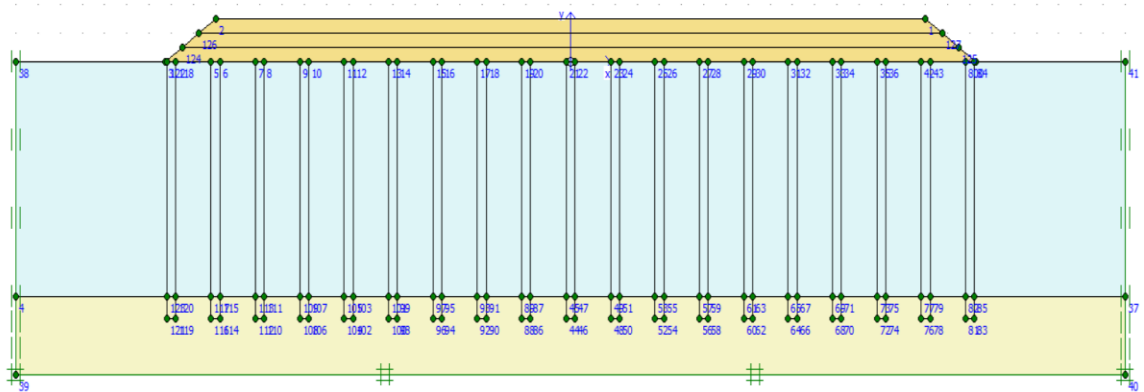
Giai đoạn thi công	Thời gian thi công
Giai đoạn 1: Tc giếng cát	0
Giai đoạn 2: Đắp lớp 1 dày 0,5m	5
Giai đoạn 3: Chờ cố kết 1	30
Giai đoạn 4: Đắp lớp 2 dày 0,5m	5
Giai đoạn 5: Chờ cố kết 2	30
Giai đoạn 6: Đắp lớp 3 dày 0,5m	5
Giai đoạn 7: Chờ cố kết 3	224

Bài toán được phân tích là thi công đường đắp trên nền thiên nhiên (không được xử lý) và nền được xử lý bằng giếng cát. Bảng 3.15 mô tả chi tiết các giai đoạn đắp đối với bài toán nói trên. Giai đoạn 7 có thời gian là 224 ngày phù hợp với thời gian quan trắc lún cuối cùng là 299 ngày.

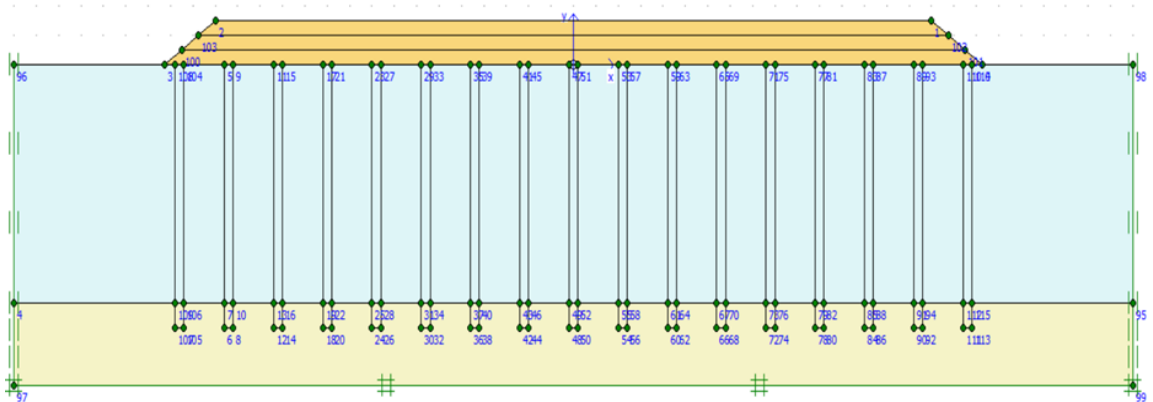
Thiết lập mô hình tính toán tương tự cho phân đoạn 1 với khoảng cách giữa các giếng cát là 1,8m; 2m và phân đoạn 3 với khoảng cách giữa các giếng cát là 2,2m.



Hình 3.12. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách giếng 1,8m)



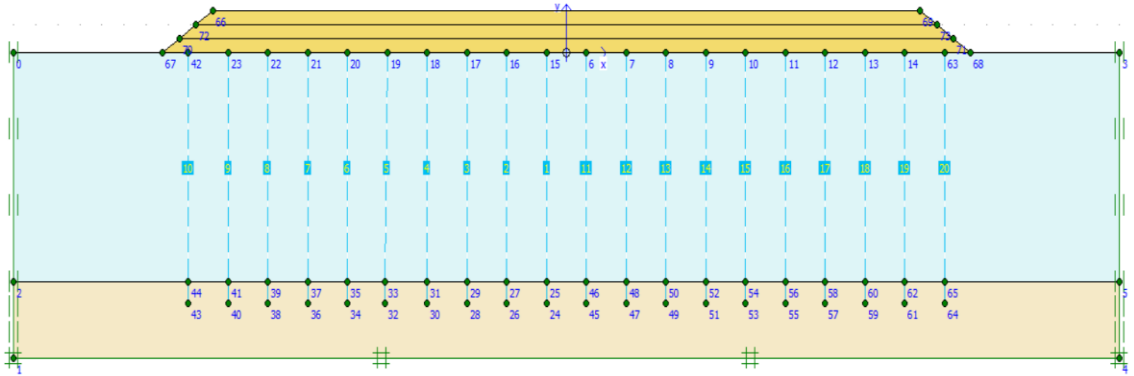
Hình 3.13. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách giếng 2m)



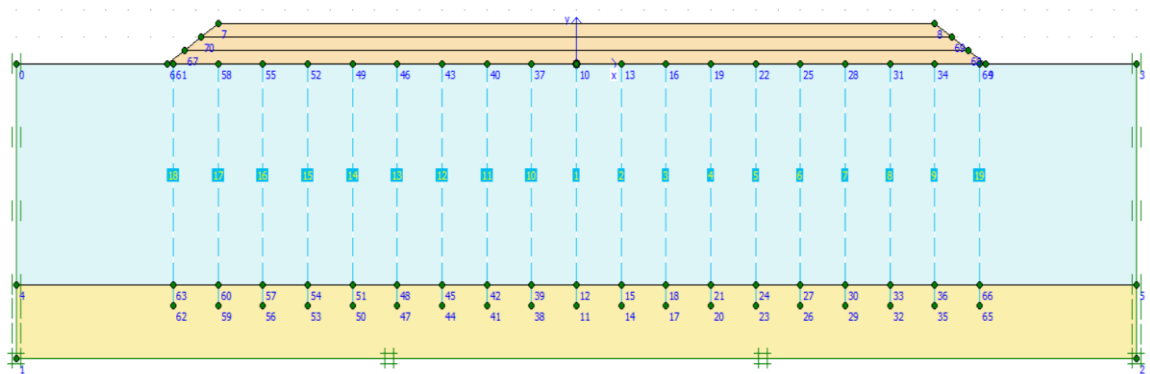
Hình 3.14. Mô phỏng phân đoạn 3 bằng giếng cát

3.3.3. Mô phỏng bài toán bắc thẳm

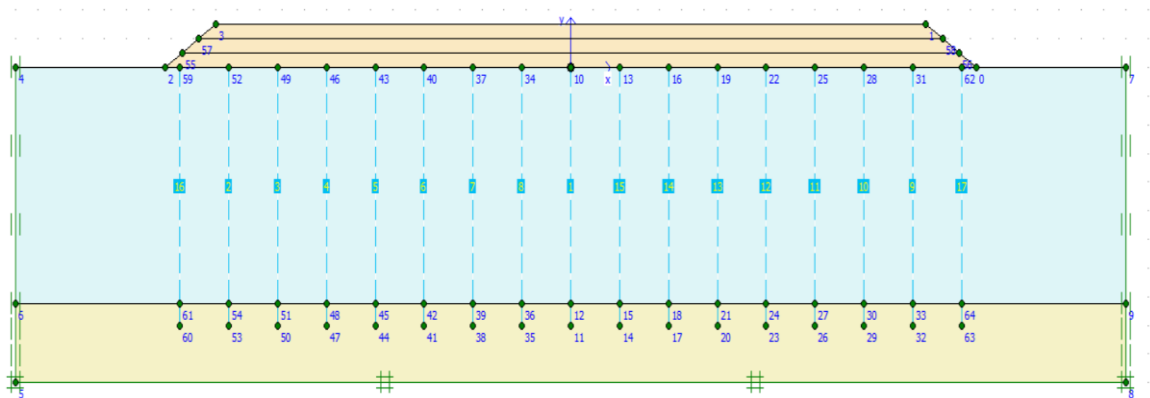
Để có các đánh giá, so sánh các phương án xử lý nền, tác giả tính toán thêm phương án sử dụng bắc thẳm để sử dụng thay thế cho giếng cát. Khoảng cách bắc thẳm tại phân đoạn 1 lần lượt là 1,8; 2 và 2,2m; tại phân đoạn 3 khoảng cách bắc thẳm là 2,2m. Các thông số tính toán khác tương tự như khi tính toán giếng cát.



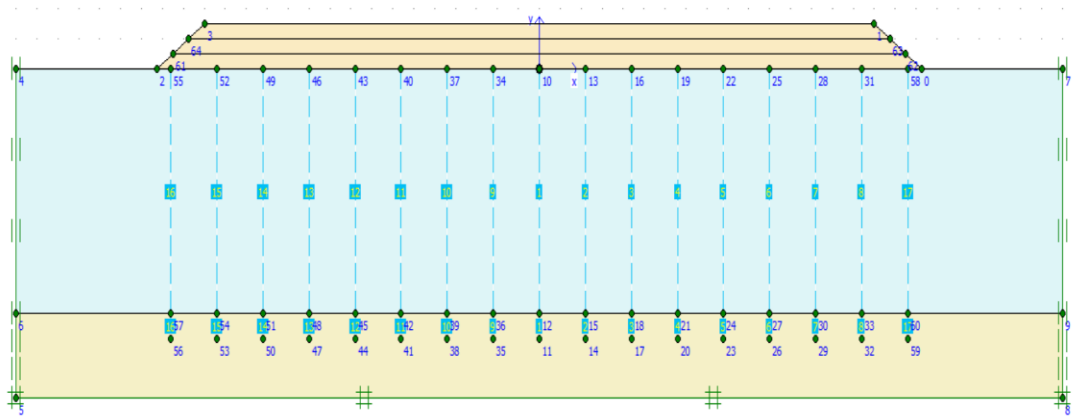
Hình 3.15. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách bắc 1,8m)



Hình 3.16. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách bắc 2m)



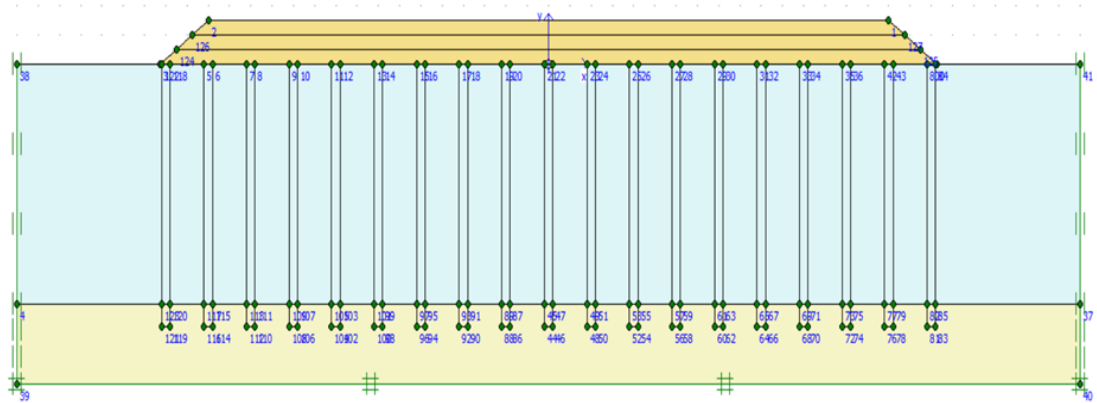
Hình 3.17. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách bắc 2,2m)



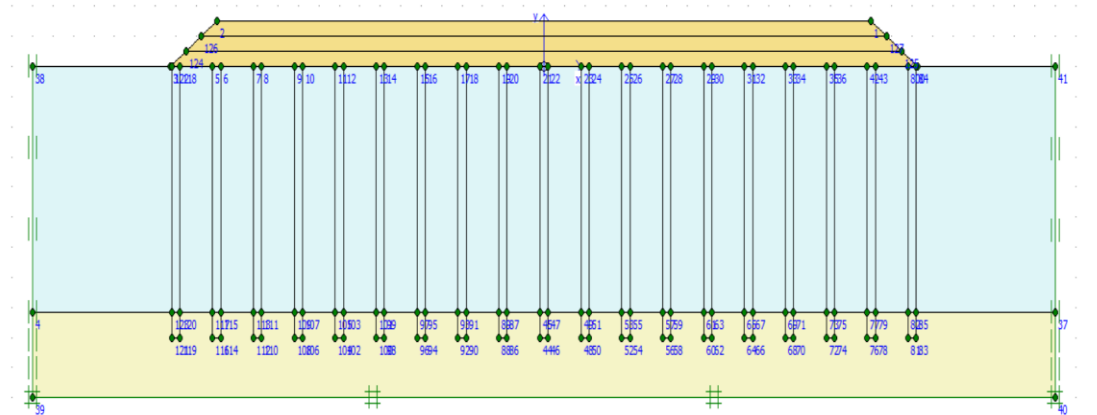
Hình 3.18. Mô phỏng phân đoạn 3 bằng bậc thâm

3.3.4. Mô phỏng bài toán cọc cát

Đối với bài toán cọc cát, mô hình có sự tương đồng với mô hình giếng cát nên tác giả mô phỏng đối với mặt cắt đại diện là phân đoạn 1 và phân đoạn 3 với đường kính 0,4m; khoảng cách 2m và chiều sâu 9m. Các thông số khác tương tự giếng cát.



