

**BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI**

**PHÂN HIỆU**

-----๘๘๘๘-----

**ĐỀ TÀI**

**NGHIÊN CỨU CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY SẠT LỞ BỜ VÀ  
ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP BẢO VỆ BỜ KHU VỰC HỒ BÀU TRẮNG**

**MÃ SỐ:**

**BÁO CÁO CHUYÊN ĐỀ**

**KẾT QUẢ THỰC HIỆN MÔ HÌNH GEOSTUDIO  
VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP BẢO VỆ BỜ HỒ**

**Chủ nhiệm đề tài : TS. Lê Ngọc Thanh**

**Chủ nhiệm chuyên đề : TS. Lê Xuân Bảo**

**Các thành viên thực : TS. Phạm Ngọc Thịnh**

**hiện : TS. Đặng Văn Phú**

**TS. Nguyễn Thị Mai Sương**

*Tp. Hồ Chí Minh, tháng 08/2024*

**BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI**

**PHÂN HIỆU**

-----380380-----

**ĐỀ TÀI**

**Nghiên cứu các nguyên nhân gây sạt lở bờ và  
đề xuất các giải pháp bảo vệ bờ khu vực hồ Bàu Trắng**

**MÃ SỐ:**

**BÁO CÁO CHUYÊN ĐỀ**

**MÔ HÌNH GEOSTUDIO VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP BẢO VỆ BỜ  
HỒ**

<b>Chủ nhiệm đề tài</b>	<b>:</b>	<b>TS. Lê Ngọc Thanh</b>
<b>Chủ nhiệm chuyên đề</b>	<b>:</b>	<b>TS. Lê Xuân Bảo</b>
<b>Các thành viên thực hiện</b>	<b>:</b>	<b>TS. Phạm Ngọc Thịnh</b>
		<b>TS. Đặng Văn Phú</b>
		<b>TS. Nguyễn Thị Mai Sương</b>

UBND TỈNH BÌNH THUẬN  
SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI  
PHÂN HIỆU

**BÁO CÁO**  
**KẾT QUẢ THỰC HIỆN MÔ HÌNH GEOSTUDIO VÀ**  
**ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP BẢO VỆ BỜ HỒ**

**NGHIÊN CỨU CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY SẠT LỖ**  
**VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP BẢO VỆ BỜ**  
**KHU VỰC HỒ BÀU TRẮNG**

Mã số: ĐT-02-06-2023

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI



TS. Lê Ngọc Thanh



PHÓ GIÁM ĐỐC  
PGS.TS. Nguyễn Đăng Cảnh

SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Nguyễn Hoài Trung

TP. Hồ Chí Minh, 8/2024

## MỤC LỤC

<b>PHẦN 1: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU, KỸ THUẬT SỬ DỤNG, TÀI LIỆU SỬ DỤNG .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Phương pháp nghiên cứu .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Kỹ thuật tính toán: Sử dụng phần mềm Geostudio.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.1 Tổng quan về phần mềm Geostudio .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.2 Tổng quan về modul SLOPE/W .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.3 Tổng quan về modul SEEP/W .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.4 Tổng quan về modul QUAKE/W .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.5 Tổng quan về modul SIGMA/W .....</b>	<b>6</b>
<b>PHẦN 2: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Tổng hợp phân tích, xử lý tài liệu đầu vào cho mô hình.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.1 Tổng hợp phân tích, xử lý tài liệu đầu vào cho mô hình .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.2 Vị trí tính toán .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.3 Nội dung tính toán .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2 Kết quả nghiên cứu.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1 Mặt cắt tuyến L4 .....</b>	<b>22</b>
2.2.1.1 Phân tích cung trượt .....	22
2.2.1.2 Phân tích thấm .....	22
2.2.1.3 Phân tích ứng suất .....	23
2.2.1.4 Phân tích tải trọng động .....	23
2.2.1.5 Phân tích diễn biến sạt lở xảy ra vào 05/2023 .....	23
<b>2.2.2 Mặt cắt tuyến L8 .....</b>	<b>24</b>
2.2.2.1 Phân tích cung trượt .....	24
2.2.2.2 Phân tích thấm .....	25
2.2.2.3 Phân tích ứng suất .....	25
2.2.2.4 Phân tích tải trọng động .....	25
<b>2.2.3 Mặt cắt tuyến L1 .....</b>	<b>25</b>
2.2.3.1 Phân tích cung trượt .....	25
2.2.3.2 Phân tích thấm .....	26
2.2.3.3 Phân tích ứng suất .....	26

2.2.3.4 Phân tích tải trọng động .....	26
<b>2.2.4 Mặt cắt MC2 .....</b>	<b>27</b>
2.2.4.1 Phân tích cung trượt .....	27
2.2.4.2 Phân tích thấm .....	27
2.2.4.3 Phân tích ứng suất .....	27
<b>2.2.5 Mặt cắt MC4 .....</b>	<b>27</b>
2.2.5.1 Phân tích cung trượt .....	27
2.2.5.2 Phân tích thấm .....	28
2.2.5.3 Phân tích ứng suất .....	28
2.2.5.4 Phân tích tải trọng động .....	28
<b>2.2.6 Mặt cắt MC5 .....</b>	<b>28</b>
2.2.6.1 Phân tích cung trượt .....	28
2.2.6.2 Phân tích thấm .....	29
2.2.6.3 Phân tích ứng suất .....	29
2.2.6.4 Phân tích tải trọng động .....	29
<b>2.2.3 Mặt cắt MC6 .....</b>	<b>29</b>
2.2.7.1 Phân tích cung trượt .....	29
2.2.7.2 Phân tích thấm .....	30
2.2.7.3 Phân tích ứng suất .....	30
2.2.7.4 Phân tích tải trọng động .....	30
<b>2.2.8 Mặt cắt MC7 .....</b>	<b>30</b>
2.2.8.1 Phân tích cung trượt .....	30
2.2.8.2 Phân tích thấm .....	30
2.2.8.3 Phân tích ứng suất .....	31
2.2.8.4 Phân tích tải trọng động .....	31
<b>2.2.9 Mặt cắt MC9 .....</b>	<b>31</b>
2.2.9.1 Phân tích cung trượt .....	31
2.2.9.2 Phân tích thấm .....	31
2.2.9.3 Phân tích ứng suất .....	31
2.2.9.4 Phân tích tải trọng động .....	31
<b>PHẦN 3: ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP .....</b>	<b>33</b>
<b>3.1 Tổng quan công trình bảo vệ bờ hồ tại Việt Nam và Thế giới .....</b>	<b>33</b>

<b>3.2 Giải pháp bảo vệ bờ hồ khu vực Bàu Trắng</b> .....	<b>40</b>
3.2.1 Nguyên nhân gây sạt lở .....	40
3.2.2 Cơ sở đề xuất giải pháp .....	41
3.2.3 Đề xuất các giải pháp .....	41
3.2.3.1 Giải pháp phi công trình .....	42
3.2.3.2 <i>Giải pháp công trình</i> .....	42
3.2.3.3 Tính toán ổn định tuyến L4 và L8 sau gia cố .....	46
a) Tuyến L4 .....	46
b) Tuyến L8.....	47
c) Tuyến L1 .....	47
<b>KẾT LUẬN</b> .....	<b>48</b>
<b>PHỤ LỤC</b> .....	<b>50</b>
<b>A. Mặt cắt tuyến L4</b> .....	<b>50</b>
<b>A.1. Phân tích cung trượt</b> .....	<b>50</b>
<i>A.2. Phân tích thấm</i> .....	52
<i>A.3 Phân tích ứng suất</i> .....	53
<i>A.4. Phân tích tải trọng động</i> .....	54
<i>A.5. Phân tích diễn biến sạt lở tuyến L4</i> .....	55
<b>C. Mặt cắt L1</b> .....	<b>68</b>
C.1. Phân tích cung trượt.....	69
<b>C.2. Phân tích thấm</b> .....	<b>76</b>
C.3. Phân tích ứng suất.....	78
C.4. Phân tích tải trọng động .....	78
<b>D. Mặt cắt MC2</b> .....	<b>80</b>
D.1. Phân tích cung trượt.....	80
<i>D.2. Phân tích thấm</i> .....	83
<i>D.3. Phân tích ứng suất</i> .....	84
<i>D.4. Phân tích tải trọng động</i> .....	84
<b>E. Mặt cắt MC4</b> .....	<b>85</b>
<i>E.1 Phân tích cung trượt</i> .....	85
<i>E.2. Phân tích thấm</i> .....	88

<i>E.3 Phân tích ứng suất</i> .....	88
<i>E.4 Phân tích tải trọng động</i> .....	89
<b>F. Mặt cắt MC5</b> .....	89
<i>F.1 Phân tích cung trượt</i> .....	89
<i>F.2 Phân tích thấm</i> .....	93
<i>F.3 Phân tích ứng suất</i> .....	94
<i>F.4 Phân tích tải trọng động</i> .....	94
<b>G. Mặt cắt MC6</b> .....	95
<i>G.1 Phân tích cung trượt</i> .....	95
<i>G.2 Phân tích thấm</i> .....	99
<i>G.3 Phân tích ứng suất</i> .....	99
<i>G.4 Phân tích tải trọng động</i> .....	100
<b>H. Mặt cắt MC7</b> .....	101
<i>H.1 Phân tích cung trượt</i> .....	101
<i>H.2 Phân tích thấm</i> .....	105
<i>H.3 Phân tích ứng suất</i> .....	105
<i>H.4 Phân tích tải trọng động</i> .....	105
<b>I Mặt cắt MC9</b> .....	107
<i>I.1 Phân tích cung trượt</i> .....	107
<i>I.2 Phân tích thấm</i> .....	112
<i>I.3 Phân tích ứng suất</i> .....	112
<i>I.4 Phân tích tải trọng động</i> .....	113
<b>H. Tuyến L4, L8 và L1 sau gia cố</b> .....	114

## DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1: So sánh các phương pháp phân tích .....	2
Bảng 2: Toạ độ và cao độ các hố khoan khảo sát .....	10
Bảng 3: Các thông số vật lý của lớp 1 .....	10
Bảng 4: Các thông số vật lý của lớp thấu kính 1 .....	11
Bảng 5: Các thông số vật lý của lớp 2 .....	12
Bảng 6: Các thông số vật lý của lớp thấu kính 2 .....	13
Bảng 7: Các thông số vật lý của lớp 3 .....	14

Bảng 8: Kết quả thí nghiệm thấm đầu nước không đổi.....	15
Bảng 9: Kết quả đo mực nước ngầm trong các hố khoan .....	18
Bảng 10: Giá trị hoạt tải quy đổi.....	19
Bảng 11: Các mặt cắt tính toán và nội dung tính toán .....	21
Bảng 12: Hệ số an toàn cho tuyến L4 .....	22
Bảng 13: Kết quả tính toán cho tuyến L8 .....	24
Bảng 14: Kết quả tính toán cho tuyến L1 .....	26
Bảng 15: Kết quả tính toán cho MC2 .....	27
Bảng 16: Kết quả tính toán cho MC4 .....	27
Bảng 17: Kết quả tính toán cho MC5 .....	28
Bảng 18: Kết quả tính toán cho MC6 .....	29
Bảng 19: Kết quả tính toán cho MC7 .....	30
Bảng 20: Kết quả tính toán cho MC9 .....	31

## **DANH MỤC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ**

Hình 1: Sơ đồ phân tích lực tính toán ổn định trượt cung tròn.....	3
Hình 2: Vị trí khu vực khảo sát .....	10
Hình 3: Mặt cắt địa chất công trình .....	17
Hình 4: Cao trình mực nước hồ, mực nước ngầm và hố khoan HK1 tại tuyến L4.....	18
Hình 5: Gia tốc rung chấn đo được vào ngày 25/02/2024 .....	19
Hình 6: Gia tốc rung chấn được lấy để tính toán.....	20
Hình 7: Vị trí tuyến L1, L4 và L8 thuộc phạm vi sạt lở tại Bàu Bà .....	20
Hình 8: Các mặt cắt thuộc phạm vi Bàu Ông và Bàu Bà ngoài phạm vi sạt lở .....	21
Hình 9: Phạm vi khối sạt lở so sánh với trước khi sạt lở vào năm 2022 .....	24
Hình 10 Giải pháp bảo vệ bờ hồ trên Thế giới (nhóm giải pháp cứng ) .....	33
Hình 11 Bảo vệ bờ biển bằng thảm thực vật .....	34
Hình 12 Ứng dụng cỏ Ventiver bảo vệ bờ (Nguồn: Vetiver.org).....	34
Hình 13 Bảo vệ bờ bằng rơm, cỏ khô bện xơ dừa.....	35
Hình 14 Một số công trình bảo vệ bờ sông trong nước .....	36
Hình 15 Giải pháp trồng cây bản, dừa nước chống xói lở bờ ở ĐBSCL .....	37
Hình 16 Giải pháp bảo vệ bờ sông bằng thảm cỏ.....	37
Hình 17 Giải pháp bảo vệ bờ bằng cọc.....	38
Hình 18 Bảo vệ bờ bằng bao tải đất kết hợp cừ dừa ở khu vực cù lao Hưng Phong.....	38

Hình 19 Giải pháp kê sinh thái chống sạt lở bằng túi Dbox thử nghiệm tại tỉnh An Giang (trái) và Hình ảnh đoạn kê thử nghiệm sau 2 tháng .....	39
Hình 20 Kê thử nghiệm ứng dụng thảm sơ dừa (trái) và kê thử nghiệm triển khai thực tế 1 đoạn tại ven sông rạch tỉnh Tiền Giang (phải) .....	39
Hình 21 Giải pháp kê sinh thái tại tỉnh Cà Mau (trái) và Hình ảnh thực tiễn sau khi hoàn thành việc xây dựng công trình thử nghiệm (phải) .....	39
Hình 22: Phạm vi nguy hiểm với các cung trượt có hệ số an toàn nhỏ hơn 1,15 .....	42
Hình 23. Chi tiết trải vải địa kỹ thuật.....	43
<i>Hình 24: Phương án 1 thiết kế chống sạt lở cho tuyến L4 .....</i>	<i>44</i>
Hình 25: Phương án 1 thiết kế chống sạt lở cho tuyến L8.....	44
Hình 26: Phương án 1 thiết kế chống sạt lở cho tuyến L1 .....	45
Hình 27: Phương án 2 thiết kế chống sạt lở cho tuyến L4.....	45
Hình 28: Phương án 2 thiết kế chống sạt lở cho tuyến L8.....	46
Hình 29: Phương án 2 thiết kế chống sạt lở cho tuyến L1 .....	46
Hình 30: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (a) ...	50
Hình 31 Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (b)....	50
Hình 32: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn (a) .....	50
Hình 33: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn (b) .....	50
Hình 34: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn .....	51
Hình 35: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn .....	51
Hình 36: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, xét rung chấn.....	51
Hình 37: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn .....	51
Hình 38: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn .....	52
Hình 39: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn .....	52
Hình 40: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn.....	52
Hình 41: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn.....	52
Hình 42: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m .....	52
Hình 43: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m .....	53
Hình 44: Lưu lượng thấm với cao trình mực nước hồ 32m.....	53
Hình 45: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34,2m.....	53
Hình 46: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34,2m.....	53
Hình 47: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến L4 không xét đến hoạt tải.....	53
Hình 48: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến L4 có xét đến hoạt tải (a) .....	54
Hình 49: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến L4 .....	54
Hình 50: Vị trí tính chuyển vị tương đối .....	54

Hình 51: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến L4 .....	54
Hình 52: Mô hình khối sạt lở thứ 1 .....	55
Hình 53: Mô hình khối sạt lở thứ 2.....	55
Hình 54: Mô hình khối sạt lở thứ 3.....	56
Hình 55: Mô hình khối sạt lở thứ 4.....	56
Hình 56: Mô hình khối sạt lở cuối .....	56
Hình 57: Ổn định của tuyến L4 sau sạt lở .....	57
Hình 58: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (a)...	57
Hình 59: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (b) ..	57
Hình 60: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn (a) .....	58
Hình 61 Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn (b) .....	58
Hình 62: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 32m (a) .....	58
Hình 63: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 32m (b) .....	59
Hình 64: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, không xét rung chấn (a)...	59
Hình 65: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, không xét rung chấn (b) ..	59
Hình 66: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, xét rung chấn (a) .....	60
Hình 67: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, xét rung chấn (b) .....	60
Hình 68: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 33m (a) .....	60
Hình 69: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 33m (b) .....	61
Hình 70: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn (a)	61
Hình 71: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn (b)	62
Hình 72: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, xét rung chấn (a) .....	62
Hình 73: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, xét rung chấn (b) .....	62
Hình 74: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 34.2m (a) .....	62
Hình 75: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 34.2m (b) .....	63
Hình 76: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn (a)...	63
Hình 77: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn (b) ..	63
Hình 78: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn (a) .....	64
Hình 79: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn (b) .....	64
Hình 80: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 36m (a) .....	64
Hình 81: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 36m (b) .....	64
Hình 82: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m (a) .....	65
Hình 83: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m (b) .....	65
Hình 84: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 33m (a) .....	65
Hình 85: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 33m (b) .....	65

Hình 86: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34.2m (a) .....	65
Hình 87: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34.2m (b) .....	66
Hình 88: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 36m (a) .....	66
Hình 89: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 36m (a) .....	66
Hình 90: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 36m (b) .....	66
Hình 91: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến L8 .....	67
Hình 92: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến L8 có xét đến hoạt tải (a) .....	67
Hình 93: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến L8 .....	67
Hình 94: Vị trí tính chuyển vị tương đối .....	68
Hình 95: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến L8 .....	68
Hình 96: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (a) ...	69
Hình 97: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (b) ..	69
Hình 98: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn (a) .....	69
Hình 99: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn (b) .....	70
Hình 100: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, không xét rung chấn (a) .	70
Hình 101: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, không xét rung chấn (b) .	71
Hình 102: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, xét rung chấn (a) .....	71
Hình 103: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, xét rung chấn (b) .....	72
Hình 104: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34,2m, không xét rung chấn (a) .....	72
Hình 105: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34,2m, không xét rung chấn (b) .....	73
Hình 106: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34,2m, xét rung chấn (a) .....	73
Hình 107: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34,2m, xét rung chấn (b) .....	74
Hình 108: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn (a) .	74
Hình 109: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn (b) .	75
Hình 110: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn (a) .....	75
Hình 111: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn (b) .....	76
Hình 112: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m (a) .....	76
Hình 113: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m (b) .....	76
Hình 114: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 33m (a) .....	77
Hình 115: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 33m (b) .....	77
Hình 116: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34,2m (a) .....	77
Hình 117: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34,2m (b) .....	77
Hình 118: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 36m (a) .....	77

Hình 119: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 36m (b) .....	78
Hình 120: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến L1 không xét đến hoạt tải .....	78
Hình 121: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến L1 có xét đến hoạt tải .....	78
Hình 122: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến L1 .....	79
Hình 123: Vị trí tính chuyển vị tương đối .....	79
Hình 124: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến L1 .....	80
Hình 125: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (a) ..	80
Hình 126: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (b) ..	80
Hình 127: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn .....	81
Hình 128: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn .....	81
Hình 129: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn ...	81
Hình 130: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn ..	81
Hình 131: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, xét rung chấn .....	82
Hình 132: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, xét rung chấn .....	82
Hình 133: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn .....	82
Hình 134: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn .....	82
Hình 135: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn .....	83
Hình 136: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn .....	83
Hình 137: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34.2m (a) .....	83
Hình 138: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m (b) .....	83
Hình 139: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC2 không xét đến hoạt tải .....	84
Hình 140: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC2 có xét đến hoạt tải (a) .....	84
Hình 141: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến MC2 .....	84
Hình 142: Vị trí tính chuyển vị tương đối .....	84
Hình 143: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến MC2 .....	85
Hình 144: Cao trình mực nước 32.0m, không xét rung chấn (a) .....	85
Hình 145: Cao trình mực nước 32.0m, không xét rung chấn (b) .....	85
Hình 146: Cao trình mực nước 32.0m, xét rung chấn (a) .....	86
Hình 147: Cao trình mực nước 32.0m, xét rung chấn (b) .....	86
Hình 148: Cao trình mực nước 34.2m, không xét rung chấn (a) .....	86
Hình 149: Cao trình mực nước 34.2m, không xét rung chấn (b) .....	86
Hình 150: Cao trình mực nước 34.2m, xét rung chấn (a) .....	86
Hình 151: Cao trình mực nước 34.2m, xét rung chấn (b) .....	87
Hình 152: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (a) .....	87
Hình 153: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (b) .....	87

Hình 154: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (a) .....	87
Hình 155: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (b) .....	88
Hình 156: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC4 không xét đến hoạt tải .....	88
Hình 157: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC4 có xét đến hoạt tải .....	88
Hình 158: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến MC4 .....	89
Hình 159: Vị trí tính chuyển vị tương đối .....	89
Hình 160: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến MC4 .....	89
Hình 161: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (a) .....	90
Hình 162: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (b) .....	90
Hình 163: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (a) .....	90
Hình 164: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (b) .....	91
Hình 165: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (a) .....	91
Hình 166: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (b) .....	91
Hình 167: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (a) .....	92
Hình 168: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (b) .....	92
Hình 169: Cao trình mực nước 40.0m, không xét rung chấn (a) .....	92
Hình 170: Cao trình mực nước 40.0m, không xét rung chấn (b) .....	93
Hình 171: Cao trình mực nước 40.0m, xét rung chấn (a) .....	93
Hình 172: Cao trình mực nước 40.0m, xét rung chấn (b) .....	93
Hình 173: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC5 không xét đến hoạt tải .....	94
Hình 174: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC5 có xét đến hoạt tải .....	94
Hình 175: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến MC5 .....	94
Hình 176: Vị trí tính chuyển vị tương đối .....	95
Hình 177: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến MC5 .....	95
Hình 178: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (a) .....	96
Hình 179: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (b) .....	96
Hình 180: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (a) .....	96
Hình 181: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (b) .....	97
Hình 182: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (a) .....	97
Hình 183: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (b) .....	97
Hình 184: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (a) .....	97
Hình 185: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (b) .....	98
Hình 186: Cao trình mực nước 40.0m, không xét rung chấn (a) .....	98
Hình 187: Cao trình mực nước 40.0m, không xét rung chấn (b) .....	98
Hình 188: Cao trình mực nước 40.0m, xét rung chấn (a) .....	98