Hình 3.19. Mô phỏng phân đoạn 1 (khoảng cách cọc 2m)



Hình 3.20. Mô phỏng phân đoạn 3 (khoảng cách cọc 2m)

3.4. Tính dự toán khối lượng

3.4.1. Phương án cọc cát

Khi dùng phương án cọc với đường kính cọc cát là 0,4m; khoảng cách giữa các cọc là 2m và chiều sâu cọc là 9m cho ra được khối lượng thi công ít nhất. Kết quả tính dự toán được thể hiện tại Bảng 3.16:

Bảng 3.16. Kết quả dự toán phương án cọc cát

Tên công tác	Đơn vị	Khối lượng	Thành tiền		
			Vật liệu	Nhân công	Máy
Thi công cọc cát đường kính 0,4m; khoảng cách 2m; chiều sâu 9m.	100m	414	745.823.898	905.784.390	4.453.394.274

3.4.2. Phương án giếng cát

Khi dùng phương án giếng cát với đường kính giếng cát là 0,4m; khoảng cách giữa các giếng là 2,2m và chiều sâu giếng là 9m cho ra được khối lượng thi công ít nhất. Kết quả tính dự toán được thể hiện tại Bảng 3.17:

Bảng 3.17. Kết quả dự toán phương án giếng cát

Tên công tác	Đơn vị	Khối lượng	Thành tiền		
			Vật liệu	Nhân công	Máy
Thi công giếng cát đường kính 0,4m; khoảng cách 2,2m; chiều sâu 9m.	100m	338,6	609.990.270	740.817.861	3.642.317.153

3.4.3. Phương án bắc thăm

Khi dùng phương án bắc thăm với khoảng cách giữa các bắc là 2,2m và chiều sâu bắc là 9m cho ra được khối lượng thi công ít nhất. Kết quả tính dự toán được thể hiện tại Bảng 3.18:

Bảng 3.18. Kết quả dự toán phương án bắc thăm

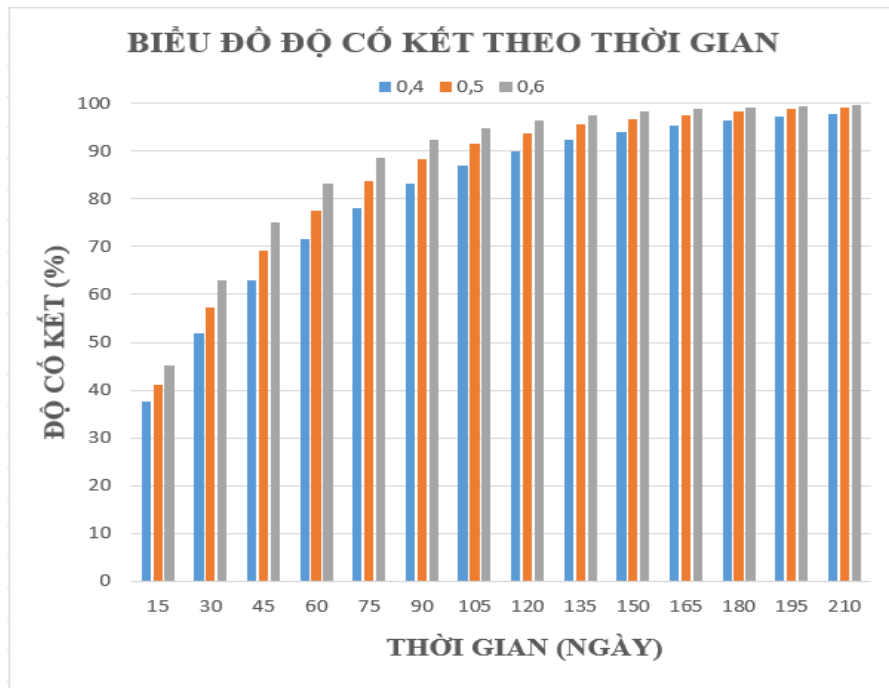
Tên công tác	Đơn vị	Khối lượng	Thành tiền		
			Vật liệu	Nhân công	Máy
Thi công bắc thăm khoảng cách 2,2m; chiều sâu 9m.	100m	338,6	178.120.530	24.733.037	362.561.706

3.5. So sánh và lựa chọn phương án

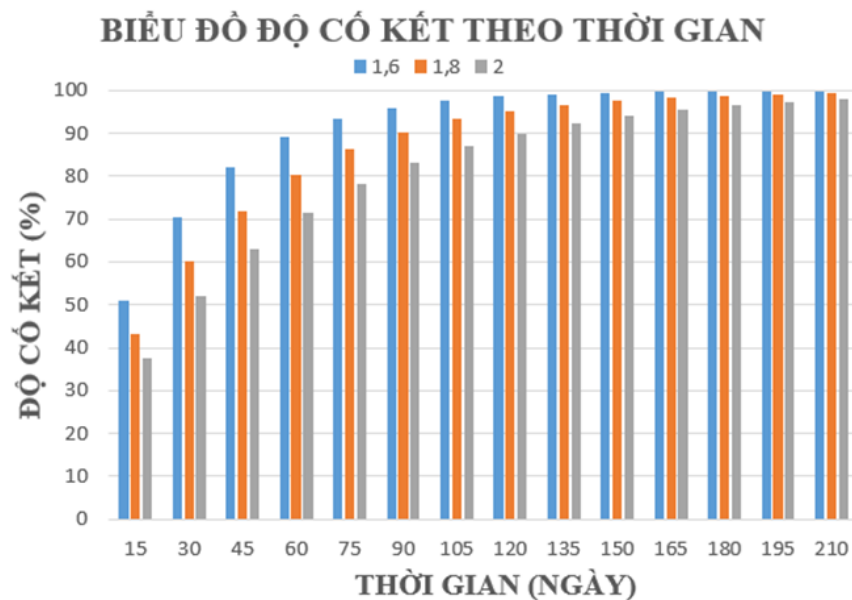
3.5.1. Theo phương pháp giải tích

Đối với phương pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc cát đường kính cọc càng lớn thì độ cố kết càng tăng tại cùng một thời điểm, khoảng cách giữa các cọc càng nhỏ

thì độ cố kết càng tăng tại cùng một thời điểm. Điều này được giải thích là vì đường kính cọc càng lớn khả năng thoát nước càng nhanh, khi khoảng cách cọc càng nhỏ số lượng cọc tăng dẫn đến khả năng thoát nước càng lớn.

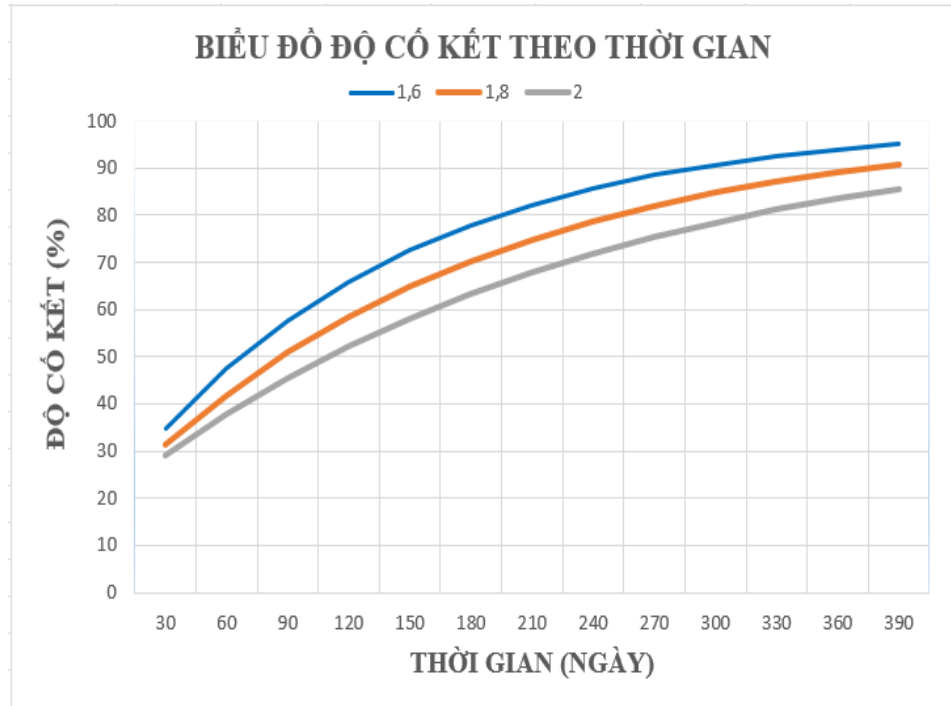


Hình 3.21. Biểu đồ độ cố kết theo thời gian và đường kính cọc cát



Hình 3.22. Biểu đồ độ cố kết theo thời gian và khoảng cách cọc cát
Đối với phương pháp xử lý nền đất yếu bằng bác thấm khoảng cách giữa các

bắc thấm càng lớn thì độ cố kết càng giảm tại cùng một thời điểm. Khi khoảng cách các bắc thấm được bố trí nhỏ thì số lượng bắc thấm tăng nên khả năng thoát nước lớn và ngược lại.



Hình 3.23. Biểu đồ độ cố kết theo thời gian và khoảng cách bắc thấm

Khi nền đất tại các phân đoạn 1,3 đạt được độ cố kết 90% sau khi xử lý thì phương pháp dùng cọc cát giảm lần lượt là 465 ngày, 285 ngày so với phương pháp dùng bắc thấm và 60 ngày, 10 ngày so với phương pháp dùng giếng cát.

Bảng 3.19. Thời gian (ngày) đạt độ cố kết 90% của các trường hợp xử lý khác nhau

Các phân đoạn	Giếng cát	Bắc thấm	Cọc cát
Phân đoạn 1	185	585	120
Phân đoạn 3	115	390	105

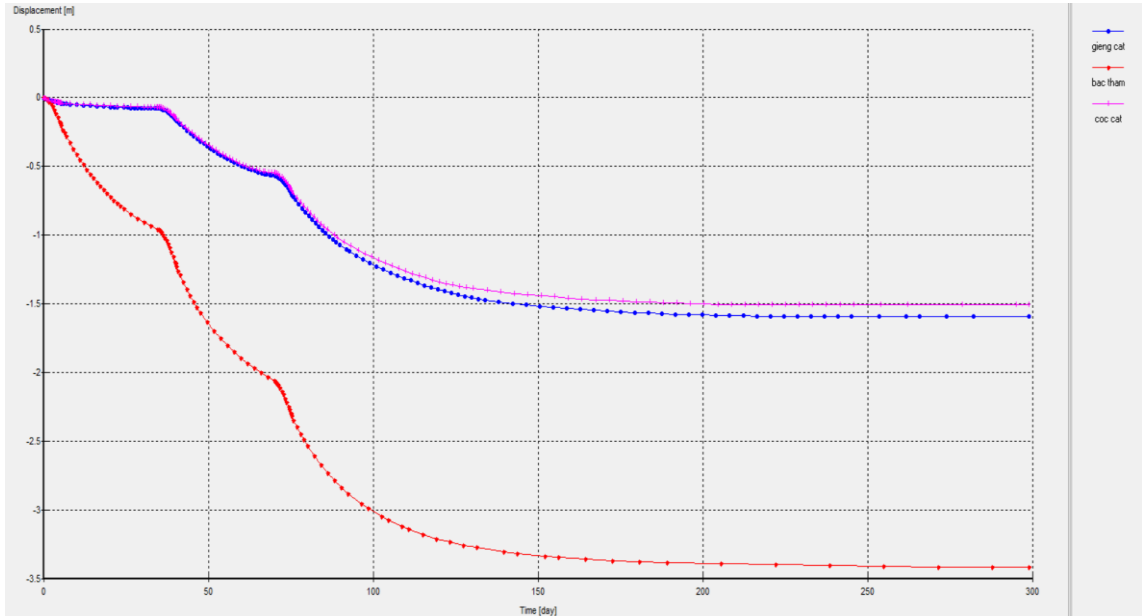
3.5.2. Theo mô phỏng bằng phần mềm Plaxis

Hình 3.24, Hình 3.25 và Bảng 3.20 thể hiện mối quan hệ giữa thời gian và độ lún, đồng thời so sánh giữa các trường hợp với kết quả quan trắc tại thời điểm 299 ngày ở các phân đoạn. Theo đó:

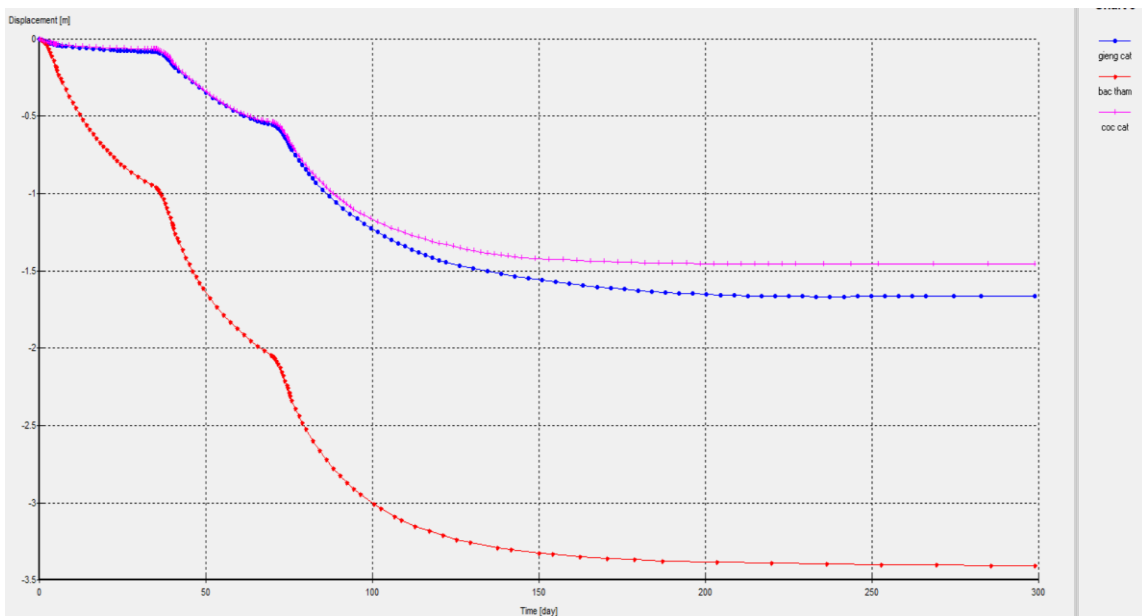
- Tại phân đoạn 1, độ lún của nền tăng 115% khi sử dụng bắc thấm (3,42m) so với dùng giếng cát (1,589m) và tăng 129% so với dùng cọc cát (1,506m) sau khi đạt độ cố kết cuối cùng. Đồng thời so với thời điểm quan trắc tại thời điểm 299 ngày trường hợp dùng bắc thấm tăng 258%, giếng cát tăng 67% và cọc cát tăng 58%.

- Tại phân đoạn 3, độ lún của nền tăng 83% khi sử dụng bắc thấm (3,047m)

so với dùng giếng cát (1,665m) và tăng 110% so với dùng cọc cát (1,453m) sau khi đạt độ cố kết cuối cùng. Đồng thời so với thời điểm quan trắc tại thời điểm 299 ngày trường hợp dùng bậc thấm tăng 212%, giếng cát tăng 70% và cọc cát tăng 49%.



Hình 3.24. Biểu đồ so sánh độ lún theo thời gian của phân đoạn 1 với các trường hợp xử lý khác nhau



Hình 3.25. Biểu đồ so sánh độ lún theo thời gian của phân đoạn 3 với các trường hợp xử lý khác nhau

Bảng 3.20. Kết quả độ lún (m) tại thời điểm 299 ngày trong các trường hợp

Các giá trị	Giếng cát	Cọc cát	Bắc thăm	Kết quả quan trắc
Phân đoạn 1	1,589	1,506	3,42	0,953
	67%	58%	258%	
Phân đoạn 3	1,665	1,453	3,047	0,977
	70%	49%	212%	

Sự gia tăng này có thể là do quá trình thi công thực tế có sự sai khác (như tải trọng xe, thiết bị thi công giếng cát, đắp đất, bù lèn nền đường, khối lượng cát đưa vào nhiều hơn tính toán,..), bên cạnh lý do là các thông số địa chất chưa đầy đủ dẫn đến khai báo các thông số tính toán, mô hình đất chưa sát với thực tế làm việc của nền đất.

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU GHI CHÉP KẾT QUẢ QUAN TRẮC LÚN

Dự án (công trình): Đầu tư tuyến đường Nguyễn Trãi nối dài (đoạn từ đường Trần Phú đến đường Nguyễn Hữu Thọ) giai đoạn 1 và tuyến đường Hoàng Văn Thụ (đoạn từ đường Nguyễn Trãi nối dài đến đường N3 phía Tây khu dân cư Bắc Trần Phú)

Chủ đầu tư: Ban Quản Lý Dự Án ĐTXD Thành Phố Tuy Hòa

Đơn vị tư vấn giám sát: Công ty TNHH TVTK Thiên Ý

Đơn vị thi công: Liên danh tổng công ty cổ phần đầu tư xây dựng Minh Tuấn và công ty cổ phần tư vấn xây dựng 533 phía Nam

1/ Ngày 27 tháng 05 Năm 2020

2/ Vị trí, lý trình Đoạn từ Km0+66,9 đến Km0+300 tuyến đường Nguyễn Trãi

3/ Điều kiện thời tiết :

4/ Thời gian lắp đặt bàn quan trắc Ngày 02/08/2019 (Bên Tim và trái tuyến) và ngày 27/09/2019 (bên phải tuyến)

5/ Thời điểm bắt đầu đo quan trắc 3/8/2019

6/ Thời gian bắt đầu đắp: 3/8/2019

Mức cao độ: 3,023 m (Mốc I-30)

Stt	Lý trình	Điểm đặt	Cao độ đỉnh tiêu lần trước	Số cọc mĩa	Cao độ đường ngầm	Cao độ đỉnh tiêu	Độ lún (m)	Độ lún lũy kế (m)
	M			3,780	6,803			
1	Km 0+90	Trái	4,257	2,546		4,257	-	0,963
		Tim	4,271	2,532		4,271	-	0,957
		Phải	4,284	2,519		4,284	-	0,966
2	Km 0+167,94	Trái	4,231	2,572		4,231	-	0,959
		Tim	4,053	2,750		4,053	-	0,953
		Phải	4,355	2,448		4,355	-	0,955
3	Km 0+267,94	Trái	4,358	2,445		4,358	-	0,962
		Tim	4,231	2,572		4,231	-	0,956
		Phải	4,101	2,702		4,101	-	0,969

TƯ VẤN GIÁM SÁT



Võ Khắc Điện

KỸ THUẬT THI CÔNG



Hoàng Công Thủy

Hình 3.26. Kết quả quan trắc lún tại thời điểm 299 ngày của phân đoạn 1

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU GHI CHÉP KẾT QUẢ QUAN TRẮC LÚN

Dự án (công trình): Đầu tư tuyến đường Nguyễn Trãi nối dài (đoạn từ đường Trần Phú đến đường Nguyễn Hữu Thọ) giai đoạn I và tuyến đường Hoàng Văn Thụ (đoạn từ đường Nguyễn Trãi nối dài đến đường N3 phía Tây khu dân cư Bắc Trần Phú)

Chủ đầu tư: Ban Quản Lý Dự Án ĐTXD Thành Phố Tuy Hòa

Đơn vị tư vấn giám sát: Công ty TNHH TVTK Thiên Ý

Đơn vị thi công: Liên danh tổng công ty cổ phần đầu tư xây dựng Minh Tuấn và công ty cổ phần tư vấn xây dựng 533 phía Nam

1/ Ngày 27 tháng 05 Năm 2020

2/ Vị trí, lý trình: Đoạn từ KM0+800 đến Km1+42,76 tuyến đường Nguyễn Trãi

3/ Điều kiện thời tiết :

4/ Thời gian lắp đặt bàn quan trắc Ngày 02/08/2019 (Bên Tim và trái tuyến) và ngày 27/09/2019 (bên phải tuyến)

5/ Thời điểm bắt đầu đo quan trắc 3/8/2019

6/ Thời gian bắt đầu đắp: 3/8/2019

Mức cao độ: 2,412 m (Mốc II-15)

Stt	Lý trình	Điểm đặt	Cao độ đỉnh tiêu lấn trước	Số đọc mĩa	Cao độ đường ngắm	Cao độ đỉnh tiêu	Độ lún (m)	Độ lún lũy kế (m)
	M			4,250	6,662			
1	Km 0+837,54	<i>Trái</i>	4,269	2,393		4,269	-	0,971
		<i>Tim</i>	4,280	2,382		4,280	-	0,977
		<i>Phải</i>	4,319	2,343		4,319	-	0,981
2	Km 0+900	<i>Trái</i>	4,237	2,425		4,237	-	0,963
		<i>Tim</i>	4,259	2,403		4,259	-	0,977
		<i>Phải</i>	4,049	2,613		4,049	-	0,971
3	Km 0+980	<i>Trái</i>	4,539	2,123		4,539	-	0,971
		<i>Tim</i>	4,528	2,134		4,528	-	0,979
		<i>Phải</i>	4,853	1,809		4,853	-	0,987