Hình 189: Cao trình mực nước 40.0m, xét rung chấn (b) .....	99
Hình 190: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC6 không xét đến hoạt tải .....	100
Hình 191: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC6 có xét đến hoạt tải .....	100
Hình 192: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến MC6 .....	100
Hình 193: Vị trí tính chuyển vị tương đối .....	100
Hình 194: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến MC6 .....	101
Hình 195: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (a) .....	101
Hình 196: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (b) .....	102
Hình 197: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (a) .....	102
Hình 198: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (b) .....	102
Hình 199: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (a) .....	102
Hình 200: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (b) .....	103
Hình 201: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (a) .....	103
Hình 202: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (b) .....	103
Hình 203: Cao trình mực nước 40.0m, không xét rung chấn (a) .....	104
Hình 204: Cao trình mực nước 40.0m, không xét rung chấn (b) .....	104
Hình 205: Cao trình mực nước 40.0m, xét rung chấn (a) .....	104
Hình 206: Cao trình mực nước 40.0m, xét rung chấn (b) .....	105
Hình 207: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC7 không xét đến hoạt tải .....	105
Hình 208: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC7 có xét đến hoạt tải .....	105
Hình 209: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến MC7 .....	106
Hình 210: Vị trí tính chuyển vị tương đối .....	106
Hình 211: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến MC7 .....	106
Hình 212: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (a) .....	107
Hình 213: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (b) .....	107
Hình 214: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (a) .....	107
Hình 215: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (b) .....	108
Hình 216: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (a) .....	108
Hình 217: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (b) .....	109
Hình 218: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (a) .....	109
Hình 219: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (b) .....	110
Hình 220: Cao trình mực nước 40m, không xét rung chấn (a) .....	110
Hình 221: Cao trình mực nước 40m, không xét rung chấn (b) .....	111
Hình 222: Cao trình mực nước 40m, xét rung chấn (b) .....	111
Hình 223: Cao trình mực nước 40m, xét rung chấn (b) .....	112

Hình 224: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC9 không xét đến hoạt tải.....	113
Hình 225: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC9 có xét đến hoạt tải .....	113
Hình 226: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến MC9 .....	113
Hình 227: Vị trí tính chuyển vị tương đối .....	114
Hình 228: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến MC9 .....	114
Hình 229: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L4 theo PA1 .....	115
Hình 230: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L4 theo PA1 .....	115
Hình 231: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L4 theo PA1 có xét đến hoạt tải .....	116
Hình 232: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L4 theo PA2 .....	116
Hình 233: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L4 theo PA2 .....	117
Hình 234: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L4 theo PA2 có xét đến hoạt tải .....	117
Hình 235: Chuyển vị theo phương ngang cho tuyến L4, PA1 .....	118
Hình 236: Chuyển vị theo phương đứng cho tuyến L4, PA1 .....	118
Hình 237: Chuyển vị theo phương ngang cho tuyến L4, PA2.....	118
Hình 238: Chuyển vị theo phương đứng cho tuyến L4, PA2 .....	119
Hình 239: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L8 theo PA1 (a).....	119
Hình 240: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L8 theo PA1 (b).....	120
Hình 241: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L8 theo PA1 có xét đến hoạt tải .....	120
Hình 242: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L8 theo PA2 (a).....	121
Hình 243: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L8 theo PA2 (b).....	121
Hình 244: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L8 theo PA2 có xét đến hoạt tải .....	122
Hình 245: Chuyển vị theo phương ngang cho tuyến L8, PA1 .....	122
Hình 246: Chuyển vị theo phương đứng cho tuyến L8, PA1 .....	123
Hình 247: Chuyển vị theo phương ngang cho tuyến L8, PA2.....	123
Hình 248: Chuyển vị theo phương đứng cho tuyến L8, PA2 .....	123
Hình 249: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L1 theo PA1 (a).....	123
Hình 250: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L1 theo PA1 (b).....	124
Hình 251: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L1 theo PA1 có xét đến hoạt tải .....	124
Hình 252: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L1 theo PA2 (a).....	125
Hình 253: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L1 theo PA2 (b).....	125
Hình 254: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L1 theo PA2 có xét hoạt tải .....	126
Hình 255: Chuyển vị theo phương ngang cho tuyến L1, PA1 .....	127
Hình 256: Chuyển vị theo phương đứng cho tuyến L1, PA1 .....	127
Hình 257: Chuyển vị theo phương ngang cho tuyến L1, PA2.....	127
Hình 258: Chuyển vị theo phương đứng cho tuyến L1, PA2 .....	128

# PHẦN 1: PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU, KỸ THUẬT SỬ DỤNG, TÀI LIỆU SỬ DỤNG

## 1.1 Phương pháp nghiên cứu

Cách tiếp cận:

- Phương pháp nghiên cứu dựa trên các số liệu thu thập được thực tế thông qua quan trắc, đo đạc, khảo sát và đánh giá thực tế.
- Dựa trên các phương pháp, công nghệ mới, hiện đại.
- Xem xét, đánh giá sạt lở dựa trên cơ sở thực tiễn, khoa học có xét đến đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng từ khách quan đến chủ quan.

Phương pháp nghiên cứu:

- Phương pháp điều tra, khảo sát, đo đạc ngoài hiện trường: Đo đạc, quan sát, đánh giá thực tế, điều tra thu thập các thông tin từ vùng bị ảnh hưởng. Nhằm bổ sung tài liệu và kiểm tra kết quả nghiên cứu được thực hiện theo tuyến, điểm tại các mặt cắt không chế các đặc trưng địa hình. Các kết quả đo đạc còn là các dữ liệu đầu vào cho các mô hình tính toán ổn định khu vực nghiên cứu.
- Phương pháp mô hình: Sử dụng phần mềm Geostudio với các modul tính toán như SLOPE/W, SEEP/W, SIGMA/W, và QUAKE/W để tính toán ổn định của khu vực nghiên cứu dựa trên các số liệu từ đo đạc, khảo sát thực tế.
- Phương pháp phân tích hệ thống và đánh giá tổng hợp: Từ quan sát, khảo sát thực tế và kết quả của mô hình tính toán để có phân tích mang tính hệ thống về nguyên nhân sạt lở của khu vực nghiên cứu. Từ đó đánh giá tổng hợp các tác nhân, xác định nguyên nhân gây sạt lở.
- Phương pháp chuyên gia: Thông qua trao đổi khoa học với các chuyên gia trong lĩnh vực nhằm lấy ý kiến đóng góp của các chuyên gia về cách tiếp cận, thiết kế triển khai nghiên cứu, xây dựng mô hình tính toán cho phù hợp.

## 1.2 Kỹ thuật tính toán: Sử dụng phần mềm Geostudio

### 1.2.1 Tổng quan về phần mềm Geostudio

Geostudio là phần mềm tính toán địa kỹ thuật gồm nhiều các modul tính toán phục vụ cho các mục đích khác nhau như:

- SLOPE/W: là modul phân tích ổn định mái dốc với nhiều phương pháp tính toán như Fellenius, Bishop, Janbu, Spencer, Morgenstern & Price, ... Các phương pháp này đều dựa trên tính toán cân bằng giới hạn.
- SEEP/W: là modul phân tích dòng chảy ngầm trong đất dựa trên mô hình phương pháp phần tử hữu hạn dùng để mô phỏng dòng thấm, dòng nước ngầm trong đất.

- QUAKE/W: là modul phân tích động đất và tải trọng động sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn.
- SIGMA/W: là modul phân tích ứng suất và biến dạng của đất sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn.

### 1.2.2 Tổng quan về modul SLOPE/W

SLOPE/W là một modul tính toán trong phần mềm Geostudio thường được dùng để phân tích ổn định mái dốc. Việc tính toán dựa trên phương pháp cân bằng giới hạn, khi đó khối trượt được chia thành các mảnh theo phương đứng và sử dụng các phương cân bằng về lực hoặc mô men cho từng phân mảnh tại mặt trượt để tính toán hệ số an toàn trượt. Trong phương pháp này, đất được coi là vật liệu cứng – dẻo lý tưởng tuân theo định luật Coulomb.

Modul SLOPE/W cho phép tính toán ổn định mái dốc theo phương pháp cân bằng giới hạn có tính đến các điều kiện có thể xảy ra trong thực tế như: xét đến áp lực nước lỗ rỗng, neo trong đất, vãi địa kỹ thuật, tải trọng ngoài, tường chắn. SLOPE/W được xây dựng dựa trên các lý thuyết tính ổn định mái dốc: Phương pháp Ordinary (hay còn gọi là phương pháp Fellenius), phương pháp Bishop đơn giản hoá, phương pháp Janbu đơn giản hoá, phương pháp Spencer, phương pháp Morgen-price, phương pháp cân bằng tổng quát Gle, phương pháp ứng suất phần tử hữu hạn. Đặc điểm khác biệt giữa các phương pháp này là giả thiết về lực tiếp tuyến và pháp tuyến giữa các dải. Ngoài ra quan hệ giữa các lực tác động giữa các cạnh của các dải cũng được tính đến trong phương pháp GLE và phương pháp Morgenstern-price. Cụ thể:

- Phương pháp Ordinary: Xem cả lực pháp tuyến và lực cắt của mảnh trượt bằng 0.
- Phương pháp Bishop: Đơn giản hoá chỉ quan tâm đến lực pháp tuyến mà không để ý đến lực tiếp tuyến giữa các dải, và chỉ cần thoả mãn phương trình cân bằng momen.
- Phương pháp Janbu: Đơn giản hoá cũng chỉ dùng lực pháp tuyến mà không sử dụng lực tiếp tuyến giữa các dải, nhưng chỉ dựa trên điều kiện cân bằng lực.
- Phương pháp Spencer: Xét cả điều kiện cân bằng lực và cân bằng momen, nó hạn chế coi lực trượt là hằng số.
- Phương pháp Morgenstern-Price và GLE: Dùng cả lực pháp tuyến và tiếp tuyến giữa các dải và phải thoả mãn cả phương trình cân bằng lực và phương trình cân bằng mômen.

Bảng 1: So sánh các phương pháp phân tích

Phương pháp	Cân bằng lực	Cân bằng mô men	Lực pháp tuyến giữa	Lực ma sát giữa các	Giả thiết về lực hông



+ FS: Hệ số an toàn

+  $W$  là trọng lượng riêng của dải kể cả tải trọng bên ngoài

$r_u = \frac{u_j \cdot b_j}{w_j}$ : Áp lực lỗ rỗng +  $\varphi_i$ : Góc ma sát trong của lớp đất

+  $\theta_i$ : Góc nghiêng tại đáy mảnh

$$m_j = \frac{1}{\cos \theta_j + \frac{\tan(\varphi')_j \cdot \sin \theta_j}{FS}}$$

Khi không xét áp lực nước lỗ rỗng và bỏ qua các lực ma sát giữa các mảnh ta có phương trình sau:

$$FS = \frac{\sum W_j \cdot \tan(\varphi')_j \cdot m_j}{\sum W_j \cdot \sin \theta_j}$$

Do  $m_j$  phụ thuộc vào FS nên tính hệ số an toàn sẽ tính theo phương pháp thử dần.

Trong các phương pháp trên, phương pháp Bishop thường được sử dụng do có độ chính xác cao cũng như đơn giản. s

### 1.2.3 Tổng quan về modul SEEP/W

Modul SEEP/W dùng cho phân tích thấm sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích các bài toán thấm và tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng từ sự thay đổi các điều kiện ứng suất.

Thấm là hiện tượng chất lỏng chuyển động trong môi trường đất thông qua lỗ rỗng hoặc kẽ nứt. Cơ sở để thiết lập các công thức tính thấm là mối quan hệ giữa áp lực nước lỗ rỗng và hàm lượng nước trong đất. Thông thường định luật Darcy được dùng để mô tả sự chuyển động của dòng thấm:

$$v = k \times j$$

trong đó:  $v$ : Lưu tốc thấm (L/T);

$J$ : Gradient thấm (độ dốc thủy lực);

$k$ : Hệ số thấm của môi trường tính (L/T).

Lưu lượng thấm được tính theo công thức:

$$q = v \times \omega$$

Trong đó:  $q$ : Lưu lượng thấm (L<sup>3</sup>/T);

$\omega$ : Diện tích mặt cắt ngang của dòng thấm (L<sup>2</sup>).

Phương trình vi phân thấm 2 chiều tổng quát:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + Q = \frac{\partial \theta}{\partial t}$$

trong đó: H: Cột nước thấm tổng;  
 $k_x$ : Hệ số thấm theo phương ngang;  
 $k_y$ : Hệ số thấm theo phương đứng;  
 Q: Lưu lượng phụ thêm (Lưu lượng biên tác dụng);  
 $\theta$ : Hàm số độ ẩm thể tích;  
 t: Thời gian.

Ở trạng thái ổn định:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + Q = 0$$

Khi biểu diễn hàm số độ ẩm thể tích thông qua áp lực nước lỗ rỗng và cột nước tổng, phương trình vi phân thấm 2 chiều có thể viết lại như sau:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + Q = m_w \gamma_w \frac{\partial (H - y)}{\partial t}$$

Vì chiều cao là hằng số, đạo hàm của y theo thời gian t mất đi, phương trình vi phân được rút gọn như sau:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) + Q = m_w \gamma_w \frac{\partial H}{\partial t}$$

#### 1.2.4 Tổng quan về modul QUAKE/W

QUAKE/W là modul dùng phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích, tính toán địa kỹ thuật dưới tác dụng của động đất hoặc các tải trọng động.

Những ứng xử của các công trình địa kỹ thuật dưới tác dụng của động đất hoặc tải trọng động là rất phức tạp, chẳng hạn:

- Ảnh hưởng đến sự ổn định do lực quán tính, áp lực nước lỗ rỗng tăng thêm, và sức kháng của đất khi chịu tải trọng động.
- Sự phân phối lại áp lực nước lỗ rỗng tăng thêm và làm mềm hoá biến dạng của đất sau khi tải trọng động ngừng tác dụng.

Sự xuất hiện của lực quán tính khi chịu tác dụng của tải trọng động làm ứng suất của đất bị dao động. Cụ thể tại mặt trượt, lực gây trượt của đất bị giảm đi hoặc tăng lên trong quá trình bị tác động của lực quán tính. Có thể tại một thời điểm nào đó, lực gây trượt vượt quá sức kháng và làm mất ổn định tạm thời. Lúc này, hệ số an toàn nhỏ hơn 1.0 thì sẽ gây ra những dịch chuyển của khối đất bị trượt. Nếu khối đất bị trượt nhiều lần như vậy có thể gây ra sự dịch chuyển vĩnh viễn của khối đất.

Phương trình dao động dưới tác dụng của tải trọng động:

$$[M] \ddot{\{a\}} + [D] \dot{\{a\}} + [K] \{a\} = \{F\}$$

trong đó: [M]: Ma trận khối lượng,  
 [D]: Ma trận cản,  
 [K]: Ma trận độ cứng,  
 {F}: Véc tơ tải trọng,  
 $\ddot{a}$ : Véc tơ gia tốc tại nút,  
 $\dot{a}$ : Véc tơ vận tốc tại nút,  
 {a}: Véc tơ chuyển vị tại nút.

### 1.2.5 Tổng quan về modul SIGMA/W

SIGMA/W là modul sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để giải quyết tất cả các bài toán địa kỹ thuật từ đơn giản đến phức tạp về biến dạng-ứng suất vật rời theo các trạng thái: đàn hồi, đàn hồi-dẻo, dẻo.

SIGMA/W có thể phân tích được các bài toán biến dạng phẳng, đối xứng trục theo lý thuyết chuyển vị, biến dạng nhỏ về nền móng, khối đắp, hố móng, tunen, tính toán áp lực lỗ rỗng tăng thêm khi chất tải và quá trình tiêu tan của nó, kể cả trường hợp quan hệ giữa ứng suất và biến dạng là tuyến tính hoặc phi tuyến.

SIGMA/W áp dụng cho phân tích và thiết kế của các ngành địa kỹ thuật và các dự án công trình khai mỏ.

SIGMA/W tích hợp với SEEP/W để giải bài toán cổ kết thấm, do đó có thể mô hình hoá sự tiêu tan áp lực nước lỗ rỗng theo thời gian trong quá trình đắp đất.

SIGMA/W tích hợp với SLOPE/W để đánh giá ổn định tổng thể và cục bộ của mái dốc, có thể phân tích ổn định của mái đất trong quá trình thi công, do đó có thể áp dụng nó vào việc tính toán - thiết kế các công trình xây dựng, Địa kỹ thuật và khai thác mỏ có liên quan...

Phương trình cân bằng phần tử hữu hạn theo thời gian được sử dụng trong modul SIGMA/W như sau:

$$\int_v [B]^T [C] [B] dv \{a\} = b \int_v \langle N \rangle^T dv + p \int_A \langle N \rangle^T dA + \{F_n\}$$

trong đó: [B]: Ma trận chuyển vị-biến dạng,  
 [C]: Ma trận cơ bản,  
 {a}: Véc tơ cột chuyển vị nút gia tăng theo phương x và y,  
 $\langle N \rangle$ : Véc tơ hàng của hàm dạng,  
 A: Diện tích theo đường biên của phần tử,  
 v: Thể tích phần tử,

b: Cường độ lực đơn vị,

p: Áp lực bề mặt gia tăng,

$\{F_n\}$ : Tải trọng tập trung tại nút gia tăng

## PHẦN 2: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 2.1 Tổng hợp phân tích, xử lý tài liệu đầu vào cho mô hình

#### 2.1.1 Tổng hợp phân tích, xử lý tài liệu đầu vào cho mô hình

Dự án thuộc khu vực khu du lịch Bàu Trắng, xã Hòa Thắng, huyện Bắc Bình, tỉnh Bình Thuận. Xã Hòa Thắng, một xã ven biển ở phía nam huyện Bắc Bình, tỉnh Bình Thuận; phía đông và phía nam giáp Biển Đông, phía tây nam giáp xã Hồng Phong; phía bắc giáp các xã Bình Tân, Hồng Thái, thị trấn Chợ Lầu và thị trấn Lương Sơn.

Tọa độ:  $\varphi = 10^{\circ}00'50'' - 11^{\circ}09'30''$  vĩ độ bắc,

$\lambda = 108^{\circ}16'55'' - 108^{\circ}31'12''$  kinh độ đông.

Khu du lịch Bàu Trắng chính thức được đưa vào quản lý và phát triển du lịch từ đầu năm 2012 với tổng diện tích 45 ha, trong đó có 23,2 ha do Ban Quản lý rừng phòng hộ Lê Hồng Phong quản lý và diện tích còn lại (2,8 ha đất, 19 ha mặt nước) do UBND xã Hòa Thắng quản lý.

Thời gian qua, lượng khách tìm đến điểm du lịch Bàu Trắng tiếp tục tăng lên qua từng năm. Năm 2016, Bắc Bình đã thu hút 145.000 lượt khách; năm 2017 là 165.000 lượt khách; năm 2018 là 185.000 lượt khách; đến năm 2019 là 183.000 lượt khách. Đặc biệt trong bối cảnh đại dịch Covid-19, năm 2020 vẫn có khoảng 83.000 lượt khách đến với Bàu Trắng và 9 tháng năm 2021 là 87.036 lượt khách. Năm 2020 chỉ thu hút được khoảng 100.000 lượt khách. Theo báo cáo của huyện Bắc Bình, 6 tháng của năm 2022, lượng khách du lịch đến tham quan, nghỉ dưỡng đã tăng lên, trong đó khách đi theo đoàn tour đang tăng trở lại, chủ yếu là khách gia đình, khách nội địa, nội tỉnh. Tổng lượt khách trong 6 tháng đầu năm 2022 đến Bàu Trắng khoảng 64.900 lượt khách (tăng khoảng 35,7 % so cùng kỳ năm 2021). Lượng khách tăng, khiến doanh thu cũng tăng, trong đó dịch vụ xe địa hình chiếm khoảng 80-90% trên tổng doanh thu, dịch vụ ăn uống và các dịch vụ khác chiếm 10-20% doanh thu. Lượng khách thu hút này đã tạo ra những nguồn thu không nhỏ cho ngân sách địa phương cũng như thu nhập cho người dân, doanh nghiệp tham gia cung cấp các sản phẩm trong chuỗi du lịch tại địa phương.

#### **Đặc điểm địa hình**

Khu vực nghiên cứu có kiểu địa hình đồng bằng thấp phân bố hạn chế dọc thung lũng của Bàu Trắng, có độ cao tuyệt đối dưới 70 m, nghiêng thoải về phía nam.

#### **Đặc điểm thủy văn**

Mạng lưới thủy văn vùng nghiên cứu kém phát triển, ngoài hệ thống Bàu Trắng gồm Bàu Ông và Bàu Bà, còn lại mạng lưới thủy văn của vùng chỉ là các suối có chiều dài ngắn và đáy cạn, lưu vực nhỏ. Chúng xuất phát từ các đỉnh đồi cao phía trên và chỉ có

tính chất là các dòng chảy tạm thời vào mùa mưa lũ. Các nhánh suối này phần lớn có hướng chảy tập trung về phía thung lũng của Bàu Trắng và hướng ra biển.

### ***Đặc điểm khí hậu***

Khu vực nghiên cứu có khí hậu khắc nghiệt nhất của tỉnh Bình Thuận.

- *Nhiệt độ*: Nhiệt độ trung bình trong năm xấp xỉ 27°C, tổng nhiệt trong năm khoảng 9.860°C, cao nhất từ tháng 5 đến tháng 7 (864 - 868°C), thấp nhất từ tháng 1 đến tháng 2 (733 - 759°C).

- *Độ ẩm*: trung bình năm khoảng 72 - 86%, cao nhất từ tháng 9 - 11.

- *Mưa*: Lượng mưa rất thấp, chỉ đạt trung bình năm khoảng 700 - 800 mm, trong những năm gần đây chỉ khoảng từ 400 - 500 mm. Mùa mưa thường bắt đầu vào giữa tháng 6 và kéo dài đến hết tháng 11 hàng năm và chiếm khoảng 85% lượng mưa. Mùa khô trùng với gió mùa (gió mùa đông bắc), bắt đầu từ tháng 12 đến cuối tháng 5 năm sau. Lượng mưa năm phân phối không đồng đều cho 2 vụ. Lượng mưa tập trung nhiều nhất vào nửa cuối mùa hạ (vụ hè thu), chiếm khoảng 75 - 90% lượng mưa năm. Các tháng 1, 2, 3, 4 lượng mưa rất ít, nhiều năm các tháng này không có mưa.

- *Gió*: Có hai loại gió chủ yếu khu vực nghiên cứu: Gió mùa đông bắc hoạt động từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Hướng gió chủ yếu thịnh hành nhiều nơi là đông bắc và đông, vận tốc gió trung bình 4,7 m/s. Gió mùa tây nam từ tháng 5 - 10 với hướng thịnh hành là tây và tây nam, vận tốc gió trung bình 2,4 m/s.

### ***Đặc điểm trầm tích Đệ tứ***

Trong phạm vi thặng cảnh Bàu Trắng, lộ ra các trầm tích có tuổi từ Pleistocen đến Holocen.