TƯ VẤN GIÁM SÁT



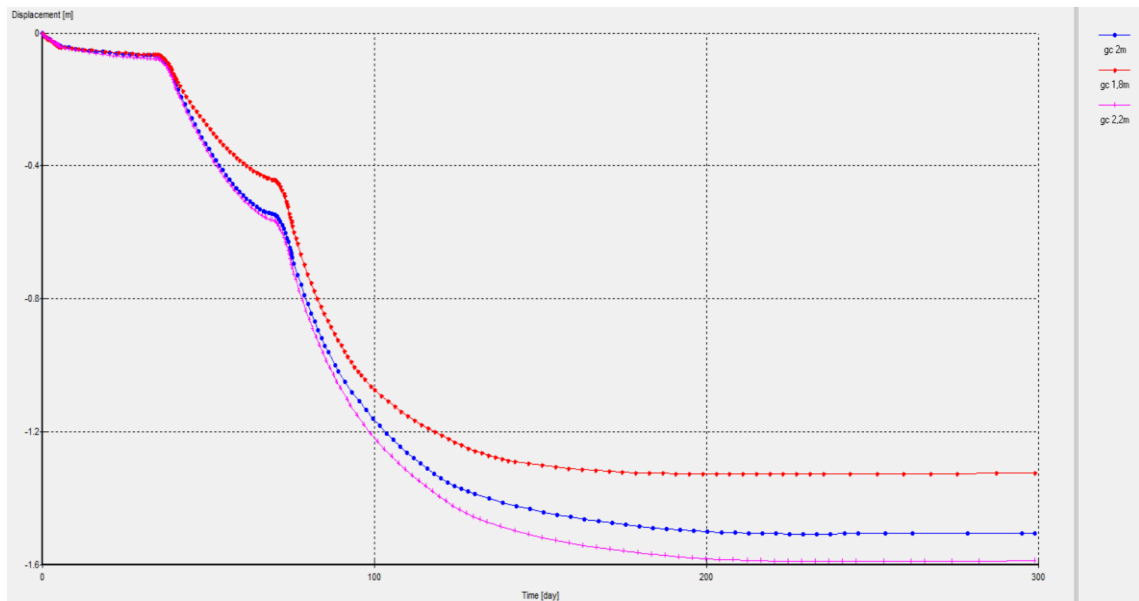
Võ Khắc Diện

KỸ THUẬT THI CÔNG



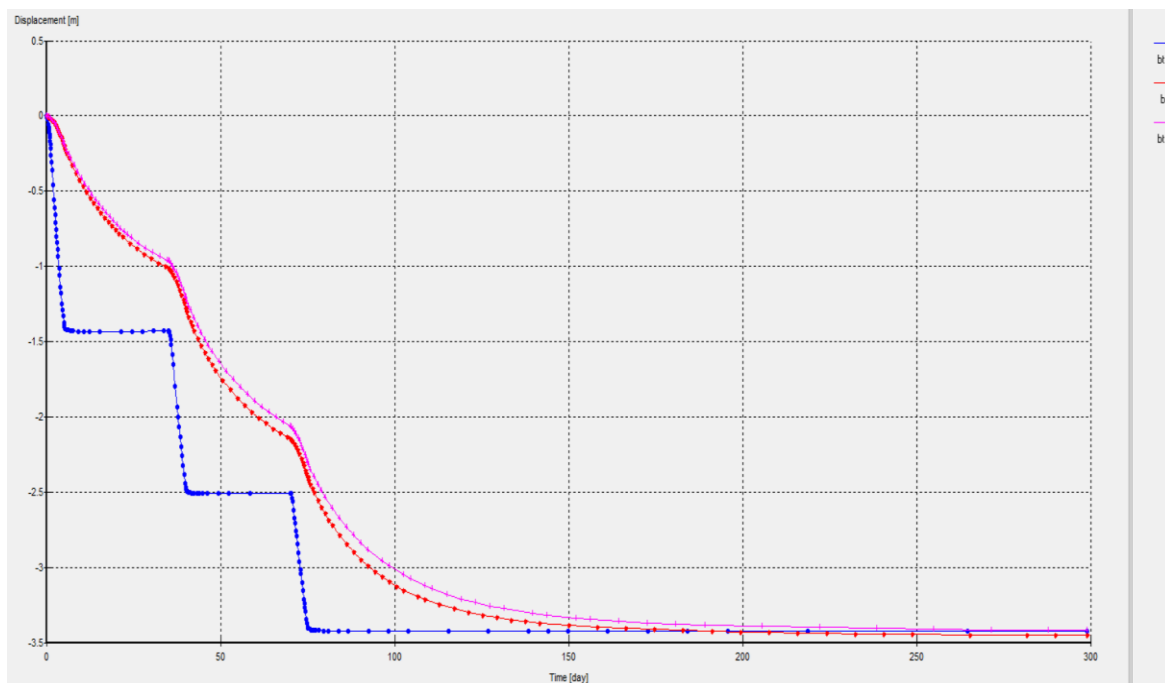
Hoàng Công Thủy

Hình 3.27. Kết quả quan trắc lún tại thời điểm 299 ngày của phân đoạn 3



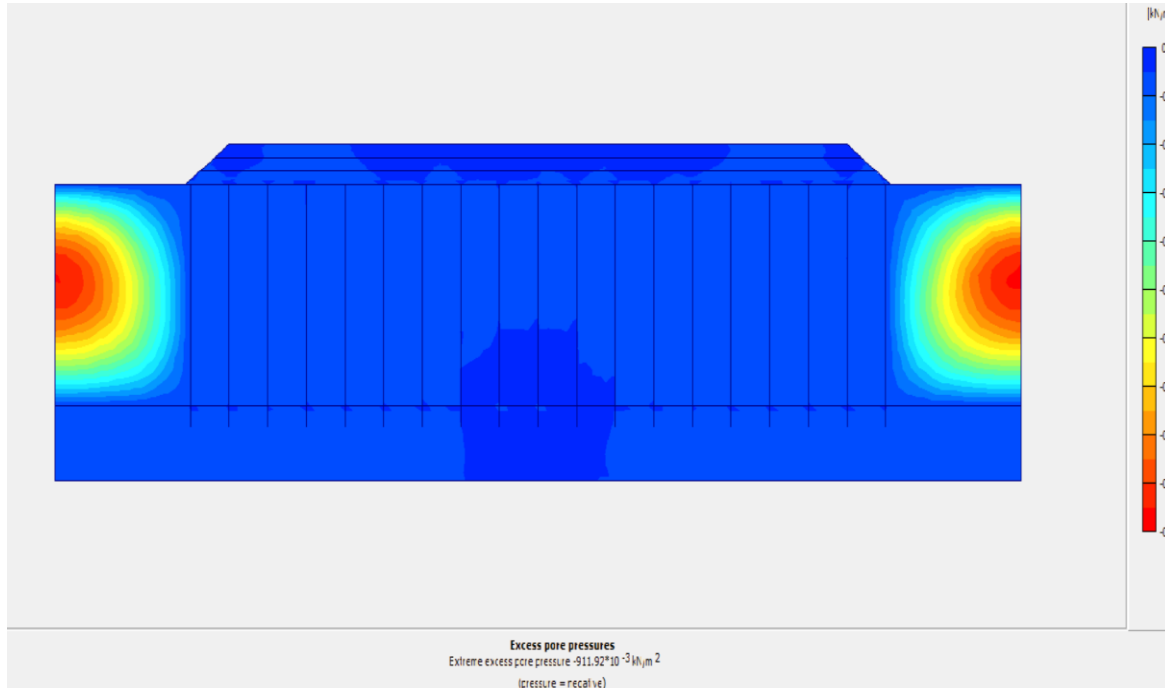
Hình 3.28. Biểu đồ quan hệ lún và thời gian trong các trường hợp khoảng cách giếng cát khác nhau

Từ Hình 3.28 thấy rằng với khoảng cách là 1,8m (170 ngày) thời gian để cố kết là giảm 15% so với khoảng cách 2m (200 ngày) và giảm 19% so với khoảng cách 2,2m (210 ngày). Điều này là do khi số lượng giếng cát tăng lên sẽ làm quá trình thoát nước lỗ rỗng diễn ra nhanh hơn, nên nền đất sẽ cố kết trong thời gian ngắn hơn.

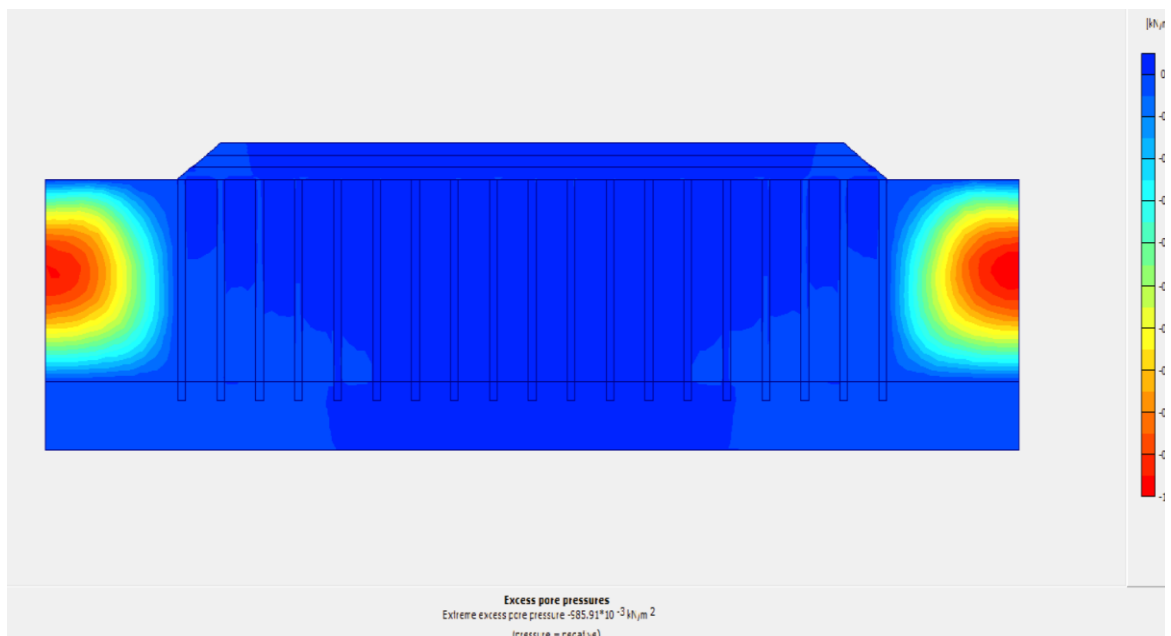


Hình 3.29. Biểu đồ quan hệ lún và thời gian trong các trường hợp khoảng cách bậc thấm khác nhau

Theo như kết quả tính toán, việc thay đổi khoảng cách bậc thấm không có sự ảnh hưởng đáng kể đến độ lún cuối cùng. Tuy nhiên, tại các giai đoạn chờ cố kết 1, 2 khoảng cách bậc thấm 1,8m có độ lún tốt hơn so với khoảng cách 2m và 2,2m.



Hình 3.30. Áp lực nước lỗ rỗng khi dùng bậc thấm



Hình 3.31. Áp lực nước lỗ rỗng khi dùng giếng cát

Bảng 3.21. Hệ số kiểm tra ổn định của các trường hợp xử lý

Các giá trị	Giếng cát	Bắc thăm	Cọc cát
Hệ số ổn định đắp lần 1	3,41	3,04	3,48
Hệ số ổn định đắp lần 2	1,94	1,7	2,03
Hệ số ổn định đắp lần 3	1,5	1,28	1,55

Xét về hệ số ổn định, giếng cát và cọc cát có hệ số ổn định đảm bảo và tốt hơn so với bắc thăm. Khoảng cách giữa bắc thăm hay giếng cát không tạo ra sự ảnh hưởng nhiều đến hệ số ổn định.

3.5.3. Theo chi phí dự toán

Bảng 3.22. So sánh dự toán các phương án

Tên công tác	Đơn vị	Khối lượng	Thành tiền		
			Vật liệu	Nhân công	Máy
Thi công giếng cát đường kính 0,4m; khoảng cách 2,2m; chiều sâu 9m.	100m	338,6	609.990.270	740.817.861	3.642.317.153
Thi công cọc cát đường kính 0,4m; khoảng cách 2m; chiều sâu 9m.	100m	414	745.823.898	905.784.390	4.453.394.274
Thi công bắc thăm khoảng cách 2,2m; chiều sâu 9m.	100m	338,6	178.120.530	24.733.037	362.561.706
Thi công giếng cát đường kính 0,4m; khoảng cách 2m; chiều sâu 9m (phương án đã thực hiện).	100m	342,8	617.574.615	750.006.978	3.687.496.515

Từ Bảng 3.22 ở trên, có thể thấy:

Chi phí dự toán khi sử dụng các phương án xử lý nền giếng cát hay bắc thăm đều thấp hơn so với chi phí dự toán phương án đã thực hiện. Tuy nhiên, tại địa phương cát là tài nguyên với trữ lượng vô cùng lớn và phổ biến nên phương án bắc thăm dù chi phí thấp nhưng không được lựa chọn.

3.5.4. Lựa chọn phương án

Từ những so sánh ở trên thì có thể rút ra được những điều sau:

- Về kỹ thuật phương án dùng giếng cát với đường kính 0,4m; khoảng cách 2,2m và chiều sâu 9m hiệu quả hơn khi có độ lún cao hơn so với phương án đã thực

hiện. Đồng thời hệ số ổn định cũng được đảm bảo.

- Về kinh tế phương án dùng giếng cát với đường kính 0,4m; khoảng cách 2,2m và chiều sâu 9m tiết kiệm hơn so với chi phí dự toán phương án đã thực hiện.

- Về độ phổ biến thì cát được dùng rộng rãi và có trữ lượng lớn tại địa phương.

Vì vậy, đối với việc xử lý nền đất yếu tuyến đường Nguyễn Trãi nói dài tác giả kiến nghị dùng Phương án xử lý nền bằng giếng cát với đường kính giếng là 0,4m; chiều sâu giếng là 9m và khoảng cách giếng là 2,2m vừa đảm bảo về hiệu quả kỹ thuật vừa đảm bảo về hiệu quả kinh tế hơn so với phương án cũ và tận dụng được nguồn nguyên liệu địa phương.

KẾT LUẬN

Đề án đã phân tích tính toán bằng phương pháp giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn (phần mềm Plaxis), kết quả chi phí dự toán và kết quả quan trắc của công trình trên nền đất yếu được xử lý bằng cọc cát, giếng cát và bắc thấm cho tuyến đường Nguyễn Trãi nối dài, TP. Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên. Các kết luận sau được đưa ra:

1. Qua phân tích thì thấy rằng với địa chất của tuyến đường Nguyễn Trãi nối dài cần thiết phải xử lý nền. Tuy nhiên, tại một số đoạn đường có độ lún phù hợp với độ lún cho phép (nhỏ hơn 0,4m) nên chỉ cần đào bỏ lớp đất không thích hợp và thay bằng lớp cát mới kết hợp với vải địa kỹ thuật.

2. Đối với phương pháp giải tích, nền đất tại các phân đoạn 1,3 đạt được độ cố kết 90% sau khi xử lý thì phương pháp dùng cọc cát giảm lần lượt là 465 ngày, 285 ngày so với phương pháp dùng bắc thấm và 60 ngày, 10 ngày so với phương pháp dùng giếng cát.

3. Kết quả tính toán phần mềm cho thấy độ lún của nền khi sử dụng bắc thấm, giếng cát, cọc cát tăng lần lượt 258%, 67%, 58% đối với phân đoạn 1 và 212%, 70%, 49% đối với phân đoạn 3. Tuy nhiên hệ số ổn định của bắc thấm không được đảm bảo bằng so với giếng cát hay cọc cát

4. Chi phí dự toán khi sử dụng các phương án xử lý nền giếng cát hay bắc thấm đều thấp hơn so với chi phí dự toán phương án đã thực hiện.

5. Dựa trên các kết quả phân tích, tính toán, so sánh đã thực hiện phương án dùng giếng cát với đường kính 0,4m; chiều sâu 9m và khoảng cách 2,2m được lựa chọn vừa đảm bảo mang hiệu quả kỹ thuật vừa đảm bảo mang lại hiệu quả kinh tế hơn so với phương án cũ và tận dụng được nguồn nguyên liệu địa phương để xử lý nền đường Nguyễn Trãi nối dài.

HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

1. Cần tính toán cho các dạng nền khác ngoài các dạng nền đã được nghiên cứu để mở rộng phạm vi ứng dụng trong phạm vi TP. Tuy Hòa, Phú Yên (nay là phường Tuy Hòa, Đắc Lắc).
2. Cần tham khảo các số liệu quan trắc thực tế hiện trường của các công trình lân cận để nghiên cứu sự tương tác và hiệu quả của mô hình làm việc đồng thời về khả năng thoát nước và sự gia cường của giếng cát vào nền đất.

PHỤ LỤC 1

BẢNG TÍNH DỰ BÁO ĐỘ LÚN NỀN ĐƯỜNG
DỰ ÁN: ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỐI DÀI PHÂN ĐOẠN 1

I. SỐ LIỆU CHUNG

- Bề rộng mặt đường

- Dung trọng đất đắp

- Chiều cao đắp thiết kế

- Độ lún nền đường giả thiết

- Chiều cao đắp tính toán

- Hệ số cố kết trung bình

- Chiều sâu tính lún

- Tổng độ lún nền đường
- $B_{md}=$ 32,00 m

$\gamma_d=$ 1,85 T/m³

$H_{tk}=$ 2,51 m

$S_{gt}=$ 0,58 m

$H_{tt}=$ 3,09 m

$C_v=$ 6,13 10⁻⁴cm²/s

$Z_a=$ 17,24 m

$S=$ 0,55 m



II. SỐ LIỆU ĐẤT NỀN

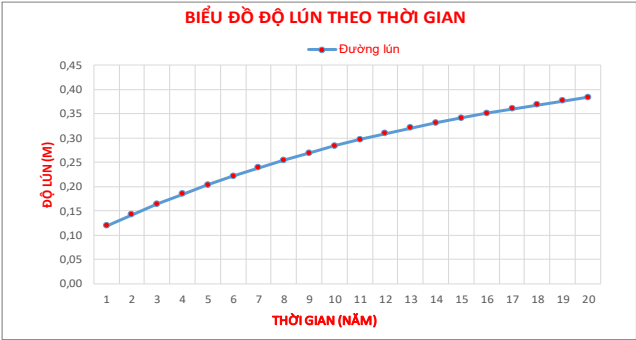
Tên lớp đất	Chiều dày lớp đất	Chiều sâu đáy lớp	Dung trọng γ_w	Hệ số rỗng e_0	Hệ số cố kết C_v	Chỉ số nén C_c	Chỉ số nén lại C_r	β	Mô đun tổng biến dạng E_0	Áp lực tiên cố kết P_c
	m	m	T/m ³		10 ⁻⁴ cm ² /s				T/m ²	T/m ²
3	8,240	8,240	1,510	2,065	1,400	0,673	0,130	0,800		3,800
5	15,000	23,240	1,880					0,800	3150	

IV. KẾT QUẢ TÍNH LÚN

Phân chia lớp đất		Z (m)	C _{ci}	C _r	e _{oi}	γ_i	β	Mô đun tổng	σ_c (T/m ²)	σ_z (T/m ²)	$\gamma_i \times h_i$	σ_{bt} (T/m ²)	S _c (m)
Lớp	h _i (m)												
3	1,00	1,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	5,72	1,51	1,51	0,078
3	1,00	2,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	5,71	3,02	3,02	0,084
3	1,00	3,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	5,71	4,53	4,53	0,078
3	1,00	4,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	5,69	6,04	6,04	0,063
3	1,00	5,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	5,67	7,55	7,55	0,053
3	1,00	6,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	5,65	9,06	9,06	0,046
3	1,00	7,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	5,61	10,57	10,57	0,041
3	1,24	8,24	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	5,55	12,44	12,44	0,044
5	1,00	9,24	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,50	17,37	17,37	0,001
5	1,00	10,24	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,43	19,25	19,25	0,001
5	1,00	11,24	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,36	21,13	21,13	0,001
5	1,00	12,24	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,28	23,01	23,01	0,001
5	1,00	13,24	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,20	24,89	24,89	0,001
5	1,00	14,24	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,11	26,77	26,77	0,001
5	1,00	15,24	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,02	28,65	28,65	0,001
5	1,00	16,24	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	4,93	30,53	30,53	0,001
5	1,00	17,24	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	4,84	32,41	32,41	0,001
Chiều dày lớp đất yếu H (m)									Độ lún cố kết S _c (m)				0,497
									Tổng độ lún S=1.1xS _c (m)				0,547

V. DỰ BÁO ĐỘ LÚN

t năm	T _v	U(%)	S _t (m)	S _r (m)
1	0,026	23,83	0,12	0,38
2	0,051	28,50	0,14	0,36
3	0,077	32,88	0,16	0,33
4	0,103	36,99	0,18	0,31
5	0,128	40,85	0,20	0,29
6	0,154	44,48	0,22	0,28
7	0,180	47,88	0,24	0,26
8	0,205	51,07	0,25	0,24
9	0,231	54,07	0,27	0,23
10	0,257	56,89	0,28	0,21
11	0,282	59,53	0,30	0,20
12	0,308	62,01	0,31	0,19
13	0,333	64,34	0,32	0,18
14	0,359	66,52	0,33	0,17
15	0,385	68,57	0,34	0,16
16	0,410	70,50	0,35	0,15
17	0,436	72,31	0,36	0,14
18	0,462	74,00	0,37	0,13
19	0,487	75,60	0,38	0,12
20	0,513	77,09	0,38	0,11



PHỤ LỤC 2

BẢNG TÍNH DỰ BÁO ĐỘ LÚN NỀN ĐƯỜNG
DỰ ÁN: ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỘI DÀI PHÂN ĐOẠN 2

I. SỐ LIỆU CHUNG

- Bề rộng mặt đường

- Dung trọng đất đắp

- Chiều cao đắp thiết kế

- Độ lún nền đường giả thiết

- Chiều cao đắp tính toán

- Hệ số cố kết trung bình

- Chiều sâu tính lún

- Tổng độ lún nền đường
- $B_{md}=$ 32,00 m

$\gamma_d=$ 1,85 T/m³

$H_{tk}=$ 2,80 m

$S_{gt}=$ 0,33 m

$H_{tt}=$ 3,13 m

$C_v=$ 43,05 10⁻⁴cm²/s

$Z_a=$ 18,30 m

$S=$ 0,31 m



II. SỐ LIỆU ĐẤT NỀN

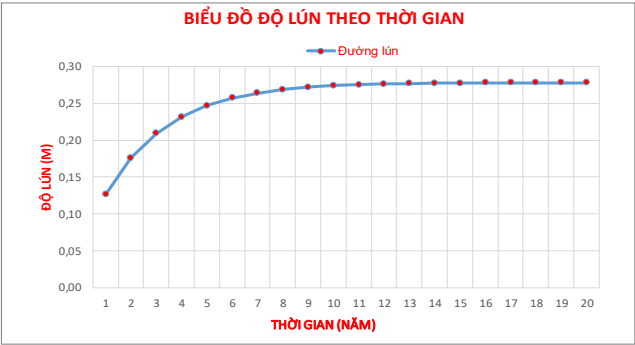
Tên lớp đất	Chiều dày lớp đất	Chiều sâu đáy lớp	Dung trọng γ_w	Hệ số rỗng e_0	Hệ số cố kết C_v	Chỉ số nén C_c	Chỉ số nén lại C_r	β	Mô đun tổng biến dạng E_0	Áp lực tiền cố kết P_c
	m	m	T/m ³		10 ⁻⁴ cm ² /s				T/m ²	T/m ²
3	3,300	3,300	1,510	2,065	1,400	0,673	0,130	0,800		3,800
5	15,000	18,300	1,880					0,800	3150,00	

IV. KẾT QUẢ TÍNH LÚN

Phân chia lớp đất		Z (m)	C_{ci}	C_r	e_{0i}	γ_i	β	Mô đun tổng	σ_c (T/m ²)	σ_z (T/m ²)	$\gamma_i \times h_i$	σ_{bt} (T/m ²)	S_c (m)
Lớp	h_i (m)												
3	1,00	1,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	5,79	1,51	1,51	0,079
3	1,00	2,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	5,79	3,02	3,02	0,084
3	1,30	3,30	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	5,78	4,98	4,98	0,095
5	1,00	4,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,76	8,08	8,08	0,001
5	1,00	5,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,74	9,96	9,96	0,001
5	1,00	6,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,71	11,84	11,84	0,001
5	1,00	7,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,67	13,72	13,72	0,001
5	1,00	8,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,62	15,60	15,60	0,001
5	1,00	9,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,56	17,48	17,48	0,001
5	1,00	10,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,50	19,36	19,36	0,001
5	1,00	11,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,43	21,24	21,24	0,001
5	1,00	12,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,35	23,12	23,12	0,001
5	1,00	13,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,26	25,00	25,00	0,001
5	1,00	14,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,18	26,88	26,88	0,001
5	1,00	15,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,09	28,76	28,76	0,001
5	1,00	16,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	4,99	30,64	30,64	0,001
5	1,00	17,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	4,90	32,52	32,52	0,001
5	1,00	18,30	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	4,80	34,40	34,40	0,001
Chiều dày lớp đất yếu H (m)									Độ lún cố kết S_c (m)			0,278	
									Tổng độ lún $S=1.1 \times S_c$ (m)			0,306	

V. DỰ BÁO ĐỘ LÚN

t năm	T_v	U(%)	S_t (m)	S_r (m)
1	0,160	45,30	0,13	0,15
2	0,320	63,12	0,18	0,10
3	0,480	75,14	0,21	0,07
4	0,640	83,24	0,23	0,05
5	0,800	88,70	0,25	0,03
6	0,960	92,38	0,26	0,02
7	1,120	94,86	0,26	0,01
8	1,280	96,54	0,27	0,01
9	1,440	97,67	0,27	0,01
10	1,599	98,43	0,27	0,00
11	1,759	98,94	0,28	0,00
12	1,919	99,28	0,28	0,00
13	2,079	99,52	0,28	0,00
14	2,239	99,67	0,28	0,00
15	2,399	99,78	0,28	0,00
16	2,559	99,85	0,28	0,00
17	2,719	99,90	0,28	0,00
18	2,879	99,93	0,28	0,00
19	3,039	99,95	0,28	0,00
20	3,199	99,97	0,28	0,00



PHỤ LỤC 3

BẢNG TÍNH DỰ BÁO ĐỘ LÚN NỀN ĐƯỜNG
DỰ ÁN: ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NÓI DÀI PHÂN ĐOẠN 3

I. SỐ LIỆU CHUNG

- Bề rộng mặt đường

- Dung trọng đất đắp

- Chiều cao đắp thiết kế

- Độ lún nền đường giả thiết

- Chiều cao đắp tính toán

- Hệ số cố kết trung bình

- Chiều sâu tính lún

- Tổng độ lún nền đường
- $B_{mđ}$ =

γ_d =

H_{tk} =

S_{gt} =

H_{tt} =

C_v =

Z_a =

S =
- 32,00 m

1,85 T/m³

3,03 m

0,82 m

3,85 m

9,39 10⁻⁴cm²/s

21,18 m

0,65 m



II. SỐ LIỆU ĐẤT NỀN

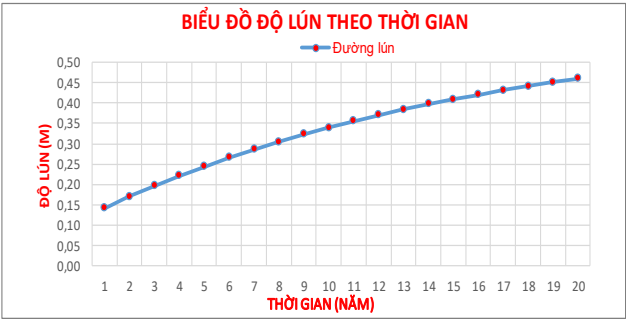
Tên lớp đất	Chiều dày lớp đất	Chiều sâu đáy lớp	Dung trọng γ_w	Hệ số rỗng e_0	Hệ số cố kết C_v	Chỉ số nén C_c	Chỉ số nén lại C_r	β	Mô đun tổng biến dạng E_0	Áp lực tiền cố kết P_c
	m	m	T/m ³		10 ⁻⁴ cm ² /s				T/m ²	T/m ²
3	8,180	8,180	1,510	2,065	1,400	0,673	0,130	0,800		3,800
5	15,000	23,180	1,880					0,800	3150,000	