Hệ thống hồ Bàu Trắng thuộc trầm tích Holocen đầm lầy - hồ , giữa - muộn ( $blQ_2^{2-3}$ ); thành phần thạch học gồm bùn sét, bột sét màu xám nâu đến xám đen, xen các lớp than bùn. Xung quanh là các trầm tích:

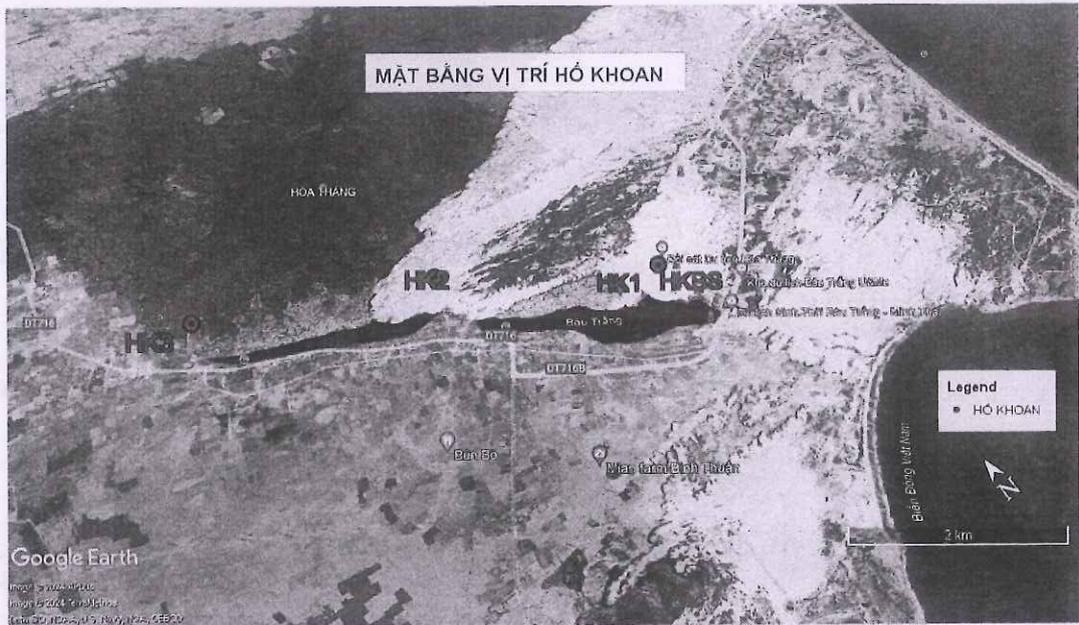
- *Trầm tích Pleistocen biển - đầm lầy, giữa - muộn, hệ tầng Phan Thiết ( $bmQ_1^{2-3}pt$ )*: cát, cát lẫn bột sét màu xám trắng, nâu đỏ, dính kết trung bình, bao gồm khu vực đồi Trinh Nữ.

- *Trầm tích Pleistocen biển, muộn ( $mQ_1^{3-2}$ )*: các thạch anh màu trắng, xám trắng; cát thạch anh lẫn bột - sét màu xám.

- *Trầm tích Holocen gió, giữa - muộn ( $vQ_2^{2-3}$ ) và muộn ( $vQ_2^3$ )*: cát thạch anh hạt vừa - nhỏ màu xám trắng.

### ***Khảo sát địa chất***

Ba hố khoan và một hố khoan bổ sung được thực hiện với vị trí như hình bên dưới và tọa độ chính xác như bảng bên dưới.



Hình 2: Vị trí khu vực khảo sát

Cao tọa độ của các điểm khảo sát được xác định bởi tổ địa hình tại công trường. Tọa độ theo hệ VN2000 được thống kê trong Bảng 2 bên dưới.

Bảng 2: Tọa độ và cao độ các hố khoan khảo sát

Stt	Hố khoan	(VN2000, múi chiếu 3°)		Cao độ (m)
		X (m)	Y (m)	
1	HK1	491794.15	1223570.72	+ 36.5973
2	HK2	489601.13	1224968.37	+ 51.8137
3	HK3	487091.88	1225952.11	+ 40.5131
4	HKBS	491812.29	1223589.18	+ 37.3902

**Lớp 1 (SP, SP-SC, SP-SM):** Cát cấp phối kém, đôi chỗ lẫn sét, lẫn bụi, màu xám trắng, xám vàng, kết cấu xốp. Lớp đất này bắt gặp tại cả ba hố khoan. Giá trị  $N_{SPT}$  từ 5 – 9 búa. Bề dày lớp từ 5.2m tại HK2 đến 9.5m tại HK1.

Giá trị các thông số vật lý của lớp 1 được trình bày trong Bảng 3 dưới đây.

Bảng 3: Các thông số vật lý của lớp 1

Các chỉ tiêu cơ lý của đất	Giá trị		
	Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất
Các thông số vật lý			
Thành phần hạt			

- Sét (%)	2	-	-
- Bụi (%)	2	-	-
- Cát (%)	96	-	-
- Sạn sỏi (%)	-	-	-
Độ ẩm tự nhiên, W (%)	18.2	13.9	20.5
Dung trọng tự nhiên			
Tiêu chuẩn, $\gamma_{W,tc}$ (T/m <sup>3</sup> )	1.99	1.94	2.08
Tính toán, $\gamma_{WII}$ (T/m <sup>3</sup> )	1.98		
- Tiêu chuẩn, $\gamma_{WItt}$ (T/m <sup>3</sup> )	1.97		
Dung trọng khô, $\gamma_c$ (T/m <sup>3</sup> )	1.69	1.62	1.82
Tỷ trọng, $\rho$	2.65	2.62	2.67
dung trọng bão hòa	2.05		
Độ lỗ rỗng, n (%)	36.2	31.1	39.1
Hệ số rỗng, $e_0$	0.571	0.451	0.642
Độ bão hòa, G (%)	84.3	74.2	93.1
<b>Các thông số biến dạng</b>			
Thí nghiệm nén lún			
$a_{1.0-2.0}$ (cm <sup>2</sup> /kg)	0.013	0.011	0.014
$E_{1.0-2.0}$ (kG/cm <sup>2</sup> )	124.326	111.59	136.89
<b>Các thông số cường độ</b>			
Lực dính Cát trực tiếp			
- Tiêu chuẩn, $C_{tc}$ (kG/cm <sup>2</sup> )	0.014	0.011	0.021
- Tính toán, $C_{IIIt}$ (kG/cm <sup>2</sup> )	-0.001		
- Tính toán, $CI_{tt2}$	-0.01		
Góc ma sát $\varphi$ cát trực tiếp			
- Tiêu chuẩn, $\varphi_{tc}$ (°)	24°56	24°13	25°39
- Tính toán, $\varphi_{IIIt}$	24°38		
- Tính toán, $\varphi_{IIt}$	24°26		

**Thấu kính TKC1 (SP):** Cát cấp phối kém, màu xám trắng, xám vàng, kết cấu chặt vừa. Thấu kính này chỉ xuất hiện tại hố khoan HK1. Giá trị  $N_{SPT}$  đạt 26 búa. Bề dày đạt 1.5m. Thấu kính TK1 có giá trị độ ẩm tự nhiên 19.8%, dung trọng 2.0T/m<sup>3</sup>, hệ số rỗng 0.583.

Bảng 4: Các thông số vật lý của lớp thấu kính 1

Các chỉ tiêu cơ lý của đất	Giá trị		
	Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất
<b>Các thông số vật lý</b>			
Thành phần hạt			
- Sét (%)	2	-	-

- Bụi (%)	2	-	-
- Cát (%)	96	-	-
- Sạn sỏi (%)	-	-	-
Độ ẩm tự nhiên, W (%)	16.2	13.9	20.5
Dung trọng tự nhiên			
Tiêu chuẩn, $\gamma_{W,tc}$ (T/m <sup>3</sup> )	1.99	1.94	2.08
Tính toán, $\gamma_{WII}$ (T/m <sup>3</sup> )			
- Tiêu chuẩn, $\gamma_{WIII}$ (T/m <sup>3</sup> )			
Dung trọng khô, $\gamma_c$ (T/m <sup>3</sup> )	1.71	1.62	1.82
Tỷ trọng, $\rho$	2.63	2.62	2.67
dung trọng bão hòa	2.06		
Độ lỗ rỗng, n (%)	35	31.1	39.1
Hệ số rỗng, $e_0$	0.538	0.451	0.642
Độ bão hòa, G (%)	79.2	74.2	93.1
<b>Các thông số biến dạng</b>			
Thí nghiệm nén lún			
a <sub>1.0-2.0</sub> (cm <sup>2</sup> /kg)	0.01	0.011	0.014
E <sub>1.0-2.0</sub> (kG/cm <sup>2</sup> )	145.353	111.59	136.89
<b>Các thông số cường độ</b>			
Lực dính Cát trực tiếp			
- Tiêu chuẩn, $C_{tc}$ (kG/cm <sup>2</sup> )	0.016	0.011	0.021
- Tính toán, $C_{III}$ (kG/cm <sup>2</sup> )			
- Tính toán, $C_{I,tt}$			
Góc ma sát $\varphi$ cát trực tiếp			
- Tiêu chuẩn, $\varphi_{tc}$ (°)	26°23	24°13	25°39
- Tính toán, $\varphi_{II}$			
- Tính toán, $\varphi_{I}$			

**Lớp 2 (SP, SP-SM):** Cát cấp phối kém, đôi chỗ lẫn bụi, màu xám trắng, xám vàng, kết cấu chặt vừa đến chặt. Lớp đất này bắt gặp tại cả ba hố khoan. Giá trị  $N_{SPT}$  từ 13 – 37 búa. Bề dày lớp từ 7.2m tại HK1 đến 11.8m tại HK2.

Giá trị các thông số vật lý của lớp 2 được trình bày trong Bảng 4 dưới đây.

*Bảng 5: Các thông số vật lý của lớp 2*

Các chỉ tiêu cơ lý của đất	Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất
<b>Các thông số vật lý</b>			
Thành phần hạt			
- Sét (%)	0	-	-

- Bụi (%)	1	-	-
- Cát (%)	99	-	-
- Sạn sỏi (%)	-	-	-
Độ ẩm tự nhiên, W (%)	18.3	16	20.6
Dung trọng tự nhiên			
Tiêu chuẩn, $\gamma_{W,tc}$ (T/m <sup>3</sup> )	2.03	1.93	2.09
Tính toán, $\gamma_{WII}$ (T/m <sup>3</sup> )	2.02		
- Tiêu chuẩn, $\gamma_{WIII}$ (T/m <sup>3</sup> )	2.01		
Dung trọng khô, $\gamma_c$ (T/m <sup>3</sup> )	1.72	1.6	1.79
Tỷ trọng, $\rho$	2.65	2.63	2.69
dung trọng bão hòa	2.07		
Độ lỗ rỗng, n (%)	35.2	32.3	39.4
Hệ số rỗng, $e_0$	0.545	0.478	0.65
Độ bão hòa, G (%)	89.1	75.3	94.2
<b>Các thông số biến dạng</b>			
Thí nghiệm nén lún			
a <sub>1.0-2.0</sub> (cm <sup>2</sup> /kg)	0.01	0.009	0.013
E <sub>1.0-2.0</sub> (kG/cm <sup>2</sup> )	151.094	124.1	173.895
<b>Các thông số cường độ</b>			
Lực dính Cát trực tiếp			
- Tiêu chuẩn, C <sub>tc</sub> (kG/cm <sup>2</sup> )	0.011	0.004	0.018
- Tính toán, C <sub>III</sub> (kG/cm <sup>2</sup> )	0.000		
- Tính toán, C <sub>I,tt 2</sub>	-0.007		
Góc ma sát $\varphi$ cát trực tiếp			
- Tiêu chuẩn, $\varphi_{tc}$ (°)	26°46	25°36	27°27
- Tính toán, $\varphi_{III}$	26°31		
- Tính toán, $\varphi_{I}$	26°22		

**Thấu kính TKC2 (SP):** Cát cấp phối kém, đôi chỗ lẫn bụi, màu xám đen, kết cấu chặt. Thấu kính này chỉ xuất hiện tại hố khoan HK1. Giá trị  $N_{SPT}$  đạt 31 búa. Bề dày đạt 0.8m. Thấu kính TK1 có giá trị độ ẩm tự nhiên 19.8%, dung trọng 2.0T/m<sup>3</sup>, hệ số rỗng 0.583.

Bảng 6: Các thông số vật lý của lớp thấu kính 2

Các chỉ tiêu cơ lý của đất	Giá trị		
	Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất
<b>Các thông số vật lý</b>			
Thành phần hạt			
- Sét (%)	2	-	-
- Bụi (%)	2	-	-

- Cát (%)	96	-	-
- Sạn sỏi (%)	-	-	-
Độ ẩm tự nhiên, W (%)	18.7		
Dung trọng tự nhiên			
Tiêu chuẩn, $\gamma_{W,tc}$ (T/m <sup>3</sup> )	2		
Tính toán, $\gamma_{WII}$ (T/m <sup>3</sup> )			
- Tiêu chuẩn, $\gamma_{WIII}$ (T/m <sup>3</sup> )			
Dung trọng khô, $\gamma_c$ (T/m <sup>3</sup> )	1.68		
Tỷ trọng, $\rho$	2.63		
dung trọng bão hòa	2.04		
Độ lỗ rỗng, n (%)	36.1		
Hệ số rỗng, $e_0$	0.565		
Độ bão hòa, G (%)	87		
<b>Các thông số biến dạng</b>			
Thí nghiệm nén lún			
a <sub>1.0-2.0</sub> (cm <sup>2</sup> /kg)	0.009		
E <sub>1.0-2.0</sub> (kG/cm <sup>2</sup> )	166.642		
<b>Các thông số cường độ</b>			
Lực dính C <sub>cát trực tiếp</sub>			
- Tiêu chuẩn, C <sub>tc</sub> (kG/cm <sup>2</sup> )	0.018		
- Tính toán, C <sub>III</sub> (kG/cm <sup>2</sup> )			
- Tính toán, C <sub>I,tt</sub> 2			
Góc ma sát $\varphi$ cát trực tiếp			
- Tiêu chuẩn, $\varphi_{tc}$ (°)	26°45		
- Tính toán, $\varphi_{III}$			
- Tính toán, $\varphi_{I}$			

**Lớp 3 (SP, SP-SM, SP-SC):** Cát cấp phối kém, cát cấp phối kém lẫn bụi, cát cấp phối kém lẫn sét, màu xám trắng, xám vàng, kết cấu rất chặt. Lớp đất này bắt gặp tại cả ba hố khoan. Giá trị N<sub>SPT</sub> lớn hơn 50 búa. Bề dày lớp chưa xác định vì kết thúc hố khoan tại độ sâu 30.0m.

Giá trị các thông số vật lý của lớp 3 được trình bày trong Bảng 5 dưới đây.

*Bảng 7: Các thông số vật lý của lớp 3*

Các chỉ tiêu cơ lý của đất	Giá trị		
	Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất
<b>Các thông số vật lý</b>			
Thành phần hạt			
- Sét (%)	2	-	-
- Bụi (%)	2	-	-
- Cát (%)	96	-	-

- Sạn sỏi (%)	-	-	-
Độ ẩm tự nhiên, W (%)	17.5	15	20.9
Dung trọng tự nhiên			
Tiêu chuẩn, $\gamma_{W,tc}$ (T/m <sup>3</sup> )	2.05	1.96	2.14
Tính toán, $\gamma_{WII}$ (T/m <sup>3</sup> )	2.03		
- Tiêu chuẩn, $\gamma_{WItt}$ (T/m <sup>3</sup> )	2.03		
Dung trọng khô, $\gamma_c$ (T/m <sup>3</sup> )	1.74	1.64	1.83
Tỷ trọng, $\rho$	2.66	2.63	2.69
dung trọng bão hòa	2.08		
Độ lỗ rỗng, n (%)	34.6	31.2	38.6
Hệ số rỗng, eo	0.53	0.454	0.628
Độ bão hòa, G (%)	88.1	75.2	98.3
<b>Các thông số biến dạng</b>			
Thí nghiệm nén lún			
a1.0-2.0 (cm <sup>2</sup> /kg)	0.009	0.007	0.01
E1.0-2.0 (kG/cm <sup>2</sup> )	174.408	151.525	196.206
<b>Các thông số cường độ</b>			
Lực dính Cắt trực tiếp			
- Tiêu chuẩn, C <sub>tc</sub> (kG/cm <sup>2</sup> )	0.012	0.005	0.019
- Tính toán, C <sub>II<sup>tt</sup></sub> (kG/cm <sup>2</sup> )	-0.004		
- Tính toán, C <sub>I,tt 2</sub>	-0.013		
Góc ma sát $\phi$ cắt trực tiếp			
- Tiêu chuẩn, $\phi_{tc}$ (o)	28°56	27°07	30°20
- Tính toán, $\phi_{II^{tt}}$	28°37		
- Tính toán, $\phi_{I^{tt}}$	28°26		

### Kết Quả Thí Nghiệm Thấm

Thí nghiệm thấm đầu nước không đổi được thực hiện trên 6 mẫu nhằm xác định hệ số thấm của các lớp đất tại khu vực Dự án.

Kết quả thấm được thể hiện trong bảng dưới đây.

Bảng 8: Kết quả thí nghiệm thấm đầu nước không đổi

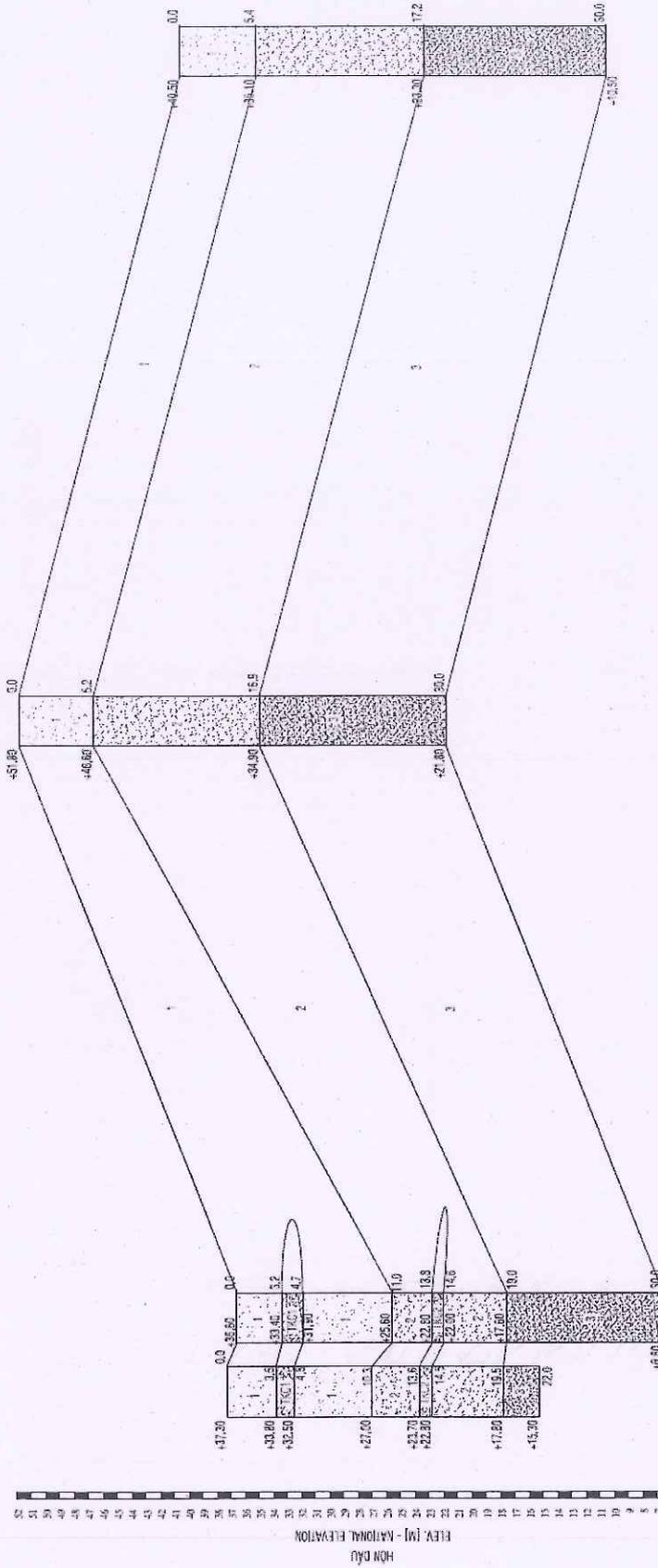
Số hiệu hố khoan	Số hiệu mẫu	Độ sâu mẫu (m)	Kết cấu mẫu	Khối lượng thể tích $\gamma_w$ (g/cm <sup>3</sup> )	Loại đất	Hệ số thấm bình quân $K_{th,tb}$ (cm/s)	Tỷ số hệ số thấm đứng và ngang
HK1	HK1-4 (Thấm đứng)	7.5-8.0	UD	1.94	Cát cấp phối kém	1.24E-03	0.49
HK1	HK1-4 (Thấm ngang)	7.5-8.0	UD	1.94	Cát cấp phối kém	2.52E-03	
HK1	HK1-7 (Thấm đứng)	13.5-14.0	UD	1.99	Cát cấp phối kém	1.35E-05	0.38

HK1	HK1-7 (Thấm ngang)	13.5-14.0	UD	1.99	Cát cấp phối kém	3.52E-05	
HK1	HK1-13 (Thấm đứng)	25.5-26.0	UD	2.03	Cát cấp phối kém	3.69E-04	0.47
HK1	HK1-13 (Thấm ngang)	25.5-26.0	UD	2.03	Cát cấp phối kém	7.93E-04	

Căn cứ vào kết quả thấm có thể đánh giá như sau:

- Lớp 1 (SP): có tính thấm đứng và thấm ngang mạnh
- Thấu kính C2 (SP): có tính thấm đứng và thấm ngang mạnh
- Lớp 3 (SP): có tính thấm đứng mạnh và thấm ngang rất mạnh

**MẶT CẮT ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH**  
 Tỷ lệ đứng - Vertical scale: 1/350  
 Tỷ lệ ngang - Horizontal scale: 1/20000



Borehole Hố khoan	HK1	HK2	HK3
Top elevation, m Cao độ, m	+37.30	+51.80	+40.50
Distance, m Khoảng cách, m	25.8	2600.5	2695.2

Hình 3: Mặt cắt địa chất công trình

## Điều Kiện Nước Ngầm

Mức nước ngầm đo được vào cuối tháng 5 năm 2024 từ 0.87m đến 6.1m dưới mặt đất hiện hữu. Mức nước ngầm trong các hố khoan được tiến hành đo sau 24 giờ đồng hồ kể từ khi kết thúc hố khoan. Kết quả được trình bày trong bảng dưới.