IV. KẾT QUẢ TÍNH LÚN

Phân chia lớp đất		Z (m)	Cc _i	Cr	e _{0i}	γ _i	β	Mô đun tổng biến dạng E ₀	σ _c (T/m ²)	σ _z (T/m ²)	γ _i x h _i	σ _{bt} (T/m ²)	S _c (m)
Lớp	h _i (m)												
3	1,00	1,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	7,12	1,51	1,51	0,095
3	1,00	2,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	7,12	3,02	3,02	0,098
3	1,00	3,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	7,11	4,53	4,53	0,090
3	1,00	4,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	7,10	6,04	6,04	0,074
3	1,00	5,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	7,07	7,55	7,55	0,063
3	1,00	6,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	7,04	9,06	9,06	0,055
3	1,00	7,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	7,00	10,57	10,57	0,048
3	1,18	8,18	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	6,94	12,35	12,35	0,050
5	1,00	9,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,87	17,26	17,26	0,002
5	1,00	10,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,80	19,14	19,14	0,002
5	1,00	11,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,72	21,02	21,02	0,002
5	1,00	12,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,63	22,90	22,90	0,002
5	1,00	13,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,53	24,78	24,78	0,002
5	1,00	14,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,43	26,66	26,66	0,002
5	1,00	15,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,32	28,54	28,54	0,002
5	1,00	16,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,22	30,42	30,42	0,002
5	1,00	17,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,10	32,30	32,30	0,002
5	1,00	18,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,99	34,18	34,18	0,002
5	1,00	19,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,88	36,06	36,06	0,001
5	1,00	20,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,76	37,94	37,94	0,001
5	1,00	21,18	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	5,65	39,82	39,82	0,001
Chiều dày lớp đất yếu H (m)			8,18					Độ lún cố kết S _c (m)					0,593
								Tổng độ lún S=I.1xS _c (m)					0,652

V. DỰ BÁO ĐỘ LÚN

t năm	T _c	U(%)	S _i (m)	S _c (m)
1	0,026	23,90	0,14	0,45
2	0,052	28,63	0,17	0,42
3	0,078	33,07	0,20	0,40
4	0,104	37,23	0,22	0,37
5	0,130	41,13	0,24	0,35
6	0,156	44,79	0,27	0,33
7	0,182	48,22	0,29	0,31
8	0,208	51,44	0,31	0,29
9	0,234	54,46	0,32	0,27
10	0,260	57,29	0,34	0,25
11	0,286	59,94	0,36	0,24
12	0,312	62,43	0,37	0,22
13	0,338	64,77	0,38	0,21
14	0,364	66,96	0,40	0,20
15	0,390	69,01	0,41	0,18
16	0,417	70,94	0,42	0,17
17	0,443	72,74	0,43	0,16
18	0,469	74,44	0,44	0,15
19	0,495	76,02	0,45	0,14
20	0,521	77,51	0,46	0,13



PHỤ LỤC 4

BẢNG TÍNH DỰ BÁO ĐỘ LÚN NỀN ĐƯỜNG
DỰ ÁN: ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỘI DÀI PHÂN ĐOẠN 4

I. SỐ LIỆU CHUNG

- Bề rộng mặt đường
- Dung trọng đất đắp
- Chiều cao đắp thiết kế
- Độ lún nền đường giả thiết
- Chiều cao đắp tính toán
- Hệ số cố kết trung bình
- Chiều sâu tính lún
- Tổng độ lún nền đường

$B_{md}= 32,00$ m
 $\gamma_d= 1,85$ T/m³
 $H_{dk}= 3,66$ m
 $S_{dt}= 0,93$ m
 $H_n= 4,59$ m
 $C_v= 67,33 \cdot 10^{-4}$ cm²/s
 $Z_a= 23,37$ m
 $S= 0,33$ m



II. SỐ LIỆU ĐẤT NỀN

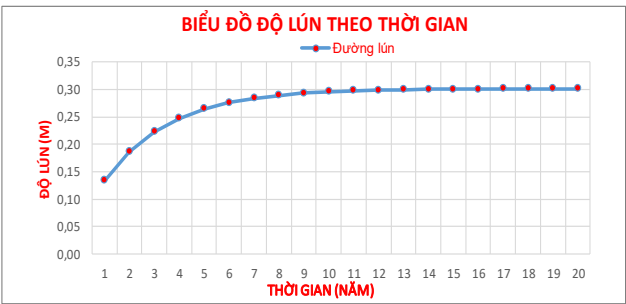
Tên lớp đất	Chiều dày lớp đất	Chiều sâu đáy lớp	Dung trọng γ_w	Hệ số rỗng e_0	Hệ số cố kết C_v	Chỉ số nén C_c	Chỉ số nén lại C_r	β	Mô đun tổng biến dạng E_0	Áp lực tiền cố kết P_c
	m	m	T/m ³		10 ⁻⁴ cm ² /s				T/m ²	T/m ²
3	2,370	2,370	1,510	2,065	1,400	0,673	0,130	0,800		3,800
5	15,000	17,370	1,880					0,800	3150,000	

IV. KẾT QUẢ TÍNH LÚN

Phân chia lớp đất		Z (m)	C_{ci}	Cr	e_{0i}	γ_i	β	Mô đun tổng biến dạng E_0	σ_c (T/m ²)	σ_z (T/m ²)	$\gamma_i \times h_i$	σ_{bt} (T/m ²)	S_c (m)
Lớp	h_i (m)												
3	1,00	1,00	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	8,49	1,51	1,51	0,109
3	1,37	2,37	0,673	0,130	2,065	1,510	0,800	-	3,800	8,49	3,58	3,58	0,152
5	1,00	3,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	8,47	6,34	6,34	0,002
5	1,00	4,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	8,46	8,22	8,22	0,002
5	1,00	5,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	8,43	10,10	10,10	0,002
5	1,00	6,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	8,39	11,98	11,98	0,002
5	1,00	7,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	8,34	13,86	13,86	0,002
5	1,00	8,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	8,27	15,74	15,74	0,002
5	1,00	9,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	8,20	17,62	17,62	0,002
5	1,00	10,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	8,12	19,50	19,50	0,002
5	1,00	11,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	8,02	21,38	21,38	0,002
5	1,00	12,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	7,92	23,26	23,26	0,002
5	1,00	13,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	7,81	25,14	25,14	0,002
5	1,00	14,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	7,70	27,02	27,02	0,002
5	1,00	15,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	7,58	28,90	28,90	0,002
5	1,00	16,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	7,45	30,78	30,78	0,002
5	1,00	17,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	7,32	32,66	32,66	0,002
5	1,00	18,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	7,19	34,54	34,54	0,002
5	1,00	19,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	7,06	36,42	36,42	0,002
5	1,00	20,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,93	38,30	38,30	0,002
5	1,00	21,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,80	40,18	40,18	0,002
5	1,00	22,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,67	42,06	42,06	0,002
5	1,00	23,37	-	-	-	1,880	0,800	3,150	-	6,54	43,94	43,94	0,002
Chiều dày lớp đất yếu H (m)		2,37							Độ lún cố kết S_c (m)				0,301
									Tổng độ lún $S=1.1 \times S_c$ (m)				0,331

V. DỰ BÁO ĐỘ LÚN

t năm	T_v	U(%)	S_c (m)	S_{ct} (m)
1	0,153	44,40	0,13	0,17
2	0,307	61,91	0,19	0,11
3	0,460	73,90	0,22	0,08
4	0,613	82,11	0,25	0,05
5	0,767	87,74	0,26	0,04
6	0,920	91,60	0,28	0,03
7	1,074	94,25	0,28	0,02
8	1,227	96,06	0,29	0,01
9	1,380	97,30	0,29	0,01
10	1,534	98,15	0,30	0,01
11	1,687	98,73	0,30	0,00
12	1,840	99,13	0,30	0,00
13	1,994	99,40	0,30	0,00
14	2,147	99,59	0,30	0,00
15	2,301	99,72	0,30	0,00
16	2,454	99,81	0,30	0,00
17	2,607	99,87	0,30	0,00
18	2,761	99,91	0,30	0,00
19	2,914	99,94	0,30	0,00
20	3,067	99,96	0,30	0,00



PHỤ LỤC 5

BẢNG TÍNH ĐỘ CỐ KẾT NỀN ĐƯỜNG

ĐỰ ẢO: ĐƯỜNG NGUYỄN TRẢY NỐI DÀI PHẢN ĐOẠN 1

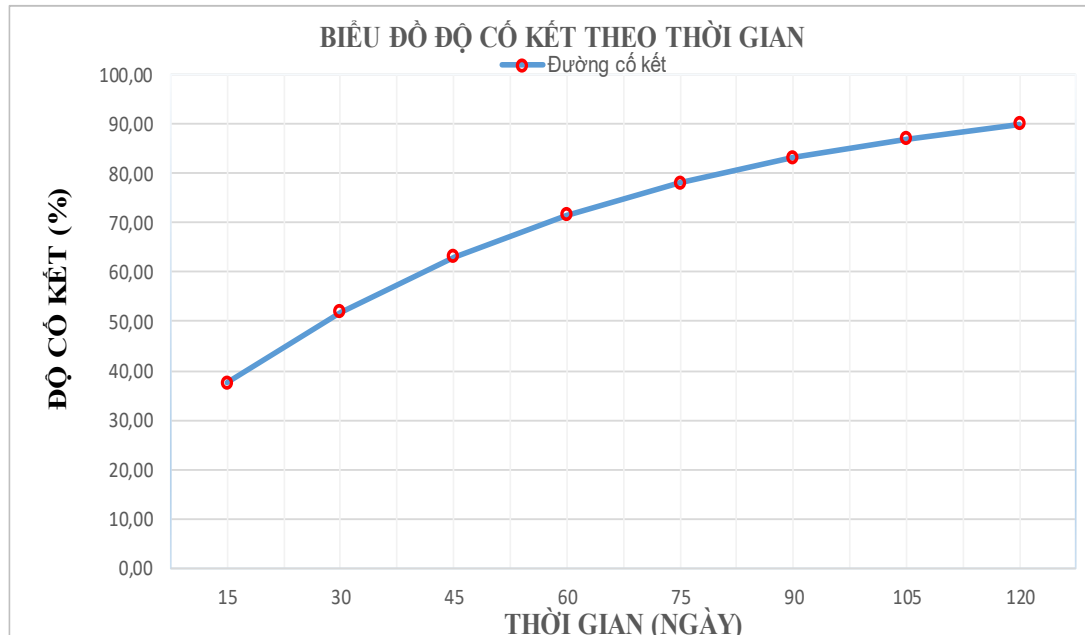
I. SỐ LIỆU CHUNG

- Chiều dài	cd=	213 m
- Chiều rộng	cr=	36,5 m
- Đường kính cọc	dc=	0,4 m
- Khoảng cách giữa các cọc	L=	2 m
- Sơ đồ bố trí		1
- Đường kính vùng ảnh hưởng	De=	2,26 m
- Chiều dài cọc	lc=	9 m
- Hệ số cố kết thẳng đứng	Cv=	21068 cm ² /năm
- Hệ số cố kết phương ngang	Cr=	42136 cm ² /năm
- Độ lún cố kết	Sc=	0,318 m



II. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Thời gian	Số lượng (cọc)	Tv	Uv (%)	Tr	F(n)	Ur (%)	U (%)	S (m)
15	2150	0,0011	19,07	0,0339	1,05	22,85	37,57	0,119
30	2150	0,0021	19,29	0,0678	1,05	40,48	51,96	0,165
45	2150	0,0032	19,50	0,1017	1,05	54,08	63,03	0,200
60	2150	0,0043	19,71	0,1356	1,05	64,57	71,56	0,228
75	2150	0,0053	19,92	0,1695	1,05	72,67	78,11	0,248
90	2150	0,0064	20,13	0,2034	1,05	78,91	83,16	0,264
105	2150	0,0075	20,34	0,2373	1,05	83,73	87,04	0,277
120	2150	0,0086	20,55	0,2712	1,05	87,45	90,03	0,286



PHỤ LỤC 6

BẢNG TÍNH ĐỘ CỐ KẾT NỀN ĐƯỜNG
DỰ ÁN: ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỐI DÀI PHÂN ĐOẠN 3

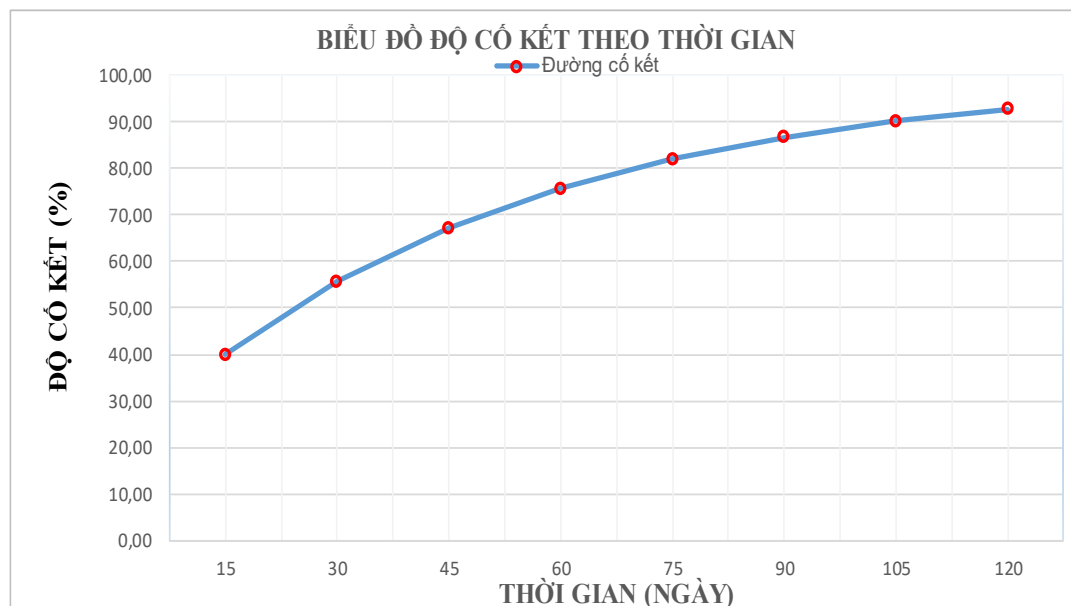
I. SỐ LIỆU CHUNG

- Chiều dài	cd=	242,76 m
- Chiều rộng	cr=	36,5 m
- Đường kính cọc	dc=	0,4 m
- Khoảng cách giữa các cọc	L=	2 m
- Sơ đồ bố trí		1
- Đường kính vùng ảnh hưởng	De=	2,26 m
- Chiều dài cọc	lc=	9 m
- Hệ số cố kết thẳng đứng	Cv=	24237 cm ² /năm
- Hệ số cố kết phương ngang	Cr=	48474 cm ² /năm
- Độ lún cố kết	Sc=	0,356 m



II. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Thời gian	Số lượng (cọc)	Tv	Uv (%)	Tr	F(n)	Ur (%)	U (%)	S (m)
15	2450	0,0012	19,11	0,0390	1,05	25,80	39,98	0,142
30	2450	0,0025	19,35	0,0780	1,05	44,95	55,60	0,198
45	2450	0,0037	19,60	0,1170	1,05	59,15	67,16	0,239
60	2450	0,0049	19,84	0,1560	1,05	69,69	75,71	0,270
75	2450	0,0061	20,08	0,1950	1,05	77,51	82,03	0,292
90	2450	0,0074	20,32	0,2340	1,05	83,31	86,71	0,309
105	2450	0,0086	20,56	0,2730	1,05	87,62	90,17	0,321
120	2450	0,0098	20,80	0,3120	1,05	90,81	92,73	0,330



PHỤ LỤC 7

BẢNG TÍNH ĐỘ CỐ KẾT NỀN ĐƯỜNG

DỰ ÁN: ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỘI DÀI PHÂN ĐOẠN 1

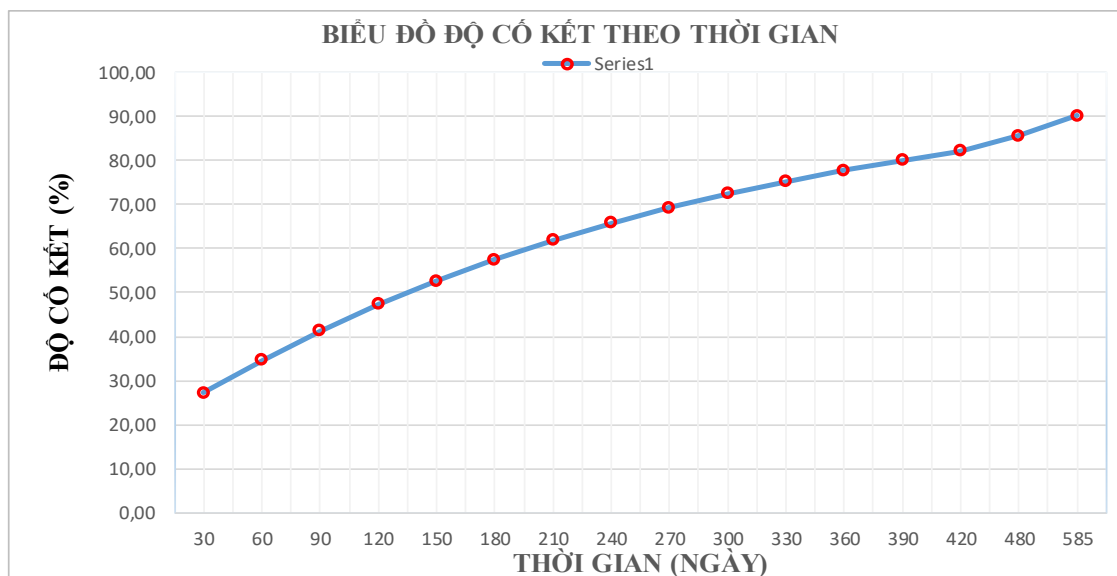
I. SỐ LIỆU CHUNG

- Đường kính tương đương của bậc thấm	$d_w =$	5,15 cm
- Khoảng cách giữa các bậc thấm	$L' =$	2,2 m
- Sơ đồ bố trí		1
- Đường kính vùng ảnh hưởng	$D_b =$	2,486 m
- Chiều sâu cắm bậc	$H_b =$	9 m
- Hệ số cố kết thẳng đứng	$C_v =$	19331 $\text{cm}^2/\text{năm}$
- Hệ số cố kết phương ngang	$C_r =$	38662 $\text{cm}^2/\text{năm}$
- Độ lún cố kết	$S_c =$	0,497 cm



II. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Thời gian	Tv	Uv	Tr	F(n)	Fs	Fr	Ur	U	S
30	0,0020	19,25	0,0514	3,13	0,69	0,17	9,80	27,16	0,135
60	0,0039	19,64	0,1028	3,13	0,69	0,17	18,63	34,62	0,172
90	0,0059	20,03	0,1543	3,13	0,69	0,17	26,60	41,31	0,205
120	0,0078	20,41	0,2057	3,13	0,69	0,17	33,80	47,31	0,235
150	0,0098	20,80	0,2571	3,13	0,69	0,17	40,28	52,70	0,262
180	0,0118	21,18	0,3085	3,13	0,69	0,17	46,13	57,54	0,286
210	0,0137	21,56	0,3599	3,13	0,69	0,17	51,41	61,89	0,308
240	0,0157	21,94	0,4113	3,13	0,69	0,17	56,17	65,79	0,327
270	0,0177	22,32	0,4628	3,13	0,69	0,17	60,46	69,29	0,344
300	0,0196	22,69	0,5142	3,13	0,69	0,17	64,34	72,43	0,360
330	0,0216	23,06	0,5656	3,13	0,69	0,17	67,83	75,25	0,374
360	0,0235	23,43	0,6170	3,13	0,69	0,17	70,98	77,78	0,387
390	0,0255	23,80	0,6684	3,13	0,69	0,17	73,82	80,06	0,398
420	0,0275	24,17	0,7198	3,13	0,69	0,17	76,39	82,10	0,408
480	0,0314	24,90	0,8227	3,13	0,69	0,17	80,79	85,57	0,425
585	0,0383	26,16	1,0026	3,13	0,69	0,17	86,61	90,11	0,448



PHỤ LỤC 8

BẢNG TÍNH ĐỘ CỐ KẾT NỀN ĐƯỜNG

DỰ ÁN: ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỘI DÀI PHÂN ĐOẠN 3

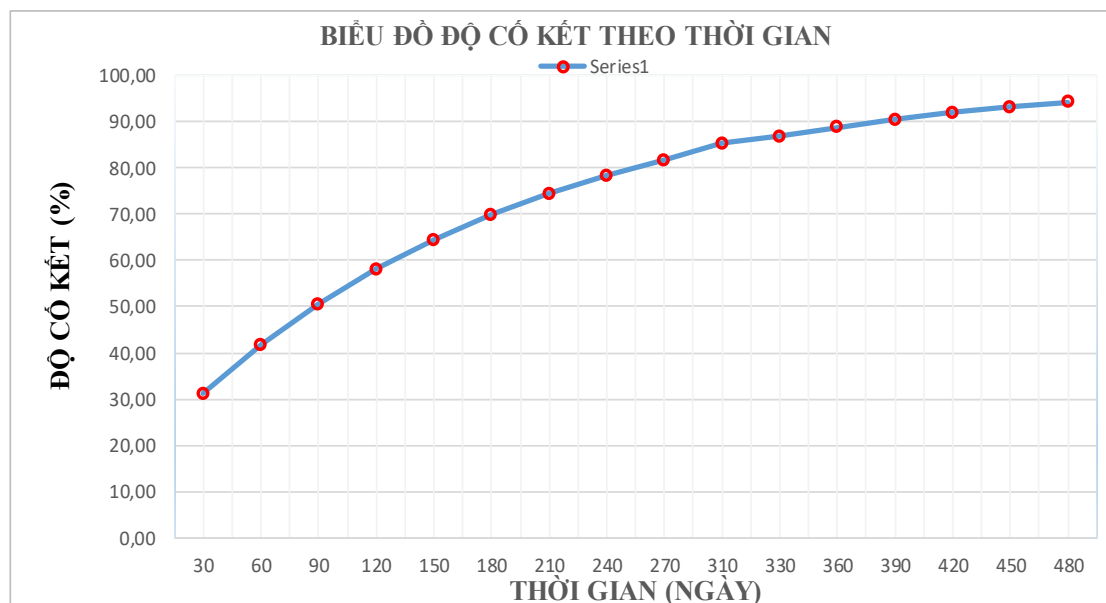
I. SỐ LIỆU CHUNG

- Đường kính tương đương của bậc thấm	$d_w =$	5,15 cm
- Khoảng cách giữa các bậc thấm	$L' =$	2,2 m
- Sơ đồ bố trí		1
- Đường kính vùng ảnh hưởng	$D_b =$	2,486 m
- Chiều sâu cắm bậc	$H_b =$	9 m
- Hệ số cố kết thẳng đứng	$C_v =$	29612 $\text{cm}^2/\text{năm}$
- Hệ số cố kết phương ngang	$C_r =$	59224 $\text{cm}^2/\text{năm}$
- Độ lún cố kết	$S_c =$	0,593 cm



II. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Thời gian	Tv	Uv	Tr	F(n)	Fs	Fr	Ur	U	S
30	0,0030	19,46	0,0788	3,13	0,69	0,17	14,61	31,23	0,185
60	0,0060	20,05	0,1575	3,13	0,69	0,17	27,09	41,71	0,247
90	0,0090	20,64	0,2363	3,13	0,69	0,17	37,74	50,59	0,300
120	0,0120	21,23	0,3151	3,13	0,69	0,17	46,83	58,12	0,345
150	0,0150	21,81	0,3938	3,13	0,69	0,17	54,60	64,50	0,383
180	0,0180	22,39	0,4726	3,13	0,69	0,17	61,23	69,91	0,415
210	0,0210	22,96	0,5513	3,13	0,69	0,17	66,90	74,50	0,442
240	0,0240	23,53	0,6301	3,13	0,69	0,17	71,73	78,38	0,465
270	0,0270	24,09	0,7089	3,13	0,69	0,17	75,86	81,68	0,484
310	0,0310	24,84	0,8139	3,13	0,69	0,17	80,45	85,30	0,506
330	0,0331	25,21	0,8664	3,13	0,69	0,17	82,40	86,84	0,515
360	0,0361	25,76	0,9452	3,13	0,69	0,17	84,97	88,84	0,527
390	0,0391	26,31	1,0239	3,13	0,69	0,17	87,17	90,54	0,537
420	0,0421	26,85	1,1027	3,13	0,69	0,17	89,04	91,98	0,545
450	0,0451	27,39	1,1814	3,13	0,69	0,17	90,64	93,21	0,553
480	0,0481	27,93	1,2602	3,13	0,69	0,17	92,01	94,24	0,559