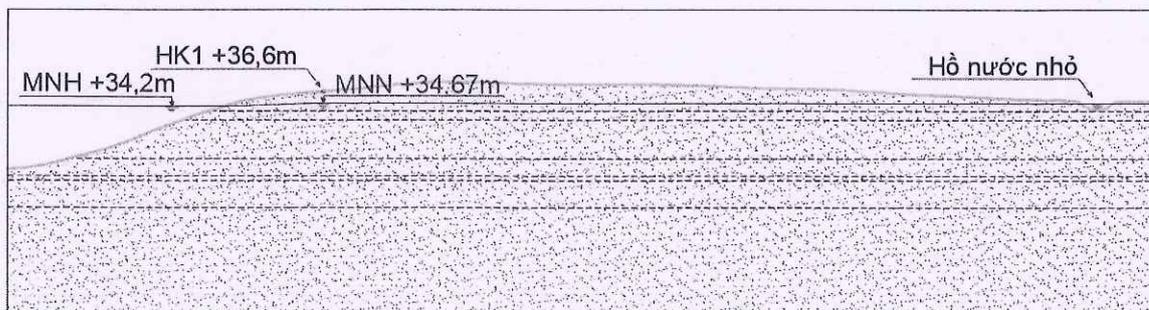
Bảng 9: Kết quả đo mực nước ngầm trong các hố khoan

Hố khoan	Mức nước ngầm (m)	Cao độ mặt đất hiện hữu	Ngày đo
HK1	1.93	+ 36.6	31/5/2024
HK2	6.10	+ 51.8	29/5/2024
HK3	0.87	+ 40.5	28/5/2024

## Cao trình mực nước hồ

### Hồ Bàu Bà

- Mực nước hồ đo đạc được vào tháng 05/2024 là 34,2m.
- Khí hậu tại Bình Thuận phân hoá thành 2 mùa rõ rệt là mùa mưa (từ đầu tháng 5 đến tháng 10) và mùa khô ( từ đầu tháng 11 đến tháng 4).
- Theo số liệu được cung cấp thì mực nước hồ chênh nhau khoảng gần 1m giữa mực nước lớn nhất và mực nước thấp nhất. Tuy nhiên chưa có số liệu cụ thể về mực nước đo được vào thời điểm sạt lở.
- Để xem xét ảnh hưởng của mực nước hồ đến ổn định cung trượt, các kịch bản về mực nước hồ được đưa ra.
- Mực nước thay đổi theo kịch bản mùa mưa và mùa khô với giả thiết mực nước thay đổi lên xuống quanh cao trình 34,2m đo được, gồm: +32m; +33m, +34,2m; và +36m.



Hình 4: Cao trình mực nước hồ, mực nước ngầm và hố khoan HK1 tại tuyến L4 Hồ Bàu Ông

- Mực nước hồ đo đạc được tại hồ Bàu Ông là 38,6m vào tháng 05/2024.

- Diễn biến mực nước hồ tại hồ Bàu Ông vào năm 2023 không có tài liệu.
- Kích bản mực nước hồ đưa ra để phân tích ổn định với các mặt cắt tại hồ Bàu Ông là +36m; +38,6m; +40m.

### Hoạt tải do xe và người

Hoạt tải được xác định từ trọng lượng của xe và trọng lượng người thăm quan quy đổi ra theo TCVN 2737-2023. Trong khu du lịch, xe bán tải có trọng lượng 2,0-2,5 tấn và các loại xe địa hình có kích thước nhỏ hơn được phép hoạt động. Vị trí xe và người tham quan có thể đến là cách bờ hồ khoảng 3m.

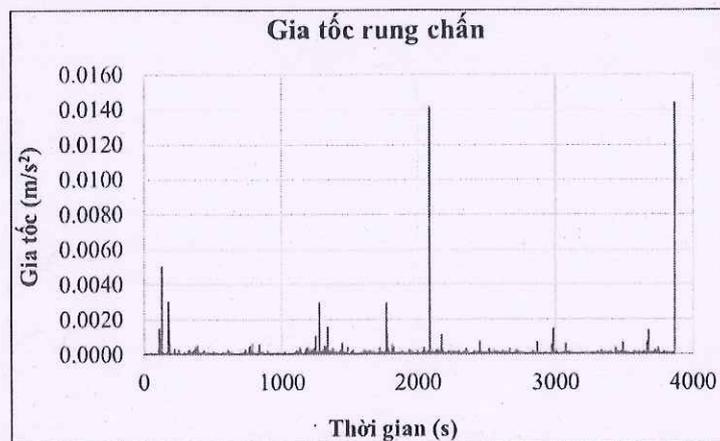
Bảng 10: Giá trị hoạt tải quy đổi

Loại tải trọng	Giá trị q (kN/m <sup>2</sup> )
Người	≥ 4,0
Xe có trọng lượng không lớn hơn 30kN	≥ 5,0
<b>Tổ hợp</b>	<b>≥ 9,0</b>

Vậy trong tính toán lấy giá trị tính toán là  $q=10\text{kN/m}^2$ , có độ dư 10% so với giá trị tối thiểu kể trên. Trong tính toán sẽ giả định có đoàn xe đậu ngay sát bờ hồ kéo dài từ phạm vi cách bờ hồ 3m đến 9m. Để xét đến trường hợp bất lợi nhất cho tuyến có độ ổn định thấp, hệ số 2,0 sẽ được bổ sung thêm trong trường hợp có nhiều đoàn xe và người tham quan đến sát bờ hồ.

### Rung chấn do xe chạy

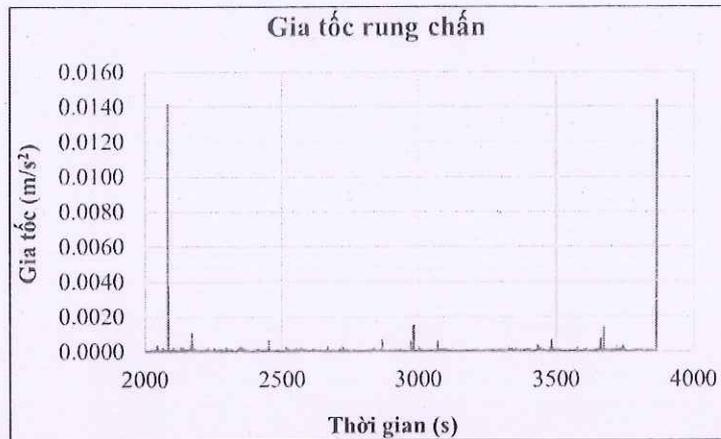
Theo kết quả khảo sát thì rung chấn có gia tốc lớn nhất là  $14,4\text{m/s}^2$ , tương ứng với 0,00147g đo được vào ngày 25/02/2024 như được thể hiện ở hình dưới.



Hình 5: Gia tốc rung chấn đo được vào ngày 25/02/2024

Trong phần tính toán ổn định cung trượt tròn sẽ xét đến hệ số rung động theo phương pháp giả tĩnh với gia tốc lớn nhất đo được vào ngày 25/02/2024 như ở trên. Tương tự hoạt tải, hệ số 2,0 được sử dụng để phân tích ổn định cung trượt tròn cho mặt

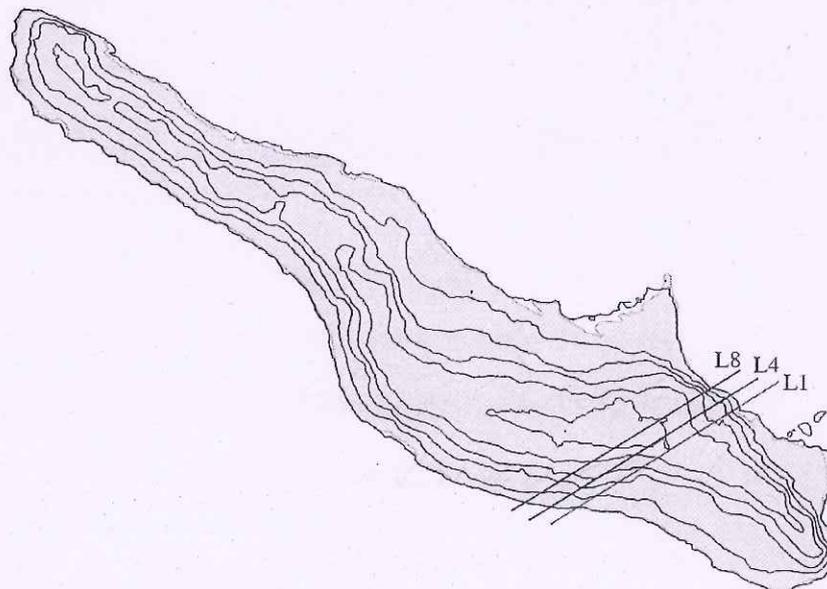
cắt có độ ổn định thấp. Ngoài ra, trong phần phân tích động, để tiết kiệm thời gian tính toán, phần sau của gia tốc tính toán sẽ được lấy để chạy mô hình động, do giá trị gia tốc lớn nhất đo được từ giây thứ 2000.



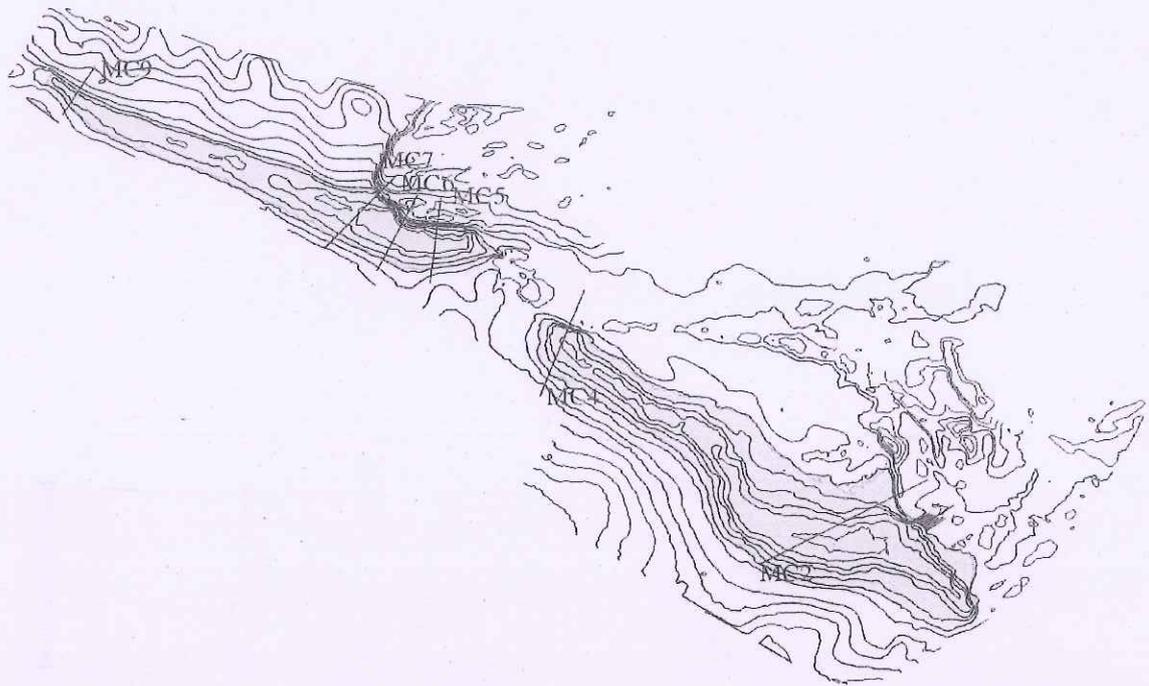
Hình 6: Gia tốc rung chấn được lấy để tính toán

### 2.1.2 Vị trí tính toán

Các mặt cắt tính toán gồm: 4 mặt cắt thuộc phạm vi Bàu Ông (MC5, MC6, MC7, và MC9) và 5 mặt cắt thuộc phạm vi Bàu Bà (Tuyến L1, Tuyến L4, Tuyến L8, MC2, và MC4). Trong 4 mặt cắt thuộc phạm vi Bàu Bà, thì tuyến L4 là tuyến cắt qua chính giữa vùng bị sạt lở, tuyến L8 là tuyến cắt qua ngay cạnh vùng sạt lở (Hình 7, 8).



Hình 7: Vị trí tuyến L1, L4 và L8 thuộc phạm vi sạt lở tại Bàu Bà



Hình 8: Các mặt cắt thuộc phạm vi Bàu Ông và Bàu Bà ngoài phạm vi sạt lở

### 2.1.3 Nội dung tính toán

Chín mặt cắt được tính toán phân tích thông qua các module trong phần mềm Geostudio với các kịch bản thay đổi mực nước hồ, xét đến rung chấn và hoạt tải như bảng dưới. Các tuyến L1, L4, và L8 là các tuyến mặt cắt điển hình đi ngang qua khu vực bị sạt lở nên được chọn để tính toán thêm phần tải trọng xe và người tham quan ra sạt hồ.

Bảng 11: Các mặt cắt tính toán và nội dung tính toán

STT	Mặt cắt	SLOPE /W	SIGMA /W	SEEP /W	QUAKE /W	Thay đổi mực nước	Rung chấn	Hoạt tải
1	L4	x	x	x	x	x	x	x
2	L8	x	x	x	x	x	x	x
3	L1	x	x	x	x	x	x	x
4	MC2	x	x	x	x	x	x	-
5	MC4	x	x	x	x	x	x	-
6	MC5	x	x	x	x	x	x	-
7	MC6	x	x	x	x	x	x	-
8	MC7	x	x	x	x	x	x	-
9	MC9	x	x	x	x	x	x	-

## 2.2 Kết quả nghiên cứu

### 2.2.1 Mặt cắt tuyến L4

Đây là tuyến mặt cắt đi qua giữa khu vực sạt lở.

#### 2.2.1.1 Phân tích cung trượt

Mặt cắt tuyến L4 đi qua giữa vùng sạt lở và kéo dài qua hồ nhỏ phía ngoài Bàu Bà. Ba kịch bản về mực nước ngầm được xét đến, rung chấn do xe địa hình chạy cũng được xét đến với gia tốc lớn nhất được thể hiện ở mực trước.

Tổng quan thì hệ số an toàn trượt cho mặt cắt sau khi sạt lở này khá lớn. Hiện tại cho thấy mức độ an toàn về trượt tương đối cao. Tuy nhiên vị trí này có lịch sử thường xảy ra sạt lở, chân đồi có thể được bồi đắp do gió theo thời gian nên đất cát có kết kém. Có khả năng sạt lở vào đầu mùa mưa. Do đó cần có biện pháp bảo vệ chân đồi cát để đề phòng sạt lở xảy ra.

Bảng 9 cho thấy rằng rung chấn với gia tốc khảo sát được ở mực trên có ảnh hưởng rất nhỏ đến ổn định mái dốc của đồi cát với sai khác tương đối khá nhỏ (<5%) so với trường hợp không xét đến rung chấn.

Qua bảng kết quả bên dưới có thể thấy cao trình mực nước hồ giả định có ảnh hưởng lớn đến ổn định mái dốc. Khi mực nước hồ càng thấp thì hệ số an toàn trượt càng nhỏ. Kết quả phân tích cung trượt ứng với các mực nước thay đổi được thể hiện cụ thể tại Phụ lục A.

Bảng 12: Hệ số an toàn cho tuyến L4

STT	Mực nước	Tính thấm	Không xét hoạt tải		Xét hoạt tải	
			Không xét rung chấn	Rung chấn	Không xét rung chấn	Rung chấn
1	32,0	-	1,479	1,470	1,319	1,313
2		x	1,462	1,453	1,318	1,312
3	33,0	-	1,529	1,519	1,363	1,357
4		x	1,452	1,441	1,361	1,353
5	34,2	-	1,677	1,600	1,537	1,536
6		x	1,562	1,549	1,489	1,477
7	36,0	-	1,677	1,612	1,677	1,612
8		x	1,650	1,637	1,650	1,637

#### 2.2.1.2 Phân tích thấm

Tại khu vực hồ Bàu Bà, mực nước hồ đo được là 34,2m trong khi cao trình mực nước ngầm là 34,67m như thể hiện ở Hình 4. Ngoài ra ở phía Đông Bắc của khu vực sạt lở có hồ nhỏ luôn có nước và mực nước hồ từ thông tin được cung cấp là bằng với mực nước ngầm. Từ đo đạc radar và ảnh điện cho thấy có dòng nước ngầm nối thông

giữa hồ Bà Bà và hồ nhỏ này. Do mực nước ngầm đo được cao hơn mực nước hồ, đồng thời có hồ nhỏ ở bên cạnh, nên có hiện tượng dòng thấm chảy ngược lại phía hồ khi mực nước hồ thấp từ hình ảnh phân tích thấm. Vị trí thấm ngược lại hồ khi mực nước hồ thấp hơn mực nước ngầm trùng với vị trí của khối sạt lở. Không những thế, khi phân tích ổn định có xét đến thấm, hệ số an toàn có thể giảm đi khoảng 5% như ở bảng trên.

### 2.2.1.3 Phân tích ứng suất

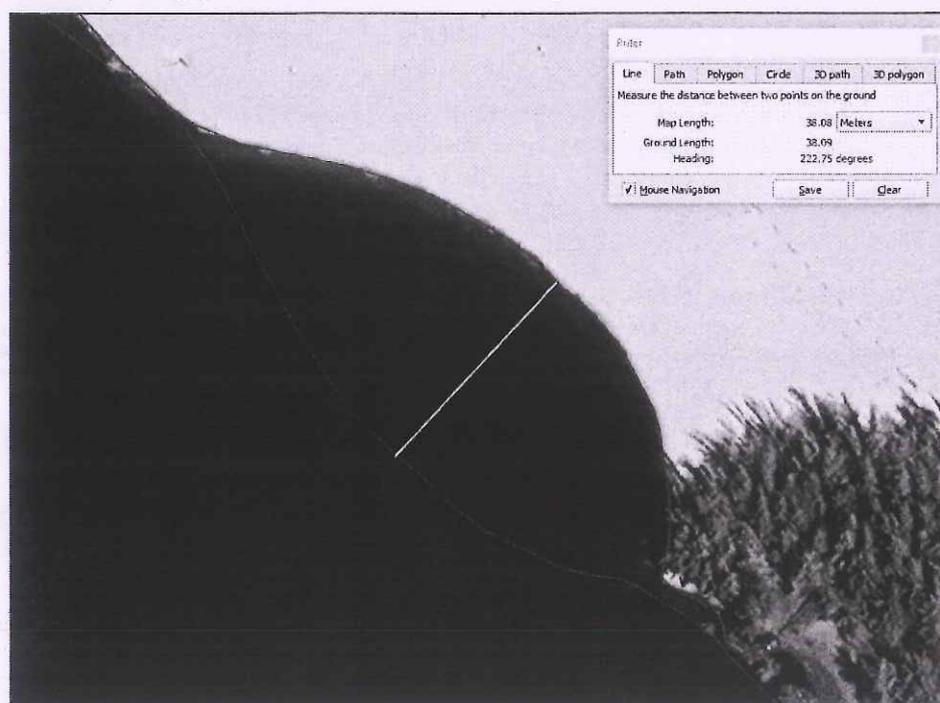
Trong phân tích ứng suất-biến dạng, hai biên đứng bị ngăn dịch chuyển theo phương ngang, còn biên ngang bị ngăn chuyển động theo hai phương đứng và ngang. Phân tích SIGMA/W được mô hình cho hai trường hợp không xét đến hoạt tải và có xét đến hoạt tải. Từ kết quả phân tích ứng suất-biến dạng cho thấy hoạt tải do người và xe tại mép hồ có ảnh hưởng khá nhỏ đến ứng suất tổng. Kết luận này được rút ra tương tự cho các mặt cắt còn lại.

### 2.2.1.4 Phân tích tải trọng động

Từ phân tích động với số liệu gia tốc khảo sát được cung cấp cho thấy tại vị trí tính toán ở khu vực sạt lở thì chuyển vị tương đối của điểm này có giá trị lớn nhất chỉ khoảng 2,5mm. Do đó có thể kết luận rằng rung chấn do xe chạy với gia tốc lớn nhất khảo sát được có ảnh hưởng rất nhỏ đến biến dạng của đồi cát.

### 2.2.1.5 Phân tích diễn biến sạt lở xảy ra vào 05/2023

Để phân tích diễn biến sạt lở vào tháng 05/2023 tại tuyến L4 này, mặt cắt lúc trước khi sạt lở được phục hồi dựa trên mặt cắt tương tự tại tuyến L8 cũng như bản đồ vệ tinh. Có thể thấy rằng phạm vi sạt lở lấn sâu vào phía bờ khoảng 40m như Hình 8.



Hình 9: Phạm vi khối sạt lở so sánh với trước khi sạt lở vào năm 2022

Gặp điều kiện bất lợi như khi mực nước hồ thấp, có rung chấn do xe chạy, hoặc do sóng làm xói mòn chân dốc thì cung trượt ban đầu xảy ra làm thay đổi độ dốc và liên kết của khối cát. Sau đó liên tiếp xảy ra các khối sạt lở theo hiệu ứng domino đến khi độ dốc tạo thành đủ để an toàn. Từ phân tích có thể thấy phạm vi sạt lở sát với thực tế và sát với địa hình đo đạc được tại tuyến này. Kết quả xem tại Phụ lục A5.

## 2.2.2 Mặt cắt tuyến L8

### 2.2.2.1 Phân tích cung trượt

Mặt cắt tuyến L8 là mặt cắt đi qua rìa vùng sạt lở và kéo dài qua hồ nhỏ bên cạnh Bàu Bà. Mặt cắt này có thể là đại diện cho mặt cắt tuyến L4 trước khi sạt lở xảy ra.

Với tuyến L8, hệ số an toàn trượt khá nhỏ và chịu sự ảnh hưởng của thay đổi mực nước hồ. Từ kết quả tính toán thì có thể thấy nếu mực nước hồ càng thấp thì nguy cơ sạt lở càng cao. Trong một số điều kiện bất lợi, chẳng hạn có sự thay đổi của mực nước ngầm xuống thấp, sự rung chấn có gia tốc khoảng  $14,4\text{mm/s}^2$  đo được, do sóng hồ làm xói chân thì nguy cơ sạt lở là rất cao. Lúc này hệ số an toàn là 1.106, khối trượt có độ sâu khoảng 4m, rộng khoảng 35m. Cung trượt kéo dài từ cao độ 36,5m xuống 20,5m.

Từ bảng kết quả bên dưới có thể thấy nếu phân tích cung trượt có xét đến thấm thì hệ số an toàn nhỏ, giá trị khoảng 1,069 và 1.062 khi không xét và có xét đến rung chấn do xe địa hình. Từ đó có thể kết luận sự chênh lệch mực nước hồ và nước ngầm phía trong ảnh hưởng đến ổn định mái dốc của đồi cát.

Các giá trị này nhỏ hơn so với hệ số an toàn thiết kế cho đê đất với cấp công trình là cấp IV, hệ số an toàn là 1,20 với tổ hợp tải trọng cơ bản hoặc 1,10 với tổ hợp tải trọng đặc biệt (động đất) theo TCVN 8216:2018 Công trình thủy lợi-Thiết kế đập đầm nén. Vậy nguy cơ sạt lở với mặt cắt tuyến L8 là rất cao.

Bảng 13: Kết quả tính toán cho tuyến L8

STT	Mực nước	Tính thấm	Không xét hoạt tải		Xét hoạt tải		Hoạt tải và rung chấn (x2)
			Không xét rung chấn	Rung chấn	Không xét rung chấn	Rung chấn	
1	32,0	-	1,113	1,106	1,096	1,089	-
2		x	1,105	1,098	1,076	1,070	1,026
3	33,0	-	1,133	1,126	1,106	1,099	-
4		x	1,146	1,139	1,114	1,107	1,068
5	34,2	-	1,176	1,168	1,155	1,142	-
6		x	1,166	1,158	1,131	1,124	1,085
7	36,0	-	1,182	1,174	1,182	1,174	-
8		x	1,184	1,176	1,184	1,176	1,168

#### 2.2.2.2 Phân tích thấm

Với mặt cắt này, phần tính toán thấm sẽ tính theo các kịch bản như được thể hiện ở bảng trên với giải thiết các mực nước hồ khác nhau. Do mực nước ngầm đo được cao hơn mực nước hồ, do đó sẽ xuất hiện dòng thấm ngược về phía hồ và phần nào gây ra mất ổn định mái dốc giống trường hợp tuyến L4. Với tuyến L8, hệ số an toàn khi phân tích SLOPE/W xét đến ảnh hưởng của thấm có thể giảm khoảng 6%.

Ngoài ra, khi xét đến trường hợp bất lợi nhất chẳng hạn rung chấn có gia tốc gấp đôi số liệu hiện đo được và hoạt tải có giá trị gấp đôi so với giá trị xác định tại mục 2.1.1 và có ảnh hưởng của dòng thấm ngược cho tuyến L8 này. Vậy gia tốc rung chấn  $28,8\text{mm/s}^2$  và hoạt tải  $20\text{ kN/m}^2$  được sử dụng để phân tích cho trường hợp này. Có thể thấy nếu mực nước hồ từ  $34,2\text{m}$  trở xuống đều cho hệ số an toàn rất nhỏ ( $< 1,10$ ) như thể hiện ở bảng trên. Giá trị này nhỏ hơn so với gia tốc rung chấn  $14,4\text{mm/s}^2$  và hoạt tải  $10\text{ kN/m}^2$  khoảng 4% khi mực nước hồ nhỏ hơn hoặc bằng  $34,2\text{m}$ . Tương tự, nếu so với tổ hợp cơ bản, thì hệ số này nhỏ hơn khoảng 7% cho mực nước hồ nhỏ hơn hoặc bằng  $34,2\text{m}$ . Với mực nước hồ là  $36\text{m}$  thì hệ số an toàn có giá trị thay đổi không đáng kể (khoảng 1%). Hệ số an toàn phân tích được trong trường hợp này nhỏ hơn giá trị thiết kế cho phép cho tổ hợp tải trọng đặc biệt như được nhắc ở trên. Vậy tuyến L8 có nguy cơ mất ổn định và có khả năng sạt lở cao.

#### 2.2.2.3 Phân tích ứng suất

Điều kiện biên trong phân tích SIGMA/W được mô hình giống trường hợp tuyến L4. Phân tích SIGMA/W được mô hình cho hai trường hợp không xét đến hoạt tải và có xét đến hoạt tải. Từ kết quả phân tích ứng suất-biến dạng cho thấy hoạt tải do người và xe tại mép hồ có ảnh hưởng khá nhỏ đến ứng suất tổng.

#### 2.2.2.4 Phân tích tải trọng động

Từ phân tích động cho thấy tại vị trí tính toán ở khu vực sạt lở thì chuyển vị tương đối của điểm này có giá trị lớn nhất chỉ khoảng  $2,5\text{mm}$ . Do đó có thể kết luận rằng rung chấn do xe chạy có ảnh hưởng rất nhỏ đến biến dạng của đôi cát tại mặt cắt tuyến L8.

### 2.2.3 Mặt cắt tuyến L1

#### 2.2.3.1 Phân tích cung trượt

Mặt cắt tuyến L1 đi qua phần phải của khu sạt lở tại khu vực hồ Bàu Bà.

Nhìn chung thì hệ số an toàn trượt cho mặt cắt sau khi sạt lở này khá lớn. Hiện tại cho thấy mức độ an toàn về trượt tương đối cao. Tuy nhiên giống như mặt cắt tuyến L4, vị trí này có lịch sử thường xảy ra sạt lở, chân đồi có thể được bồi đắp do gió theo thời gian nên đất cát cố kết kém. Có khả năng sạt lở vào đầu mùa mưa. Do đó cần có biện pháp bảo vệ chân đồi cát để đề phòng sạt lở xảy ra.

Bảng 11 cho thấy rằng rung chấn có ảnh hưởng rất nhỏ đến ổn định mái dốc của đồi cát với sai khác tương đối khá nhỏ so với trường hợp không xét đến rung chấn.

Qua bảng kết quả bên dưới có thể thấy cao trình mực nước hồ có ảnh hưởng khá lớn đến ổn định mái dốc. Khi mực nước hồ càng thấp thì hệ số an toàn trượt càng nhỏ. Kết quả phân tích cũng trượt ứng với các mực nước thay đổi được thể hiện cụ thể tại Phụ lục C.

Bảng 14: Kết quả tính toán cho tuyến L1

STT	Mực nước	Tính thấm	Không xét hoạt tải		Xét hoạt tải	
			Không xét rung chấn	Rung chấn	Không xét rung chấn	Rung chấn
1	32,0	-	1,733	1,720	1,526	1,518
2		x	1,754	1,744	1,492	1,486
3	33,0	-	1,855	1,838	1,720	1,692
4		x	1,778	1,762	1,633	1,619
5	34,2	-	1,965	1,946	1,965	1,946
6		x	1,914	1,895	1,914	1,895
7	36,0	-	1,965	1,946	1,965	1,946
8		x	1,924	1,905	1,924	1,905

#### 2.2.3.2 Phân tích thấm

Với mặt cắt tuyến L1 này, phân tích toán thấm sẽ tính theo các kịch bản như được thể hiện ở bảng trên với giải thiết các mực nước hồ khác nhau. Do mực nước ngầm đo được cao hơn mực nước hồ, do đó sẽ xuất hiện dòng thấm ngược về phía hồ và phần nào gây ra mất ổn định mái dốc giống trường hợp tuyến L4 và L8. Với tuyến L1, hệ số an toàn khi phân tích SLOPE/W xét đến ảnh hưởng của thấm có thể giảm đến 15% với mực nước hồ thấp là 32m và 33m. Với cao trình mực nước hồ từ 34,2m đến 36m thì hệ số an toàn không thay đổi do cung trượt xuất phát từ phía dưới mực nước hồ.

#### 2.2.3.3 Phân tích ứng suất

Điều kiện biên trong phân tích SIGMA/W được mô hình giống trường hợp tuyến L4 và L8. Phân tích SIGMA/W được mô hình cho hai trường hợp không xét đến hoạt tải và có xét đến hoạt tải. Từ kết quả phân tích ứng suất-biến dạng cho thấy hoạt tải do người và xe tại mép hồ có ảnh hưởng khá nhỏ đến ứng suất tổng.

#### 2.2.3.4 Phân tích tải trọng động

Từ phân tích động cho thấy tại vị trí tính toán ở khu vực sạt lở thì chuyển vị tương đối của điểm này có giá trị lớn nhất chỉ khoảng 2mm. Do đó có thể kết luận rằng rung chấn do xe chạy có ảnh hưởng rất nhỏ đến biến dạng của đồi cát tại mặt cắt tuyến L8.

## 2.2.4 Mặt cắt MC2

### 2.2.4.1 Phân tích cung trượt

Mặt cắt MC2 có hệ số an toàn trượt thấp và cung trượt xảy ra tại vị trí có địa hình cao và dốc, nằm hoàn toàn phía trên mực nước hồ. Từ kết quả phân tích cho thấy nguy cơ sạt lở tại vị trí này là rất cao. Ngoài ra cần phải khảo sát thêm về địa hình địa mạo, và địa chất khu vực này để có sự phân tích chính xác hơn. Rung chấn do xe chạy gần như không ảnh hưởng đến kết quả ổn định tại mặt cắt này.

Bảng 15. Kết quả tính toán cho MC2

STT	Mực nước	Rung chấn	FS
1	32,0	-	0,823
2		x	0,820
3	34,2	-	0,823
4		x	0,820
5	36,0	-	0,821
6		x	0,819

### 2.2.4.2 Phân tích thấm

Trong phần này, cung trượt nằm hoàn toàn phía trên mực nước hồ. Ngoài ra, không có ghi nhận về dòng chảy ngầm trong chân đồi cát của khu vực này. Do đó dòng thấm không ảnh hưởng đến sự ổn định của mái dốc. Hình ảnh phân tích thấm được thể hiện tại Phụ lục của báo cáo này.

### 2.2.4.3 Phân tích ứng suất

Tương tự các mặt cắt trên, phân tích SIGMA/W được mô hình cho hai trường hợp không xét đến hoạt tải và có xét đến hoạt tải. Từ kết quả phân tích ứng suất-biến dạng cho thấy hoạt tải do người và xe tại mép hồ có ảnh hưởng khá nhỏ đến ứng suất tổng.

## 2.2.5 Mặt cắt MC4

### 2.2.5.1 Phân tích cung trượt

Từ bảng kết quả bên dưới có thể thấy hệ số an toàn trượt cho MC4 khá nhỏ, có nguy cơ sạt lở tại mực nước hồ thấp hơn 34,2m. Ngoài ra, ảnh hưởng của rung chấn do xe chạy đến hệ số an toàn tại khu vực này khá nhỏ.

Bảng 16: Kết quả tính toán cho MC4

STT	Mực nước	Rung chấn	FS
1	32,0	-	1,141

2		x	1,136
3	34,2	-	1,166
4		x	1,161
5	36,0	-	1,259
6		x	1,251

#### 2.2.5.2 Phân tích thấm

Tương tự mặt cắt MC2, tại vị trí này không có ghi nhận về dòng chảy ngầm. Do đó dòng thấm sẽ bắt đầu từ hồ vào trong chân đồi cát. Hình ảnh tính thấm được thể hiện ở phần Phụ lục.

#### 2.2.5.3 Phân tích ứng suất

Phân tích SIGMA/W được mô hình cho hai trường hợp không xét đến hoạt tải và có xét đến hoạt tải. Từ kết quả phân tích ứng suất-biến dạng cho thấy hoạt tải do người và xe tại mép hồ có ảnh hưởng khá nhỏ đến ứng suất tổng.

#### 2.2.5.4 Phân tích tải trọng động

Từ phân tích động cho thấy tại vị trí tính toán ở khu vực sạt lở thì chuyển vị tương đối của điểm này có giá trị lớn nhất khoảng gần 3mm. Do đó có thể kết luận rằng rung chấn do xe chạy có ảnh hưởng rất nhỏ đến biến dạng của đồi cát tại mặt cắt MC4.

### 2.2.6 Mặt cắt MC5

#### 2.2.6.1 Phân tích cung trượt

MC5, MC6, MC7, và MC9 thuộc phạm vi Bàu Ông, có cao trình mực nước hồ đo được là 38,6m. Ngoài ra không có ghi nhận dòng chảy ngầm bên trong chân đồi cát tại khu vực này.

Tương tự MC2, mặt cắt MC5 có hệ số an toàn trượt thấp và cung trượt xảy ra tại vị trí có địa hình cao và dốc, nằm hoàn toàn phía trên mực nước hồ. Ảnh hưởng rung chấn do xe chạy tại khu vực này khá lớn đến hệ số an toàn trượt, hệ số giảm khoảng 15%.

Từ kết quả phân tích cho thấy nguy cơ sạt lở tại vị trí này là rất cao. Ngoài ra cần phải khảo sát thêm về địa hình địa mạo, và địa chất khu vực này để có sự phân tích chính xác hơn.

Bảng 17: Kết quả tính toán cho MC5

STT	Mực nước	Rung chấn	FS
1	36,0	-	0,833
2		x	0,716

3	38,6	-	0,833
4		x	0,716
5	40,0	-	0,833
6		x	0,716

#### 2.2.6.2 Phân tích thấm

Tương tự MC2, do phạm vi nguy cơ sạt lở nằm hoàn toàn phía trên mực nước hồ, do đó sẽ không có ảnh hưởng của dòng thấm. Kết quả ở phân tích ổn định ở bảng trên cũng cho thấy hệ số an toàn không thay đổi với các kịch bản mực nước hồ khác nhau. Hình ảnh về thấm từ hồ vào phía trong chân đồi cát được thể hiện ở Phụ lục.

#### 2.2.6.3 Phân tích ứng suất

Phân tích SIGMA/W được mô hình cho hai trường hợp không xét đến hoạt tải và có xét đến hoạt tải. Từ kết quả phân tích ứng suất-biến dạng cho thấy hoạt tải do người và xe tại mép hồ có ảnh hưởng khá nhỏ đến ứng suất tổng.

#### 2.2.6.4 Phân tích tải trọng động

Từ phân tích động cho thấy tại vị trí tính toán ở khu vực sạt lở thì chuyển vị tương đối của điểm này có giá trị lớn nhất khoảng gần 4mm. Đây là mặt cắt có chuyển vị ngang tương đối lớn nhất do rung chấn gây ra. Tuy nhiên giá trị vẫn rất nhỏ. Do đó có thể kết luận rằng rung chấn do xe chạy có ảnh hưởng rất nhỏ đến biến dạng của đồi cát.

### 2.2.3 Mặt cắt MC6

#### 2.2.7.1 Phân tích cung trượt

Mặt cắt MC6 có hệ số an toàn trượt thấp và cung trượt xảy ra tại vị trí có địa hình cao và dốc, nằm hoàn toàn phía trên mực nước hồ. Ngoài ra, cung trượt khá nông và song song với mặt đất. Rung chấn do xe chạy có ảnh hưởng khá lớn đến ổn định tại mặt cắt này. Hệ số an toàn giảm đến khoảng 25% khi có xét đến rung chấn như thể hiện ở bảng dưới.

Từ kết quả phân tích cho thấy nguy cơ sạt lở tại vị trí này là rất cao. Tại mặt cắt này cần có cảnh báo khách du lịch để hạn chế rủi ro xảy ra.

Bảng 18: Kết quả tính toán cho MC6

STT	Mực nước	Rung chấn	FS
1	36,0	-	1,173
2		x	0,991
3	38,6	-	1,162

4		x	0,942
5	40,0	-	1,108
6		x	0,917

#### 2.2.7.2 Phân tích thấm

MC6 cũng có phạm vi nguy cơ sạt lở nằm hoàn toàn phía trên mực nước hồ. Ngoài ra cũng không có ghi nhận dòng chảy ngầm trong chân đồi cát khu vực này. Do đó dòng thấm không có ảnh hưởng đến phạm vi nguy cơ sạt lở như được phân tích.

#### 2.2.7.3 Phân tích ứng suất

Phân tích SIGMA/W được mô hình cho hai trường hợp không xét đến hoạt tải và có xét đến hoạt tải. Từ kết quả phân tích ứng suất-biến dạng cho thấy hoạt tải do người và xe tại mép hồ có ảnh hưởng khá nhỏ đến ứng suất tổng.

#### 2.2.7.4 Phân tích tải trọng động

Từ phân tích động cho thấy tại vị trí tính toán ở khu vực sạt lở thì chuyển vị tương đối của điểm này có giá trị lớn nhất khoảng 3mm. Do đó có thể kết luận rằng rung chấn do xe chạy có ảnh hưởng rất nhỏ đến biến dạng của đồi cát cho tuyến MC6.

### 2.2.8 Mặt cắt MC7

#### 2.2.8.1 Phân tích cung trượt

Mặt cắt MC7 có hệ số an toàn trượt thấp và cung trượt xảy ra tại vị trí có địa hình cao và dốc, nằm hoàn toàn phía trên mực nước hồ. Tương tự MC6, khối trượt khá nông và phẳng, song song với mặt đất. Ngoài ra, rung chấn có ảnh hưởng đáng kể đến ổn định cho mặt cắt MC7 này. Hệ số an toàn giảm đến khoảng 15% khi có xét đến rung chấn do xe chạy theo tài liệu được khảo sát.

Từ kết quả phân tích cho thấy nguy cơ sạt lở tại vị trí này là rất cao. Cần có những cảnh báo cho khách du lịch về nguy cơ sạt lở tại vị trí này.

Bảng 19: Kết quả tính toán cho MC7

STT	Mực nước	Rung chấn	FS
1	36.0	-	0.878
2		x	0.758
3	38.6	-	0.861
4		x	0.738
5	40.0	-	0.840
6		x	0.707

#### 2.2.8.2 Phân tích thấm

Tương tự MC6, tại vị trí này không ghi nhận dòng chảy ngầm phía chân đồi cát thông qua đo đặc khảo sát đo radar, ảnh điện. Do đó dòng thấm chủ yếu xuất phát từ hồ chứa và thấm vào phía bên trong chân đồi cát.

#### 2.2.8.3 Phân tích ứng suất

Phân tích SIGMA/W được mô hình cho hai trường hợp không xét đến hoạt tải và có xét đến hoạt tải. Từ kết quả phân tích ứng suất-biến dạng cho thấy hoạt tải do người và xe tại mép hồ có ảnh hưởng khá nhỏ đến ứng suất tổng.

#### 2.2.8.4 Phân tích tải trọng động

Từ phân tích động cho thấy tại vị trí tính toán ở khu vực sạt lở thì chuyển vị tương đối của điểm này có giá trị lớn nhất khoảng hơn 3mm. Do đó có thể kết luận rằng rung chấn do xe chạy có ảnh hưởng rất nhỏ đến biến dạng của đồi cát.

### 2.2.9 Mặt cắt MC9

#### 2.2.9.1 Phân tích cung trượt

Tổng quan thì hệ số an toàn trượt cho mặt cắt MC9 khá lớn. Hiện tại cho thấy mức độ an toàn về trượt tương đối cao. Tại mặt cắt này có độ dốc thoải, phạm vi cung trượt khá nông và phẳng so với mặt đất như được thể hiện ở hình ảnh phần Phụ lục. Tuy nhiên rung chấn lại gây ra ảnh hưởng khá lớn cho ổn định tại mặt cắt này mặc dù hệ số an toàn trượt vẫn cao.

Bảng 20: Kết quả tính toán cho MC9

STT	Mức nước	Rung chấn	FS
1	36.0	-	1.871
2		x	1.428
3	38.6	-	1.842
4		x	1.360
5	40.0	-	2.198
6		x	1.468

#### 2.2.9.2 Phân tích thấm

Tương tự các mặt cắt thuộc phạm vi khu vực Bàu Ông, dòng thấm sẽ xuất phát từ hồ và đi vào trong chân đồi cát. Ảnh hưởng của dòng thấm đến ổn định là rất nhỏ hoặc không có cho khu vực này.

#### 2.2.9.3 Phân tích ứng suất

Phân tích SIGMA/W được mô hình cho hai trường hợp không xét đến hoạt tải và có xét đến hoạt tải. Từ kết quả phân tích ứng suất-biến dạng cho thấy hoạt tải do người và xe tại mép hồ có ảnh hưởng khá nhỏ đến ứng suất tổng.

#### 2.2.9.4 Phân tích tải trọng động

Từ phân tích động cho thấy tại vị trí tính toán ở khu vực sạt lở thì chuyển vị tương đối của điểm này có giá trị lớn nhất khoảng 3mm. Do đó có thể kết luận rằng rung chấn do xe chạy có ảnh hưởng rất nhỏ đến biến dạng của đồi cát tại tuyến MC9.

## PHẦN 3: ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP

### 3.1 Tổng quan công trình bảo vệ bờ hồ tại Việt Nam và Thế giới

#### 3.1.1. Giải pháp chống xói lở bờ hồ trên thế giới

##### 3.1.1.1 Giải pháp công trình

###### a) Giải pháp cứng

Nhóm giải pháp cứng còn được gọi là giải pháp gia cố bờ, tạo lớp phủ bảo vệ bờ bằng vật liệu tốt hơn, bền vững hơn và có khả năng chống lại tác động bất lợi của sóng, gió... Một số dạng công trình bảo vệ bờ đã được xây dựng trên thế giới:



Gia cố bờ bằng bao tải cát, bao tải đất tại bờ biển Ấn Độ



Gia cố bờ bằng thảm bê tông tại Nhật Bản



Kè lát mái bằng đá xây chít mạch tại Singapore



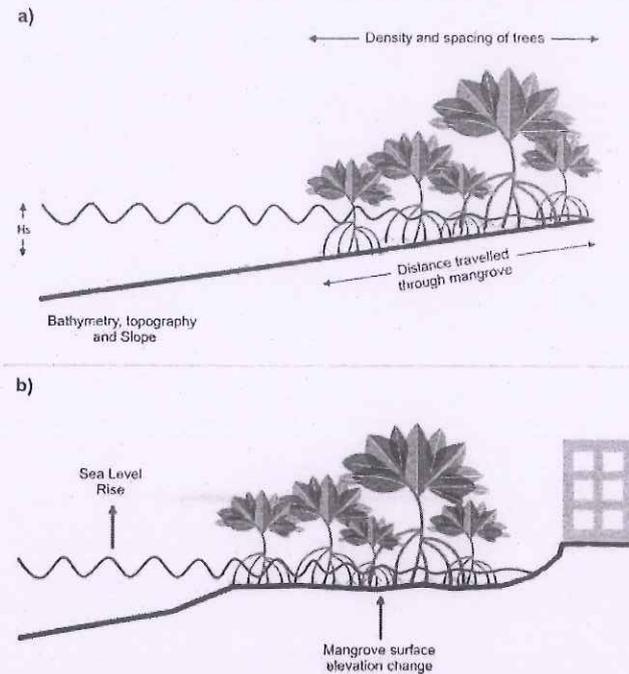
Kè lát mái bằng đá đồ tại Tauranga

Hình 10 Giải pháp bảo vệ bờ hồ trên Thế giới (nhóm giải pháp cứng)

Nhìn chung các giải pháp trên có độ dốc mái thoải, tính ổn định cao, thi công tương đối đơn giản, dễ duy tu bảo dưỡng.

###### b) Giải pháp mềm

Giải pháp kè sinh thái sử dụng cây trồng dọc hai bên bờ sông để bảo vệ bờ khỏi xói lở, ví dụ : cây dừa nước, mắm (trắng), bần , cỏ Vetiver, bèo tây (lục bình)...