PHỤ LỤC 9

BẢNG TÍNH ĐỘ CỐ KẾT NỀN ĐƯỜNG

DỰ ÁN: ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỐI DÀI PHẦN ĐOẠN 1

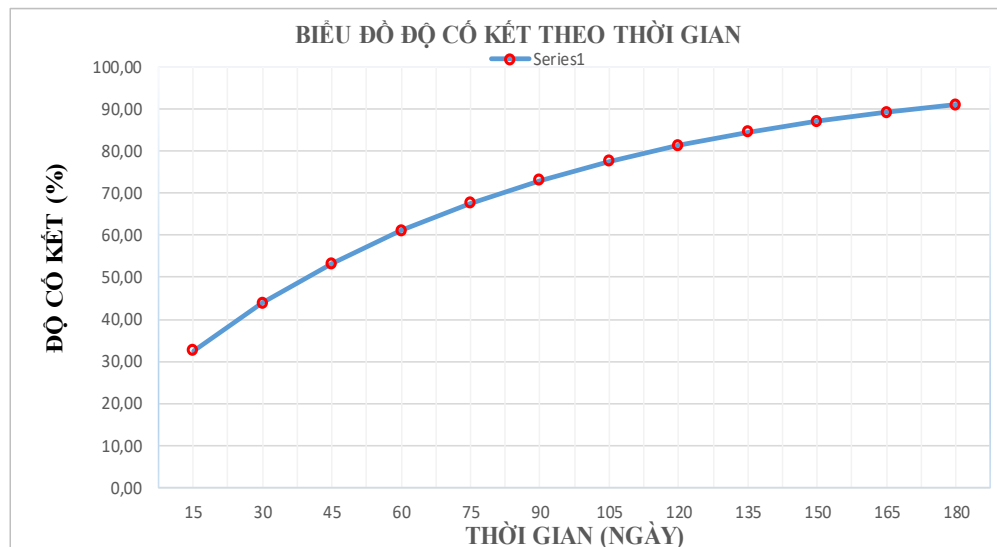
I. SỐ LIỆU CHUNG

- Chiều dài	cd=	213 m
- Chiều rộng	cr=	36,5 m
- Đường kính cọc	dc=	0,4 m
- Khoảng cách giữa các cọc	L=	2,2 m
- Sơ đồ bố trí		1
- Đường kính vùng ảnh hưởng	De=	2,486 m
- Chiều dài cọc	lc=	9 m
- Hệ số cố kết thẳng đứng	Cv=	19331 cm ² /năm
- Hệ số cố kết phương ngang	Cr=	38662 cm ² /năm
- Độ lún cố kết	Sc=	0,497 m



II. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Thời gian	Số lượng (giếng)	Tv	Uv (%)	Tr	F(n)	Ur (%)	U (%)	S (m)
15	1755	0,0010	19,06	0,0257	1,13	16,61	32,50	0,162
30	1755	0,0020	19,25	0,0514	1,13	30,47	43,85	0,218
45	1755	0,0029	19,45	0,0771	1,13	42,02	53,30	0,265
60	1755	0,0039	19,64	0,1028	1,13	51,65	61,15	0,304
75	1755	0,0049	19,84	0,1285	1,13	59,68	67,68	0,336
90	1755	0,0059	20,03	0,1543	1,13	66,38	73,12	0,363
105	1755	0,0069	20,22	0,1800	1,13	71,97	77,64	0,386
120	1755	0,0078	20,41	0,2057	1,13	76,63	81,40	0,405
135	1755	0,0088	20,61	0,2314	1,13	80,51	84,53	0,420
150	1755	0,0098	20,80	0,2571	1,13	83,75	87,13	0,433
165	1755	0,0108	20,99	0,2828	1,13	86,45	89,29	0,444
180	1755	0,0118	21,18	0,3085	1,13	88,70	91,09	0,453



PHỤ LỤC 10

BẢNG TÍNH ĐỘ CỐ KẾT NỀN ĐƯỜNG

DỰ ÁN: ĐƯỜNG NGUYỄN TRÃI NỐI DÀI PHẦN ĐOẠN 3

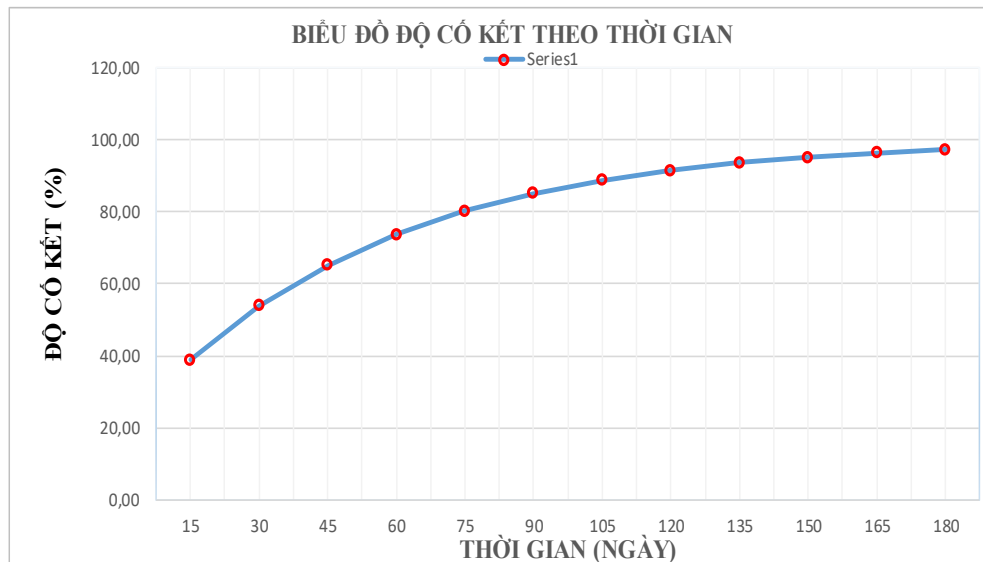
I. SỐ LIỆU CHUNG

- Chiều dài	cd=	242,76 m
- Chiều rộng	cr=	36,5 m
- Đường kính cọc	dc=	0,4 m
- Khoảng cách giữa các cọc	L=	2,2 m
- Sơ đồ bố trí		1
- Đường kính vùng ảnh hưởng	De=	2,486 m
- Chiều dài cọc	lc=	9 m
- Hệ số cố kết thẳng đứng	Cv=	29612 cm ² /năm
- Hệ số cố kết phương ngang	Cr=	59224 cm ² /năm
- Độ lún cố kết	Sc=	0,593 m



II. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Thời gian	Số lượng (giếng)	Tv	Uv (%)	Tr	F(n)	Ur (%)	U (%)	S (m)
15	2007	0,0015	19,16	0,0394	1,13	24,29	38,80	0,230
30	2007	0,0030	19,46	0,0788	1,13	42,69	53,84	0,319
45	2007	0,0045	19,76	0,1181	1,13	56,61	65,18	0,387
60	2007	0,0060	20,05	0,1575	1,13	67,15	73,74	0,437
75	2007	0,0075	20,35	0,1969	1,13	75,13	80,19	0,476
90	2007	0,0090	20,64	0,2363	1,13	81,17	85,06	0,504
105	2007	0,0105	20,94	0,2757	1,13	85,75	88,73	0,526
120	2007	0,0120	21,23	0,3151	1,13	89,21	91,50	0,543
135	2007	0,0135	21,52	0,3544	1,13	91,83	93,59	0,555
150	2007	0,0150	21,81	0,3938	1,13	93,82	95,16	0,564
165	2007	0,0165	22,10	0,4332	1,13	95,32	96,35	0,571
180	2007	0,0180	22,39	0,4726	1,13	96,46	97,25	0,577



TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Châu Trường Linh, Phạm Vũ Long, Nguyễn Thanh Quang - *Nghiên cứu đề xuất biện pháp xử lý nền đất yếu đoạn tuyến Trì Bình - Dung Quất* - Tạp chí Khoa học Công nghệ, Số 12/2018.
- [2]. Hansbo, S - *Consolidation of clay by band-shaped prefabricated drains* - Ground Engineering - 1979.
- [3]. Barron, R.A - *Consolidation of fine-grained soils by drain wells* - Transactions of the American Society of Civil Engineers - 1948.
- [4]. GS.TSKH Bùi Anh Định - *Cơ học đất* - NXB Xây Dựng - 2020.
- [5]. Ngô Thị Thanh Hương - *Dự đoán lún của nền đường đầu cầu trên đất yếu gia cố bằng cọc cát đầm chặt* - Tạp chí Địa kỹ thuật, số 03/2020.
- [6]. Nguyễn Uyên - *Xử lý nền đất yếu trong xây dựng* - NXB Xây Dựng - 2011.
- [7]. BQL Dự án ĐTXD TP. Tuy Hòa - *Thuyết minh thiết kế bản vẽ thi công dự án Đường Nguyễn Trãi nối dài (đoạn từ đường Trần Phú đến đường Nguyễn Hữu Thọ) giai đoạn 1 và tuyến đường Hoàng Văn Thụ (đoạn từ đường Nguyễn Trãi nối dài đến đường N3 phía Tây khu dân cư Bắc Trần Phú)*.
- [8]. Phạm Đức Tiệp, Cao Văn Hòa, Trần Văn Cương - *Nghiên cứu sự giảm áp lực đất đắp tác dụng lên nền đất yếu được gia cố bởi các giếng cát* - Tạp chí KHCN Xây dựng - số 1/2019.
- [9]. Nguyễn Tuấn Ngọc - *Chương trình phần mềm địa kỹ thuật Plaxis và một số ứng dụng trong tính toán nền móng đặt trên hoặc cạnh sườn dốc* - Tạp chí Thông tin Tư vấn thiết kế, số quý 2 và 3, 2015.
- [10]. Nguyễn Bảo Huân - *Xử lý lún cổ kết đất yếu bằng cọc cát, giếng cát* - Tạp chí Người Xây dựng, số 05/2007.
- [11]. Hoàng Văn Tân - *Những phương pháp xây dựng công trình trên đất yếu* - NXB Xây dựng - 1997.
- [12]. TS. Đỗ Thắng, Nguyễn Duy Hoàng - *Nghiên cứu xử lý nền đường đắp cao trên đất yếu bằng cọc cát* - Tạp chí Xây dựng, 08/2021.
- [13]. Nguyễn Đình Thử - *Xử lý đất yếu cho tuyến đường ô tô cao tốc Hà Nội-Hải Phòng những nhận xét ban đầu* - Tạp chí Thông tin Tư vấn thiết kế, số quý II/2016.
- [14]. Mohammed Sh. Mahmood, Ali Akhtarpour and Ameer Abdulridha - *Mechanical Behavior of Dam Foundation with Vertical Sand Drain, Case Study: Sombar Dam* - J. Eng. Technol. Sci., Vol. 51, No. 3, 2019, 380-391.

- [15] Hansbo, S., Aspects of vertical drain design: Darcian or non-Darcian flow. *Géotechnique*, 1997.
- [16]. Plaxis 2D Version 8.6, Manual.
- [17]. TCVN 11713:2017. *Gia cố nền đất yếu bằng giếng cát - thi công và nghiệm thu.*
- [18]. TCVN 9355:2012. *Gia cố nền đất yếu bằng bác thấm thoát nước.*
- [19]. TCCS 41 : 2022/TCĐBVN. *Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền đường ô tô trên nền đất yếu.*
- [20]. TCXD 245 : 2000. *Gia cố nền đất yếu bằng bác thấm thoát nước.*
- [21]. TCVN 4054:2005. *Đường ô tô – Yêu cầu thiết kế.*
- [22]. TCVN 104:2007. *Đường đô thị – Yêu cầu thiết kế.*
- [23]. TCN 262-2000. *Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô đắp trên đất yếu.*
- [24]. TCVN 9362:2012. *Đất xây dựng – Phương pháp thí nghiệm hiện trường – Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT).*
- [25]. TCVN 9844:2013. *Yêu cầu thiết kế, thi công và nghiệm thu vải địa kỹ thuật trong xây dựng nền đắp trên đất yếu.*
- [26]. TCVN 9355:2013. *Gia cố nền đất yếu bằng bác thấm – Thiết kế, thi công và nghiệm thu.*
- [27]. BGTVT, Quyết định 3095/QĐ – BGTVT ngày 07/10/2013. *Quy định tạm thời về các giải pháp kỹ thuật công nghệ đối với các đoạn chuyển tiếp giữa đường và cầu (cống) trên đường ô tô.*
- [28]. BGTVT, Số 3825/TCĐBVN-KHCN,MT&HTQT, ngày 29/6/2022. *Về việc áp dụng tiêu chuẩn trong các dự án đầu tư xây dựng và bảo trì công trình giao thông đường bộ.*
- [29]. BGTVT, Quyết định 1897/QĐ – BGTVT ngày 20/6/2016. *Quy định tạm thời hướng dẫn việc theo dõi và xử lý các đoạn đường ô tô qua vùng đất yếu có chõ lún sau khi đưa vào khai thác.*