Hình 11 Bảo vệ bờ biển bằng thảm thực vật

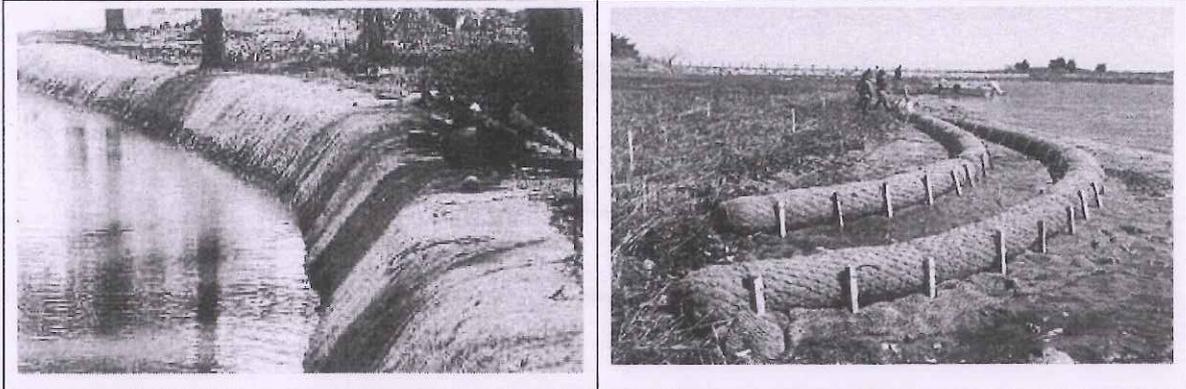
Thảm thực vật còn có khả năng chống xói mòn và tăng cường lắng đọng trầm tích. Chúng cũng cung cấp nguồn thức ăn và môi trường sống cho cá, chim và côn trùng. Mức độ hiệu quả của thảm thực vật trong việc bảo vệ bờ phụ thuộc vào loại thảm thực vật, chiều cao, mật độ của thảm thực vật, địa hình khu vực áp dụng, chiều cao và thời gian của sóng, cũng như độ sâu của nước. Giải pháp này được mệnh danh là “ecosystem engineers” bởi vì sự kết hợp của các đặc tính nội tại của chúng làm giảm thiểu đáng kể xói mòn đáy đồng thời làm giảm sóng trên mặt nước.



Hình 12 Ứng dụng cỏ Vetiver bảo vệ bờ (Nguồn: Vetiver.org)

Cây cỏ Vetiver, được trồng rộng rãi ở nhiều quốc gia như Zimbabwe, Indonesia,... với hệ thống rễ phát triển mạnh, được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Đặc biệt, nó rất hiệu quả trong việc phòng tránh và giảm nhẹ thiên tai như: lũ lụt, xói mòn, sạt lở đất dốc, xói lở bờ sông, bờ biển, bảo vệ taluy đường, bờ kênh mương, đê đập,...

Ngoài ra, việc sử dụng các vật liệu hữu cơ như gỗ, phụ phẩm nông nghiệp và xơ dừa cũng là một phương pháp phổ biến. Những vật liệu này không chỉ thân thiện với môi trường mà còn cung cấp dinh dưỡng cho thảm thực vật, góp phần vào sự phát triển bền vững của hệ sinh thái ven sông.



Hình 13 Bảo vệ bờ bằng rom, cỏ khô bện xơ dừa

#### *3.1.1.2. Giải pháp phi công trình*

Giải pháp phi công trình tập trung vào các biện pháp quản lý và quy hoạch để nhằm ngăn ngừa và giảm thiểu xói lở. Giải pháp ngăn ngừa bao gồm việc nâng cao nhận thức cộng đồng về bảo vệ bờ hồ, xây dựng các thể chế và chính sách xã hội phù hợp, hoạch lại và di dời dân cư ra khỏi các khu vực có nguy cơ sạt lở cao... Việc này không chỉ đảm bảo an toàn cho người dân mà còn giảm áp lực lên bờ sông, giúp duy trì sự ổn định của các khu vực này trong thời gian dài. Kinh nghiệm thu thập từ các khu vực tiên tiến trên thế giới được phân tích, tổng kết để hoàn thiện hệ thống chính sách phù hợp tại Việt Nam.

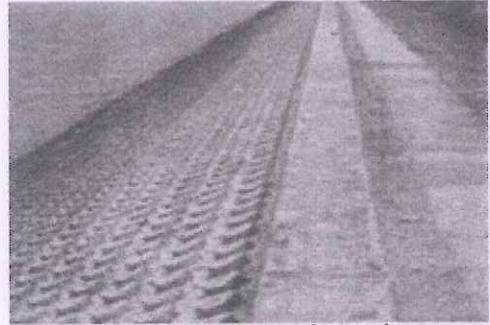
#### *3.1.2. Giải pháp chống xói lở bờ hồ tại Việt Nam*

##### *3.1.2.1. Giải pháp cứng*

Một số kết cấu phổ biến của công trình bảo vệ bờ hồ như: kè dạng mái nghiêng, kè tường góc, kè bán tường cừ bê tông, kè rọ đá, .... Dựa vào địa chất đất nền, phạm vi giải tỏa và nhu cầu sinh hoạt của người dân để áp dụng kết cấu phù hợp cho từng vùng, từng vị trí.



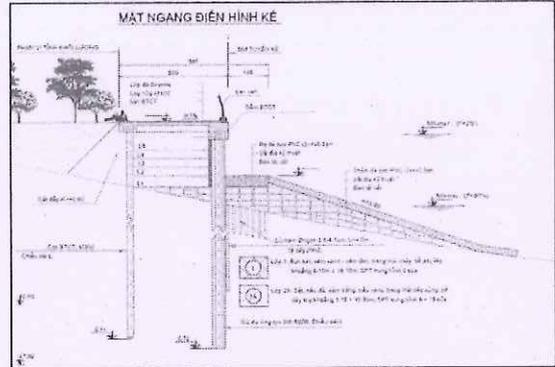
(a) Kè mái nghiêng bằng cấu kiện bê tông lắp ghép tại Bến Tre



(b) Kè mái nghiêng bằng cấu kiện tông lắp ghép tại Tiền Giang



(c) Bảo vệ bờ sông bằng cừ dự ứng lực Khu đô thị Thủ Thiêm



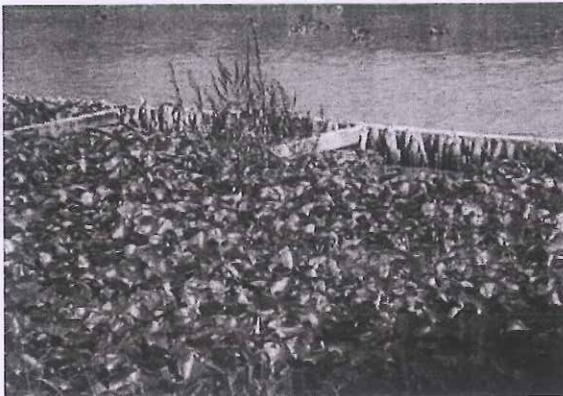
Hình 14 Một số công trình bảo vệ bờ sông trong nước

Các giải pháp thuộc nhóm công trình cứng phát huy được lợi thế ổn định bờ, tuy nhiên nhược điểm là không thân thiện môi trường, giá thành cao.

### 3.1.2.2 Giải pháp mềm

- **Giải pháp kè sinh thái sử dụng thảm thực vật hoặc các vật liệu thân thiện môi trường để bảo vệ bờ sông**

Thảm cỏ, cây dừa nước, mắm (trắng), bần, cỏ Vetiver, bèo tây (lục bình)... đã được sử dụng tại nhiều khu vực tại Việt Nam. Một số hình ảnh trồng bần, cây dừa nước để bảo vệ chống xói mái bờ sông, kênh vùng Đồng bằng sông Cửu Long (phạm vi ứng dụng chỉ cho những trường hợp dòng chảy, sóng không lớn, sông không sâu) được thể hiện qua các hình ảnh như sau:





Hình 15 Giải pháp trồng cây bản, dừa nước chống xói lở bờ ở ĐBSCL

Giải pháp bảo vệ bờ bằng thảm cỏ được sử dụng nhiều ở miền Trung và miền Bắc nước ta (đê sông Hồng, sông Thái Bình, sông Mã, sông Hương).



Hình 16 Giải pháp bảo vệ bờ sông bằng thảm cỏ

- Gia cố bờ bằng các hàng cọc liên kết với nhau.

Giải pháp này phù hợp tại những vị trí sóng và độ sâu không quá lớn. Biện pháp này thi công nhanh, đơn giản, đơn giá thấp do tận dụng được vật liệu địa phương, ít gây tác động xấu tới các khu vực lân cận. Tuy nhiên nên kết hợp với các giải pháp khác để hạn chế trường hợp chân tường bị xói sâu.



Bảo vệ bờ bằng cọc dừa tại cù lao Hung Phong

Gia cố bằng cọc tràm tại Kiên Giang



Bảo vệ bờ bằng cọc dừa tại Cà Mau



Bảo vệ bờ bằng cọc PVC tại huyện U Minh

### Hình 17 Giải pháp bảo vệ bờ bằng cọc

- **Bảo vệ bờ bằng bao tải cát kết hợp cọc cừ gỗ**

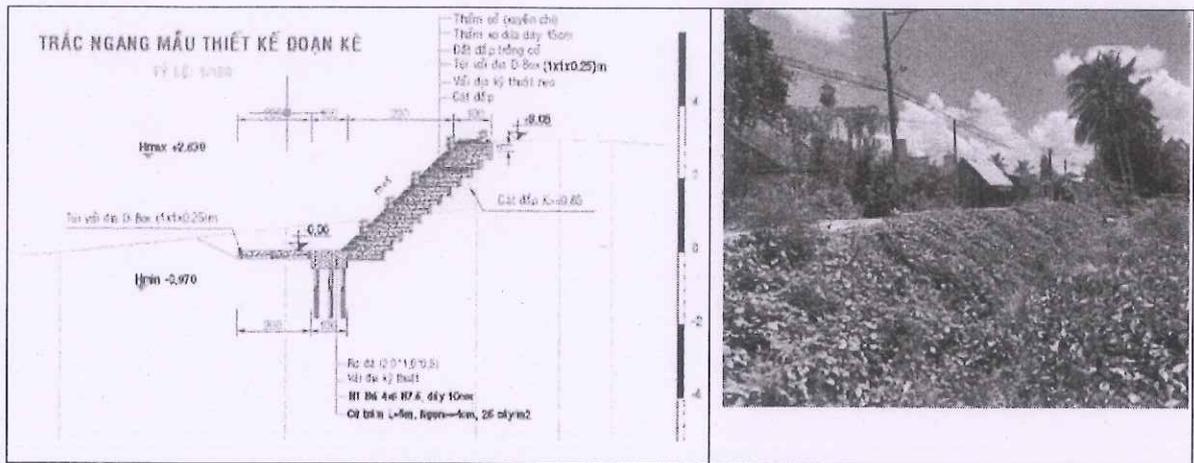
Các loại vật liệu gồm bao tải cát, bao đất đắp, xà bần, đá đổ... được đắp chồng lên nhau, trong khi đó cọc cừ gỗ (cừ dừa, cừ tràm) được đóng thành hàng tại vị trí bờ hồ tạo có nhiệm vụ như một hàng neo.



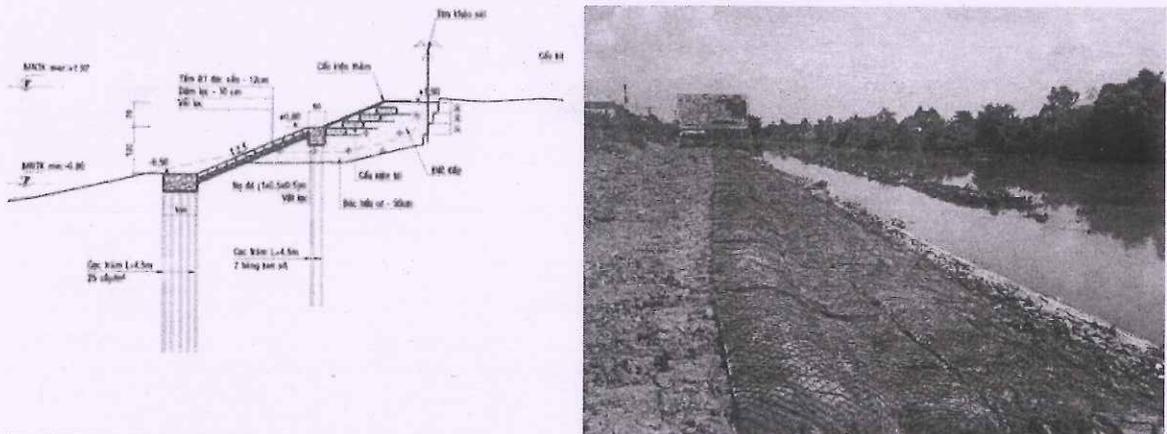
Hình 18 Bảo vệ bờ bằng bao tải đất kết hợp cừ dừa ở khu vực cù lao Hưng Phong

- **Ngoài ra có một số kết cấu kè sinh thái khác**

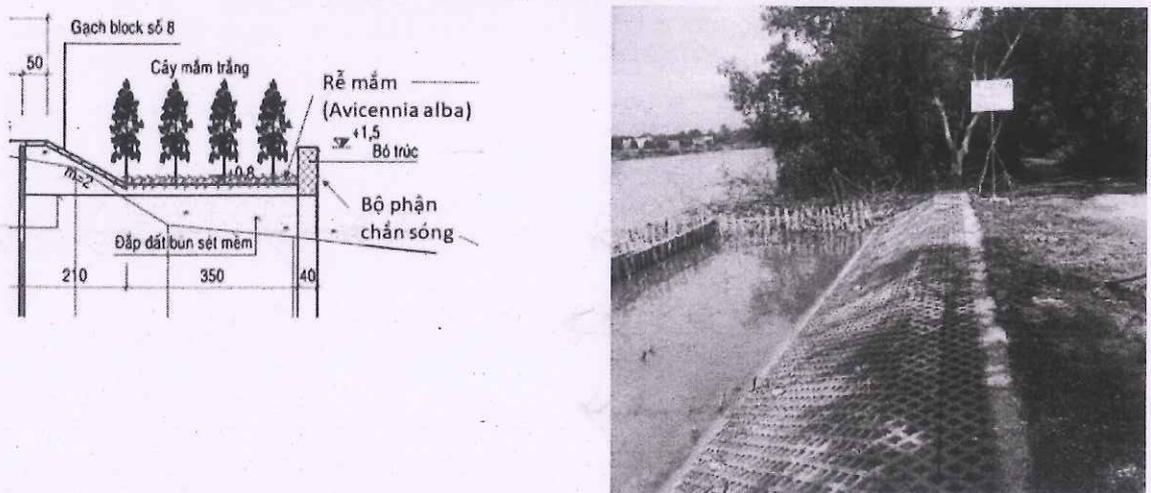
Theo đề tài “Nghiên cứu nguyên nhân sạt lở, giải pháp công nghệ phòng chống và dự báo hành lang an toàn bờ sông trong điều kiện biến đổi khí hậu ở khu vực cồn Phú Đa, cồn Hưng Phong và rạch Vàm Rỗng” của TS. Lê Văn Tuấn-Viện kỹ thuật biển, một số giải pháp kè sinh thái đã được thử nghiệm tại một số Tỉnh thuộc khu vực đồng bằng sông Cửu Long.



Hình 19 Giải pháp kè sinh thái chống sạt lở bằng túi Dbox thử nghiệm tại tỉnh An Giang (trái) và Hình ảnh đoạn kè thử nghiệm sau 2 tháng đưa vào vận hành (phải)



Hình 20 Kè thử nghiệm ứng dụng thảm vỏ dừa (trái) và kè thử nghiệm triển khai thực tế 1 đoạn tại ven sông rạch tỉnh Tiền Giang (phải)



Hình 21 Giải pháp kè sinh thái tại tỉnh Cà Mau (trái) và Hình ảnh thực tiễn sau khi hoàn thành việc xây dựng công trình thử nghiệm (phải)

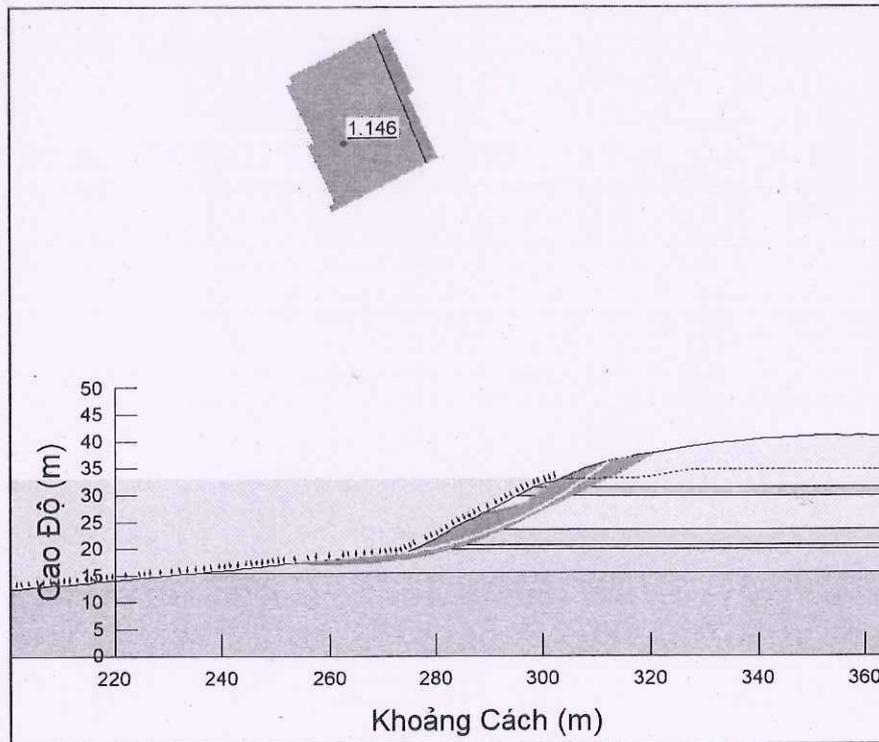
## 3.2 Giải pháp bảo vệ bờ hồ khu vực Bàu Trắng

### 3.2.1 Nguyên nhân gây sạt lở

Qua nghiên cứu cho thấy, các nguyên nhân gây nên sạt lở bờ hồ khu vực Bàu Trắng:

#### Nguyên nhân tiềm ẩn (nguyên nhân tĩnh):

Do độ dốc của chân đồi cát (khoảng  $30^\circ$  tại tuyến L8) lớn hơn góc ma sát nghỉ của cát (khoảng  $26^\circ$ ) nên hệ số an toàn rất nhỏ. Hình bên dưới là phân tích ổn định cho tuyến L8 với các cung trượt tiềm ẩn có hệ số an toàn trượt cung tròn nhỏ hơn 1,2. Hệ số 1,2 là hệ số an toàn thiết kế được áp dụng cho đất với cấp công trình là cấp IV dưới tác dụng của tổ hợp tải trọng cơ bản. Có thể thấy rằng, ngay cả khi chưa có các tác động của các yếu tố khác như dòng thấm, rung chấn do xe chạy, tải trọng do xe và người tham quan đến sát hồ thì nguy cơ sạt lở tại vị trí này là rất cao với nguyên nhân chính là do địa hình dốc.



#### Nguyên nhân biến đổi (nguyên nhân động):

Qua phân tích trong báo cáo ở mục 2.2, thì dao động mực nước hồ cũng ảnh hưởng đến ổn định của chân đồi cát. Mực nước càng thấp thì càng làm chân đồi cát mất ổn định. Kết quả phân tích ảnh hưởng của các kịch bản mực nước hồ ở trên cho thấy hệ số an toàn trượt của chân đồi cát có thể giảm đến khoảng 5%.

Thứ hai là cát bồi do gió. Sau một khoảng thời gian nhất định, chân đồi cát được bồi thêm và làm tăng độ dốc. Ngoài ra trong quá trình bồi này thì cát chưa đủ sự cố kết, nếu gặp dòng thấm mạnh hoặc sóng mạnh từ hồ sẽ dễ bị cuốn trôi gây lỏng chân cát dẫn đến phát sinh sạt lở của khối cát bồi này.

#### **Tác nhân kích thích sạt lở:**

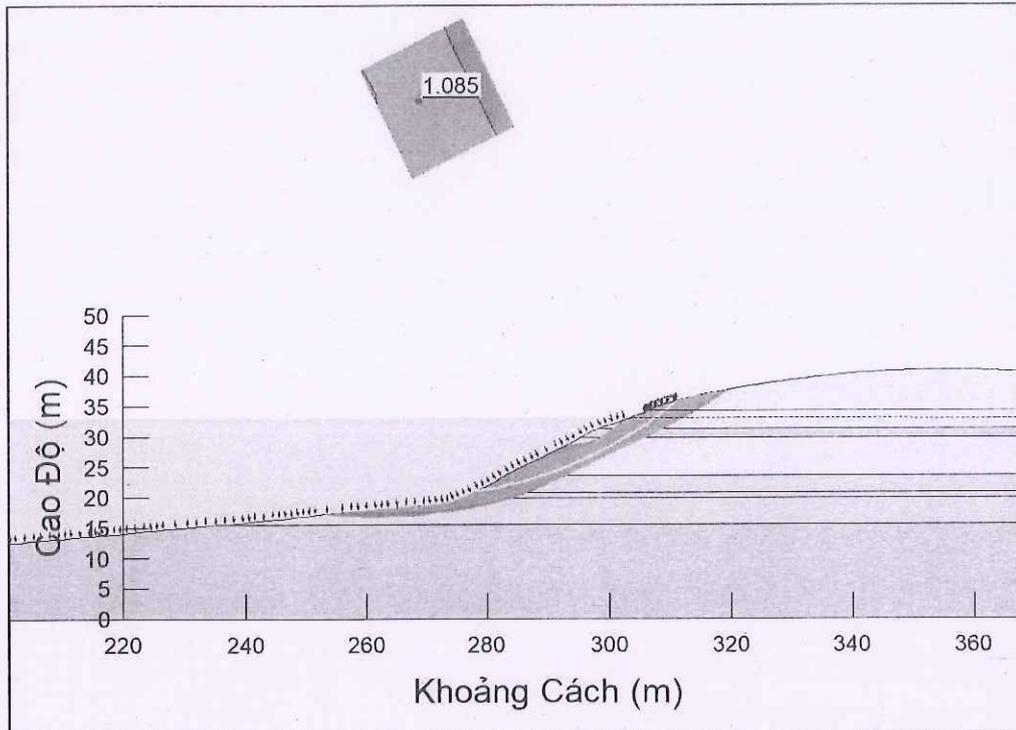
Do ảnh hưởng của nhiều yếu tố cực đoan cùng một lúc (như mực nước hồ xuống thấp, chân cát bị xói mòn do sóng) cộng thêm hoạt động khai thác du lịch như xe địa hình, xe bán tải chày gây ra rung chấn. Ngoài ra còn có tải trọng do xe và người tham qua đến sát bờ hồ. Với phân tích sử dụng số liệu tính toán như ở mục 2.2 thì hệ số an toàn có thể giảm đến khoảng 8%. Đây là tác nhân có thể kích thích khối sạt lở phát sinh, sau đó khối sạt lở sẽ phát triển cho đến khi đạt được trạng thái cân bằng.

#### **3.2.2 Cơ sở đề xuất giải pháp**

- Làm tăng ổn định của đồi cát trước những yếu tố như dao động của mực nước, rung chấn do xe chạy, tải trọng của con người và xe.
- Phù hợp với địa chất, địa mạo, thủy lực, thủy văn khu vực nghiên cứu.
- Các giải pháp thân thiện với môi trường, không ảnh hưởng đến mỹ quan khu vực.

#### **3.2.3 Đề xuất các giải pháp**

Từ phân tích ổn định có thể thấy phạm vi nguy hiểm có nguy cơ xảy ra sạt lở tiềm ẩn kéo vào bờ khoảng 20m. Vị trí tải trọng xe và người tham qua phải nằm ngoài phạm vi này thì ảnh hưởng đến ổn định của chân đồi cát sẽ không đáng kể. Độ sâu của khối có sạt lở tiềm ẩn này khoảng 5-6m. Do đó cần có phương án hợp lý để tăng ổn định của chân đồi cát.



Hình 22: Phạm vi nguy hiểm với các cung trượt có hệ số an toàn nhỏ hơn 1,15  
 3.2.3.1 Giải pháp phi công trình

Các giải pháp có thể thực hiện để giảm nguy cơ sạt lở như sau:

- Trồng cây bảo vệ: Trồng cây cỏ và các loại cây chịu hạn trên đồi cát để giữ đất và hạn chế xói mòn.
- Quản lý hoạt động con người: Hạn chế hoặc kiểm soát hoạt động của con người gần khu vực đồi cát, đặc biệt là việc di chuyển bằng xe có tải trọng lớn.
- Lắp đặt hệ thống cống rãnh: Lắp đặt các cống rãnh thu/thoát nước để giảm lưu lượng nước từ mặt đất xuống hồ, tránh làm xói mòn đất.

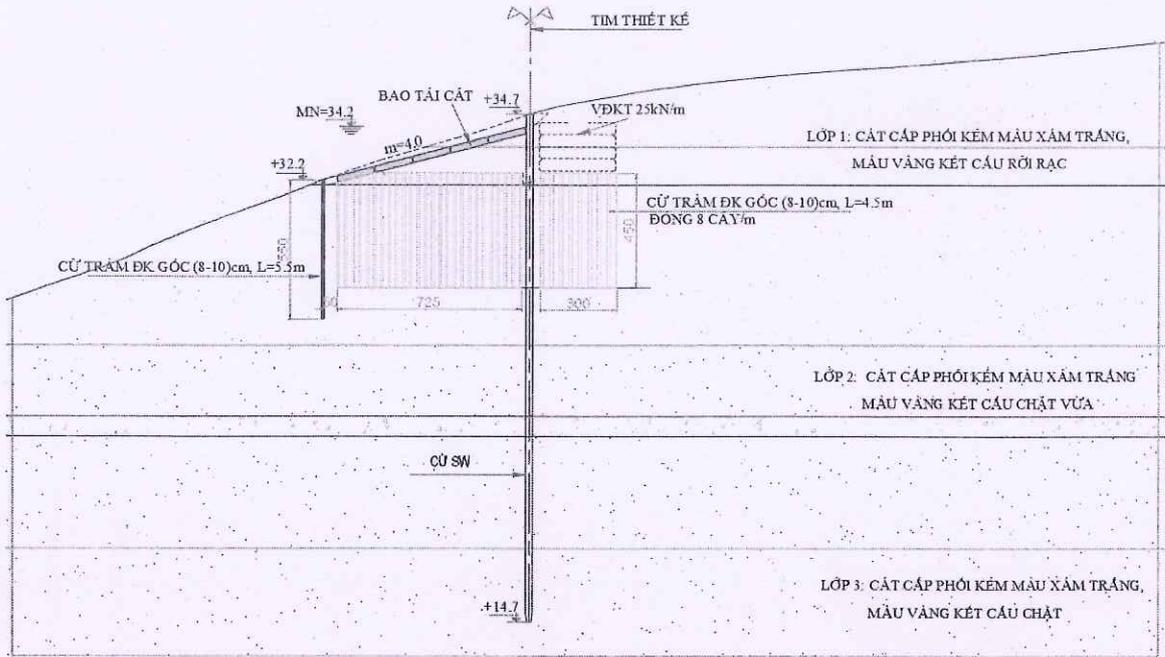
### 3.2.3.2 Giải pháp công trình

Từ hiện tượng sạt lở đã diễn ra vào năm ngoái tại tuyến L4 và từ đo đạc khảo sát và phân tích diễn biến sạt lở tại mục 2.2.1.5 có thể thấy rằng tuyến sạt lở ăn sâu hướng vào bờ 40m và độ sâu khối sạt lở xuống dưới 10m. Nhằm đảm bảo sự ổn định và bền vững cho bờ hồ, đề xuất giải pháp kết cấu như sau:

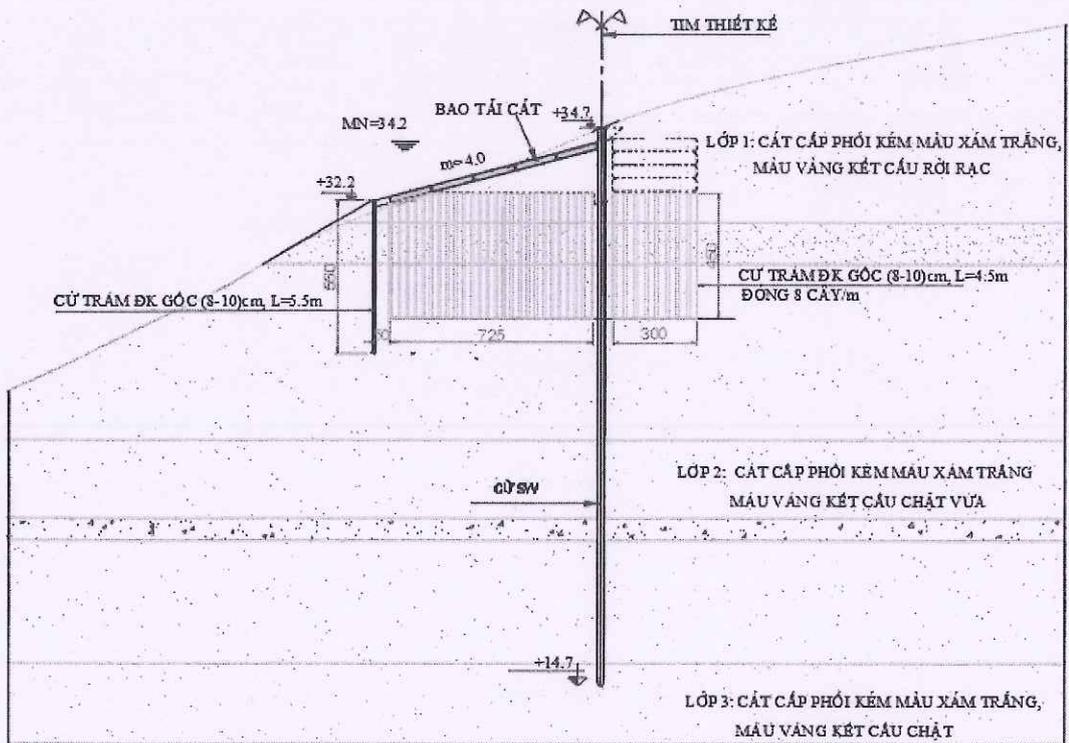
#### **Phương án 1:**

- Gia cố giới hạn giữa phần đã sạt lở và phần hiện trạng bằng cừ BTCT SW, phạm vi gia cố từ cao trình 34,7m đến cao trình 14,7m. Mục đích chính là bảo vệ phần giới hạn sạt lở. Cừ SW có khả năng chống xói mòn và chịu lực tốt, giúp gia cố nền đất và ngăn chặn quá trình sạt lở tiếp tục.

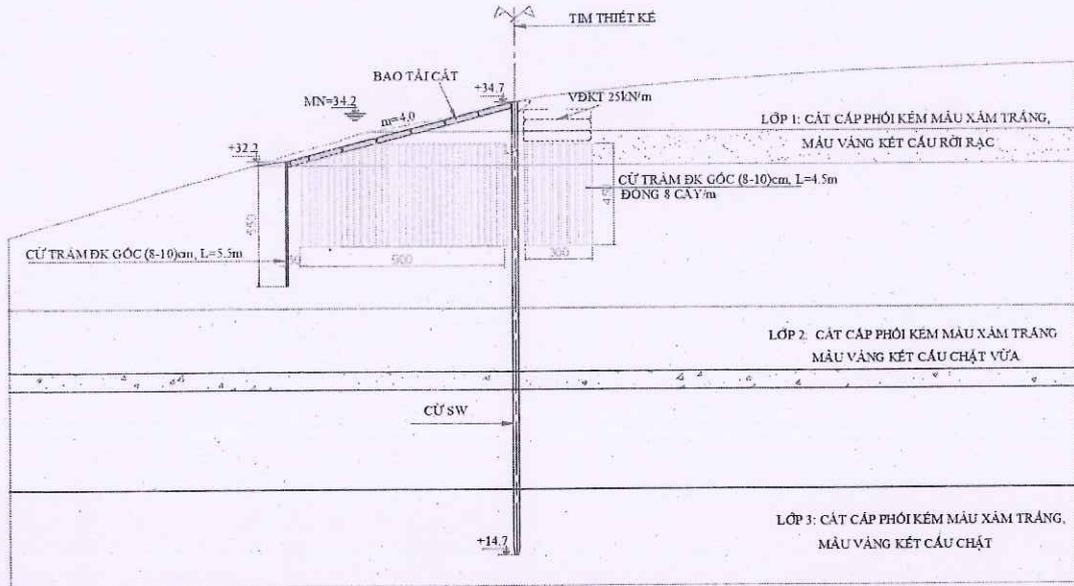




Hình 24: Phương án 1 thiết kế chống sạt lở cho tuyến L4

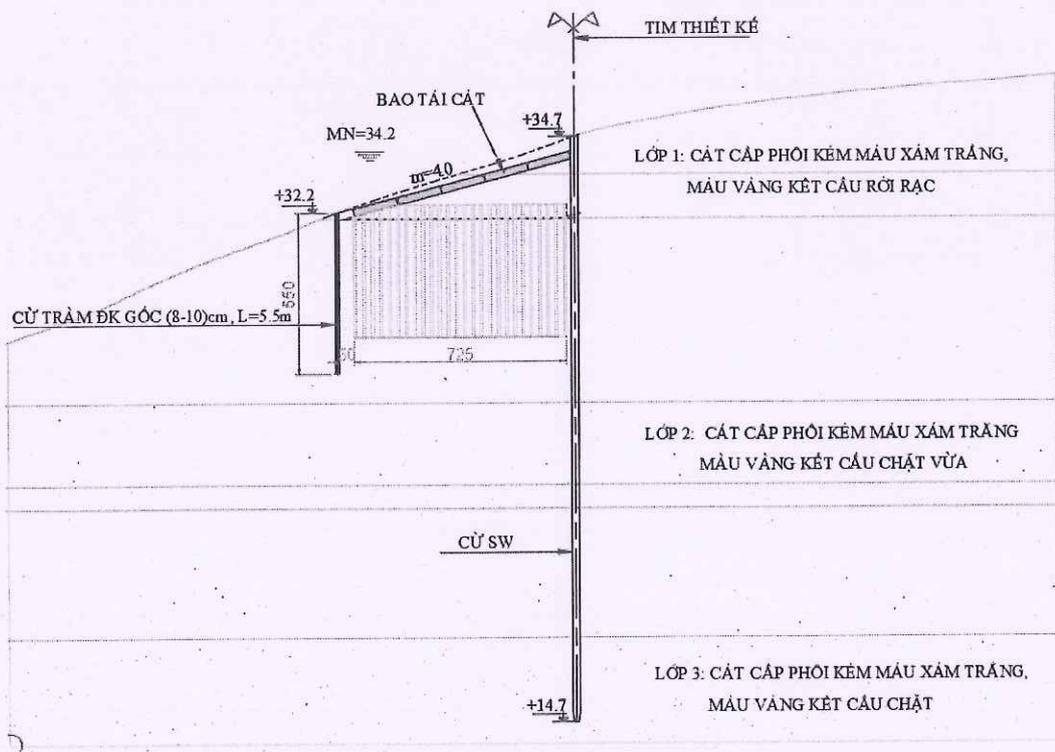


Hình 25: Phương án 1 thiết kế chống sạt lở cho tuyến L8

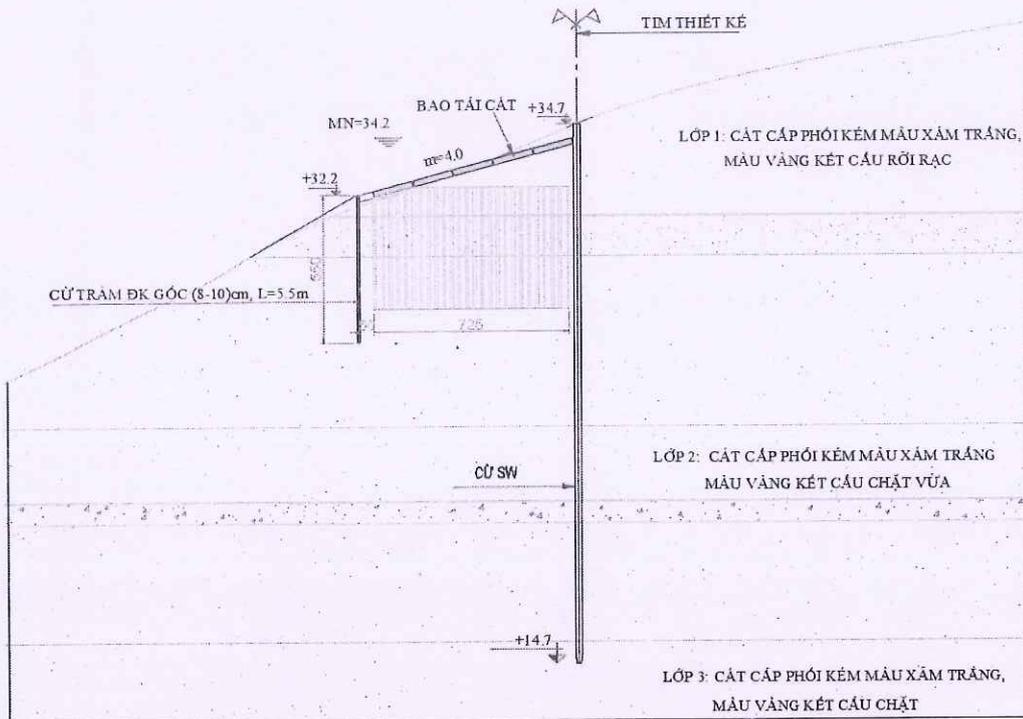


Hình 26: Phương án 1 thiết kế chống sạt lở cho tuyến L1

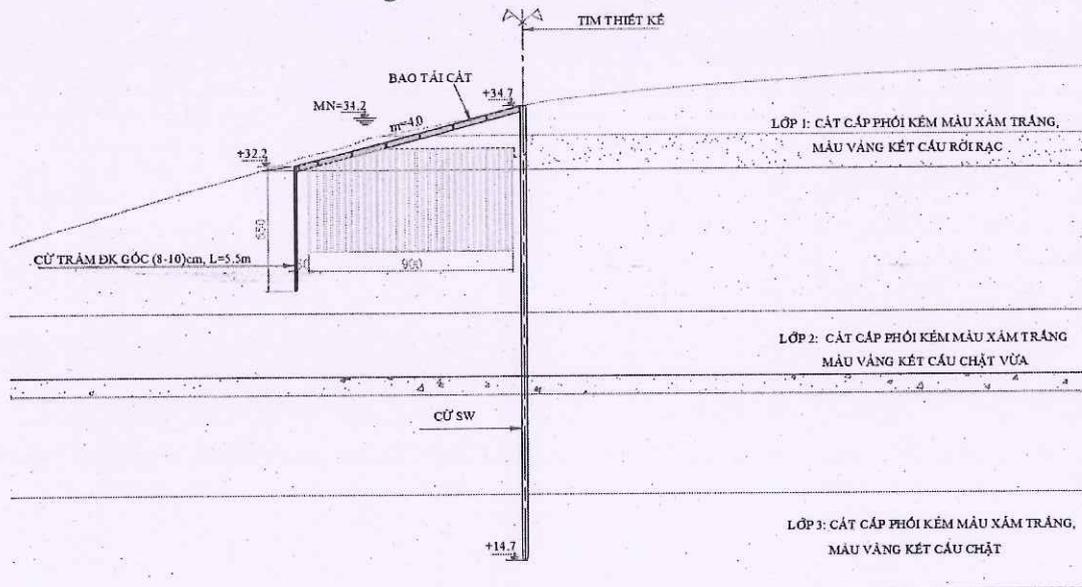
**Phương án 2:** Bố trí tương tự phương án 1 ở phía ngoài cừ BTCT, phía trong giữ nguyên hiện trạng, không bố trí sàn giảm tải trên hệ cừ tràm. Phương án 2 được áp dụng trên các tuyến L4, L8, L1 như các Hình 13-15.



Hình 27: Phương án 2 thiết kế chống sạt lở cho tuyến L4



Hình 28: Phương án 2 thiết kế chống sạt lở cho tuyến L8



Hình 29: Phương án 2 thiết kế chống sạt lở cho tuyến L1

### 3.2.3.3 Tính toán ổn định tuyến L4 và L8 sau gia cố

#### a) Tuyến L4

Hệ số an toàn trượt cung tròn sau gia cố khá an toàn với hệ số an toàn lên đến 2,262 cho cung trượt từ phía trên đỉnh của mái dốc và hệ số 1,667 cho cung trượt xuất phát từ ngay phía dưới của cọc gia cố. Cả hai phương án gia cố đều cho kết quả ổn định cung trượt là như nhau. Ngay cả khi có tải trọng xe cũng như người tham quan

tiến sát đến gần bờ hồ thì hệ số an toàn vẫn cao, 2,246 cho phương án 1 và 2,253 cho phương án 2. Còn tải trọng không ảnh hưởng đến cung trượt xuất phát từ bên dưới cọc gia cố do khoảng cách khá xa. Kết quả xem tại hình ở phụ lục H.

Xét về chuyển vị, thì cả hai phương án cũng cho kết quả gần như nhau. Tuy nhiên chuyển vị theo phương Y và X theo phương án 1 cho kết quả nhỏ hơn tại lớp đất ngay phía dưới hàng cọc cừ gia cố phía trong cọc BTCT. Do phương án 1 có lớp cọc cừ này còn phương án 2 thì không có lớp cọc cừ này.

*b) Tuyến L8*

Tương tự tuyến L4, hệ số an toàn trượt cung tròn sau gia cố khá an toàn với hệ số an toàn là 1,568 cho cung trượt từ phía trên đỉnh của mái dốc và hệ số 1,176 cho cung trượt xuất phát từ ngay phía dưới của cọc gia cố. Cả hai phương án gia cố đều cho kết quả ổn định cung trượt là như nhau. Có thể thấy rằng mái dốc phía dưới lớp gia cố có nguy cơ sạt lở cao khi gặp các điều kiện bất lợi. Tuy nhiên, sẽ không xảy ra hiện tượng sạt lở liên tiếp ăn sâu vào bờ khi đã được gia cố theo cả hai phương án. Khi tính thêm tải trọng do xe địa hình và người tham quan, kết quả có sai khác rất nhỏ, khoảng 1,562. Kết quả xem tại hình ở phụ lục H.

Xét về chuyển vị, thì cả hai phương án cũng cho kết quả gần như nhau giống tuyến L4. Chuyển vị theo phương Y và X theo phương án 1 cũng cho kết quả nhỏ hơn tại lớp đất ngay phía dưới hàng cọc cừ gia cố phía trong cọc BTCT. Do phương án 1 có lớp cọc cừ này còn phương án 2 thì không có lớp cọc cừ này. Điều này cho thấy phương án 1 có khả năng làm giảm lún cho lớp đất phía sau cọc BTCT, có thể tạo điều kiện cho phép xe địa hình cũng như người tham quan đến gần bờ hồ hơn so với phương án 2.

*c) Tuyến L1*

Tương tự, tuyến L1 cũng có hệ số an toàn trượt cung tròn rất lớn sau gia cố là 3,371 và 3,388 cho phương án 1 và 2 với cung trượt xuất phát từ phía sau cừ SW. Còn với cung trượt phía dưới cọc cừ tràm gia cố cũng có hệ số an toàn lớn là 1,938 cho cả 2 phương án gia cố. Khi tính thêm tải trọng do người và xe, thì hệ số an toàn cung trượt giảm đi không đáng kể, 3,345 và 3,363 cho phương án 1 và 2. Còn cung trượt phía dưới hồ không bị ảnh hưởng bởi tải trọng phía trên do khoảng cách khá xa. Kết quả xem tại phụ lục H.

Về chuyển vị, thì tuyến L1 cũng có kết quả tương tự như tuyến L4 và L8. Chuyển vị theo phương X và Y khi gia cố theo phương án 1 sẽ nhỏ hơn phương án 2 cho lớp đất ngay dưới hàng cọc cừ gia cố phía trong cọc BTCT. Từ đó sẽ giảm bớt áp lực cho cừ SW. Kết quả xem tại phụ lục H.

## KẾT LUẬN

Từ phân tích có thể thấy nguyên nhân chính gây sạt lở là do địa hình dốc của chân đồi cát với góc lớn hơn góc ma sát nghỉ của cát. Khi gặp các điều kiện bất lợi như dòng thấm ngược, rung chấn do xe chạy, sóng hồ làm xói mòn chân cát, tải trọng do người và xe đến gần bờ hồ thì sẽ làm phát sinh khối sạt lở. Sau đó khối sạt lở sẽ phát triển và ổn định tại vị trí cân bằng, tức là mái dốc thoải hơn và đạt trạng thái ổn định.

Cụ thể cho các mặt cắt tính toán như sau:

Các mặt cắt tại Bàu Bà và Bàu Ông có nguy cơ sạt lở cao. Mặt cắt tuyến L8 ngay cạnh khu vực sạt lở có hệ số an toàn trượt khá thấp. Nếu như gặp các điều kiện bất lợi về mực nước hồ, rung chấn do xe chạy, tải trọng do xe và người đến sát bờ hồ, sóng hồ làm xói chân cát,... thì có khả năng bị sạt lở cao.

Với gia tốc đo được từ rung chấn của hoạt động xe (lớn nhất là  $14,4\text{mm/s}^2$ ) có thể thấy ảnh hưởng đến ổn định của đồi cát là khá nhỏ với các tuyến mặt cắt tại khu vực Bàu Bà, và ảnh hưởng khá lớn đến các tuyến tại mặt cắt tại khu vực Bàu Ông.

Mặt cắt MC2 tại Bàu Bà, MC5 và MC7 tại Bàu Ông có hệ số an toàn trượt rất thấp ( $<1.0$ ) và cung trượt phẳng và nông xuất hiện phía trên mực nước hồ. Vị trí này có địa hình cao và dốc. Do đó cần phải có giải pháp cũng như cảnh báo để đề phòng sạt lở có thể xảy ra.

Nguyên nhân gây sạt lở cho các mặt cắt cắt ngang qua Bàu Bà là do độ dốc của chân đồi cát lớn hơn góc ma sát nghỉ của cát tại khu vực (khoảng  $26^\circ$ ) và một phần do dòng thấm từ mực nước ngầm và mực nước hồ nhỏ phía trong chảy ngược về phía hồ. Từ kết quả đo được là mực nước ngầm cao hơn so với mực nước hồ, đặc biệt là khi độ chênh lệch này lớn.

Theo tiêu chuẩn TCVN 8216:2018 về Công trình thủy lợi thiết kế đập đầm nén thì với tổ hợp tải trọng cơ bản, hệ số an toàn trượt tối thiểu phải là 1,25 cho đập đất cấp III và IV. Khi xét đến rung chấn, hệ số an toàn sẽ là 1,13 cho đập đất cấp III và IV.

Với mặt cắt tuyến L8 đại diện cho vị trí trước khi sạt lở xảy ra, hệ số an toàn là 1,069 khi xét đến dòng thấm và mực nước hồ là 32,0m. Khi xét đến rung chấn, hệ số an toàn lúc này là 1,062. Khối trượt có độ sâu khoảng 4m, rộng khoảng 35m. Cung trượt kéo dài từ cao độ 36,5m xuống 20,5m. Giá trị này nhỏ hơn giá trị thiết kế tối thiểu khoảng 15% và 6% khi xét trạng thái làm việc bình thường và đặc biệt. Vì vậy là nguy cơ sạt lở rất cao. Có thể thấy nguy cơ xảy ra khối sạt lở giống với khối sạt lở đã xảy ra tại mặt cắt tuyến L4 vào tháng 05/2023.

Để phân tích rõ hơn về tuyến L4, thì mô phỏng diễn biến sạt lở cho tuyến này đã được thực hiện. Có thể thấy rằng với các điều kiện bất lợi về mực nước hồ, sóng, rung

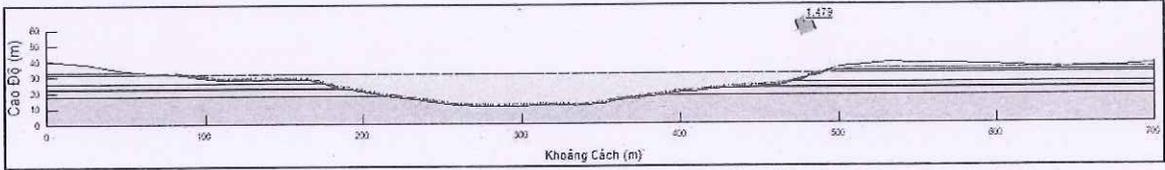
chấn do xe chạy sẽ làm xuất hiện cung trượt sạt lở đầu tiên, sau đó sẽ có hiệu ứng sạt lở liên tiếp đến khi mái dốc đạt mức độ an toàn. Kết quả phân tích cho thấy sau khi đạt trạng thái ổn định, địa hình mái dốc tại tuyến này khá giống với hiện trạng đo đạc được.

Đề xuất giải pháp phù hợp bảo vệ chống xói lở bờ sông cho khu vực sạt lở đã được đưa ra với hai phương án cho tuyến L4, L8, và L1. Kết quả cho thấy gia cố mái dốc theo hai phương án này cho kết quả khả quan về tính ổn định cũng như về môi trường. Chân mái dốc phía dưới tiếp giáp với mực nước hồ được bảo vệ và giảm thiểu khả năng sạt lở liên hoàn từ hiện tượng sạt lở ban đầu. Tuy nhiên cần có đề tài sâu hơn để đánh giá một cách cụ thể và toàn diện cho các phương án gia cố.

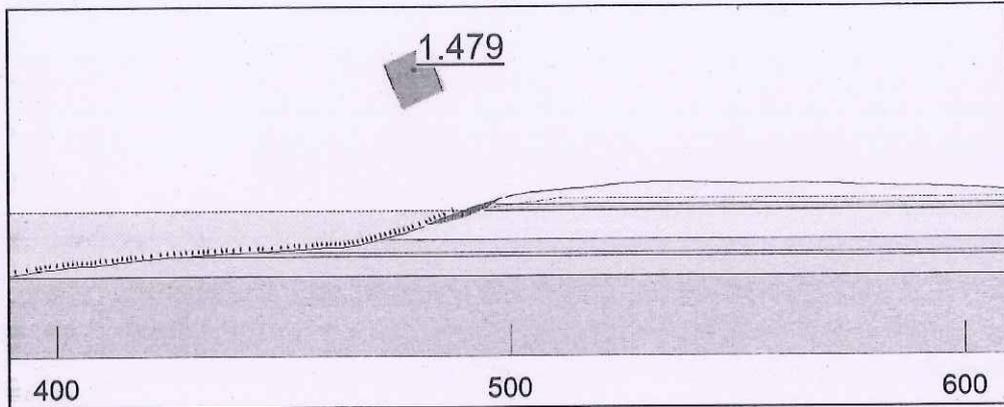
## PHỤ LỤC

### A. Mặt cắt tuyến L4

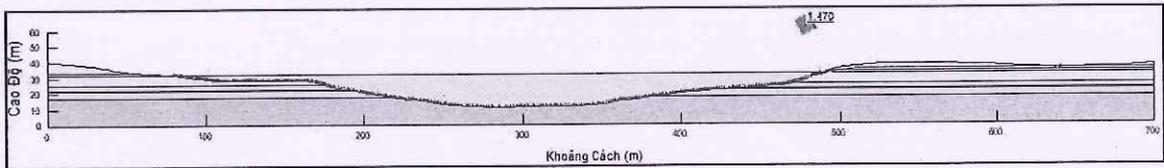
#### A.1. Phân tích cung trượt



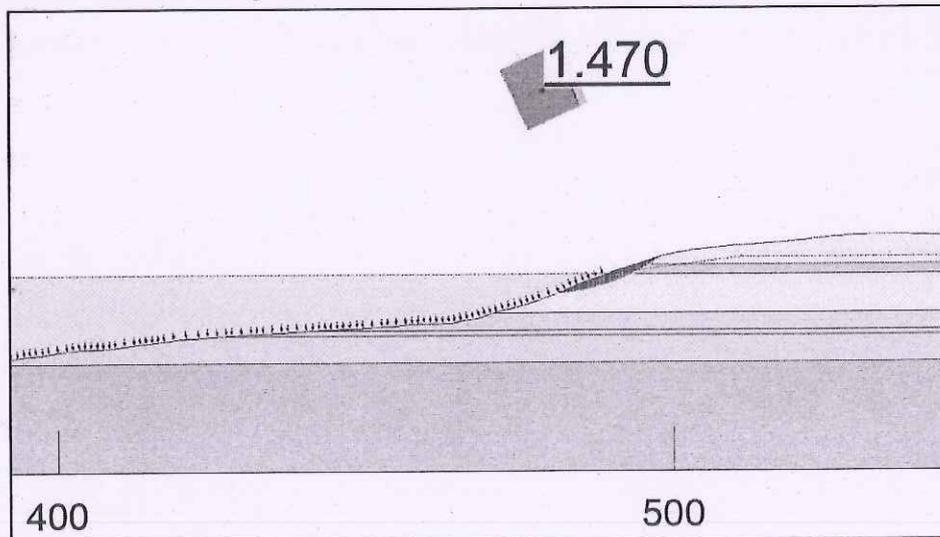
Hình 30: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (a)



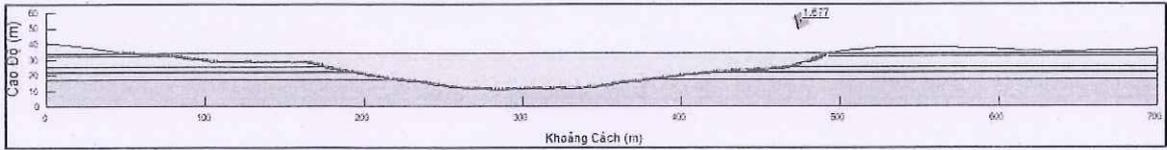
Hình 31 Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (b)



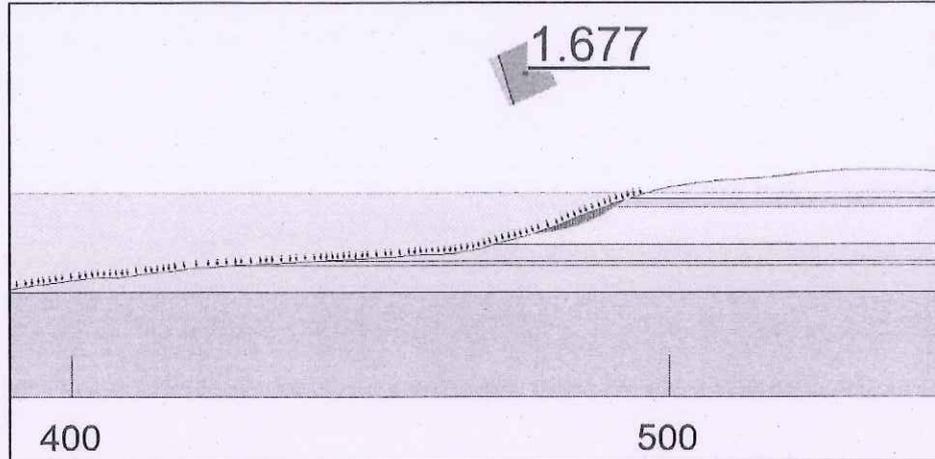
Hình 32: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn (a)



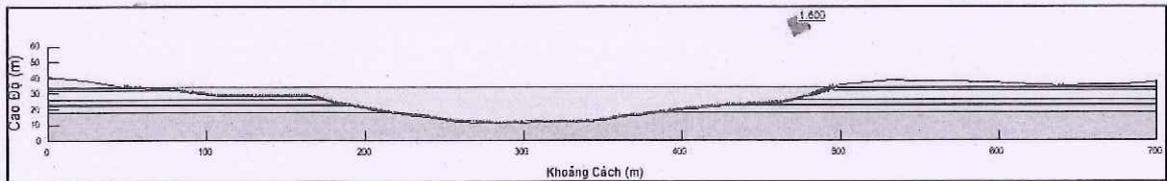
Hình 33: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn (b)



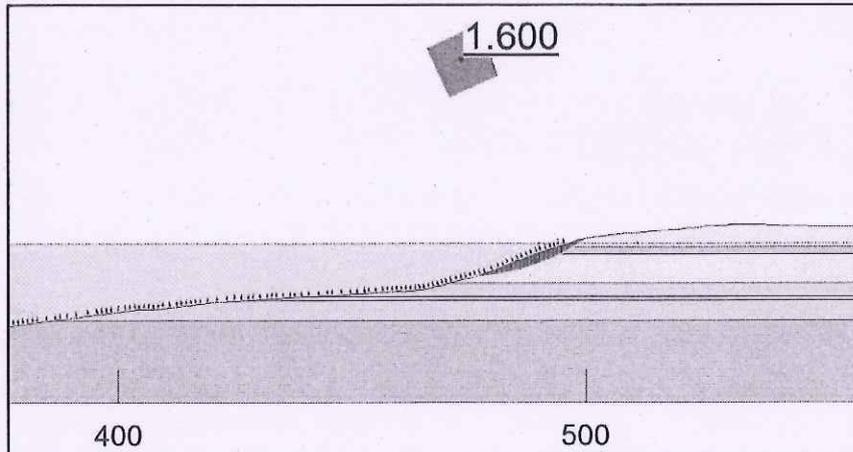
Hình 34: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn



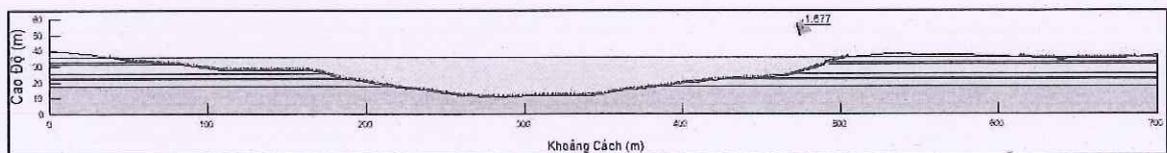
Hình 35: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn



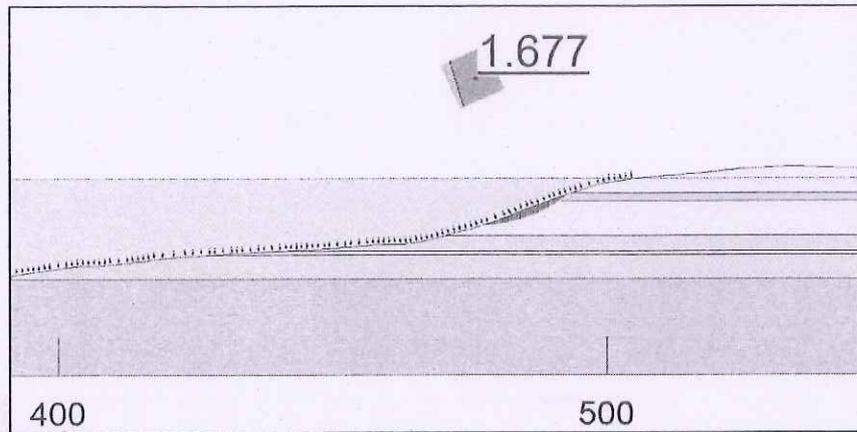
Hình 36: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, xét rung chấn



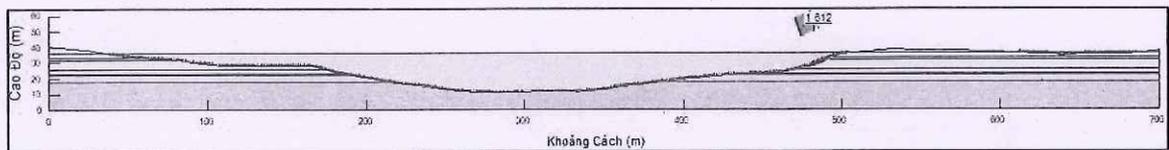
Hình 37: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn



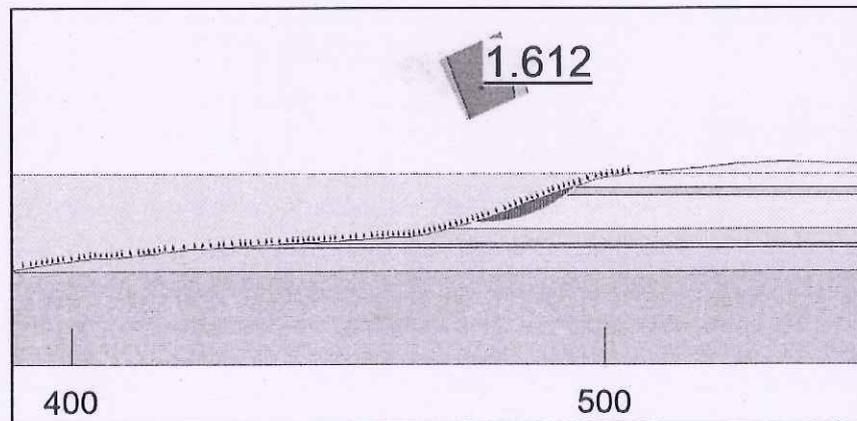
Hình 38: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn



Hình 39: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn

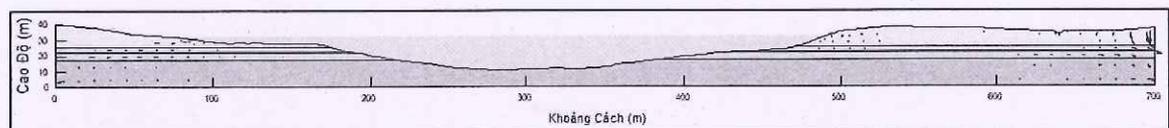


Hình 40: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn

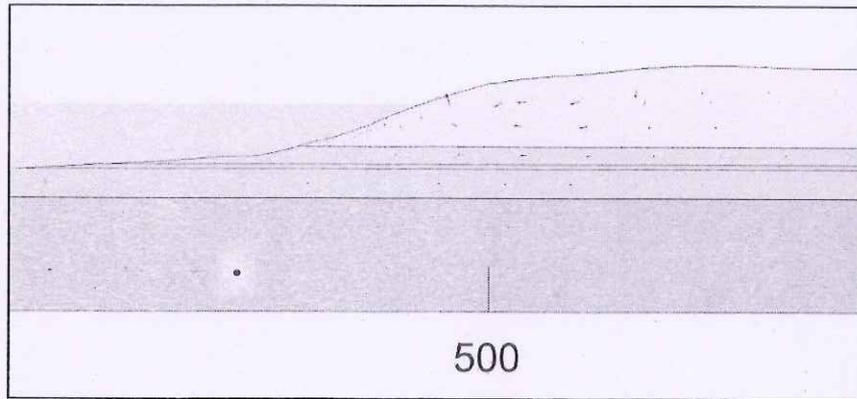


Hình 41: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn

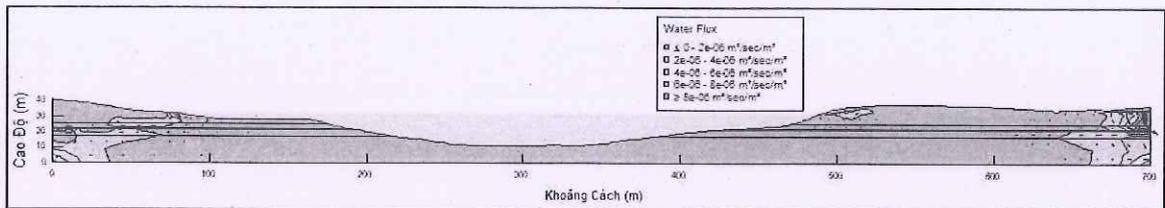
#### A.2. Phân tích thấm



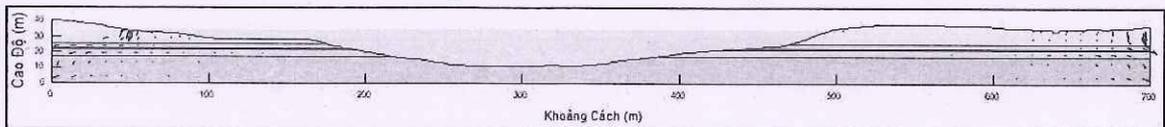
Hình 42: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m



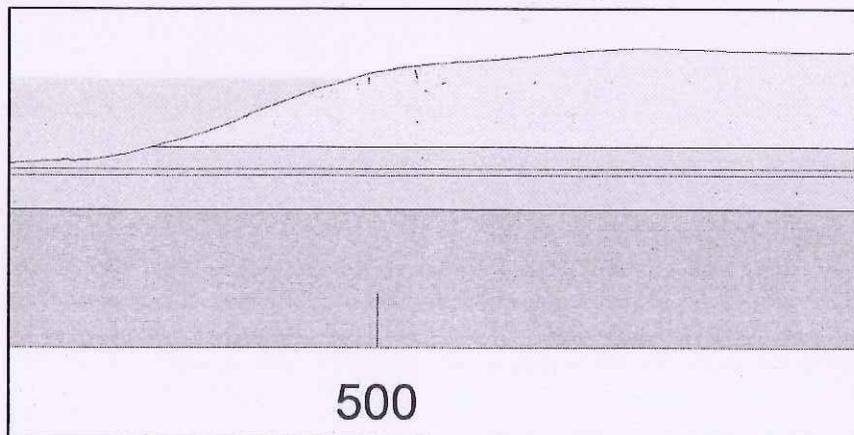
Hình 43: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m



Hình 44: Lưu lượng thấm với cao trình mực nước hồ 32m

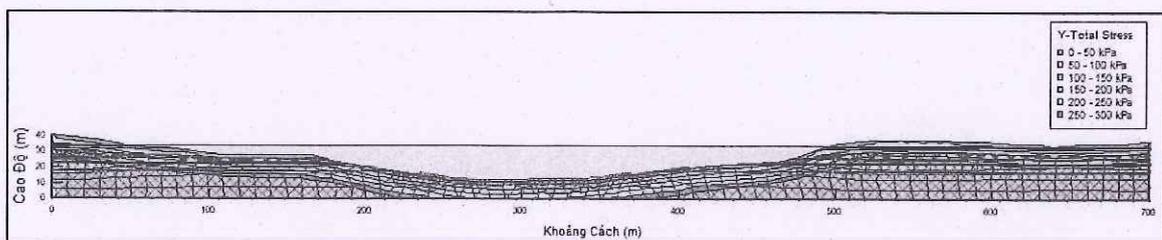


Hình 45: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34,2m

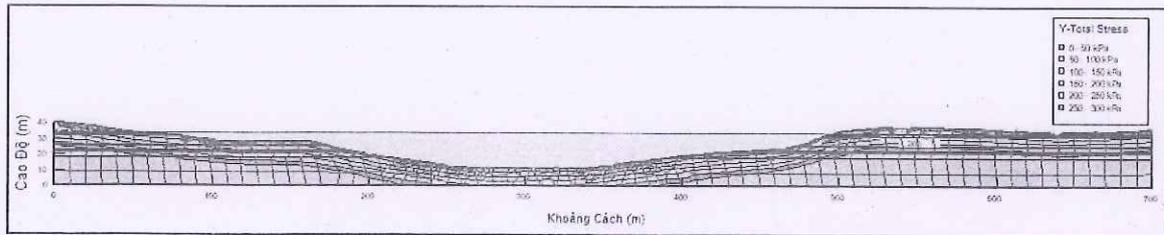


Hình 46: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34,2m

### A.3 Phân tích ứng suất

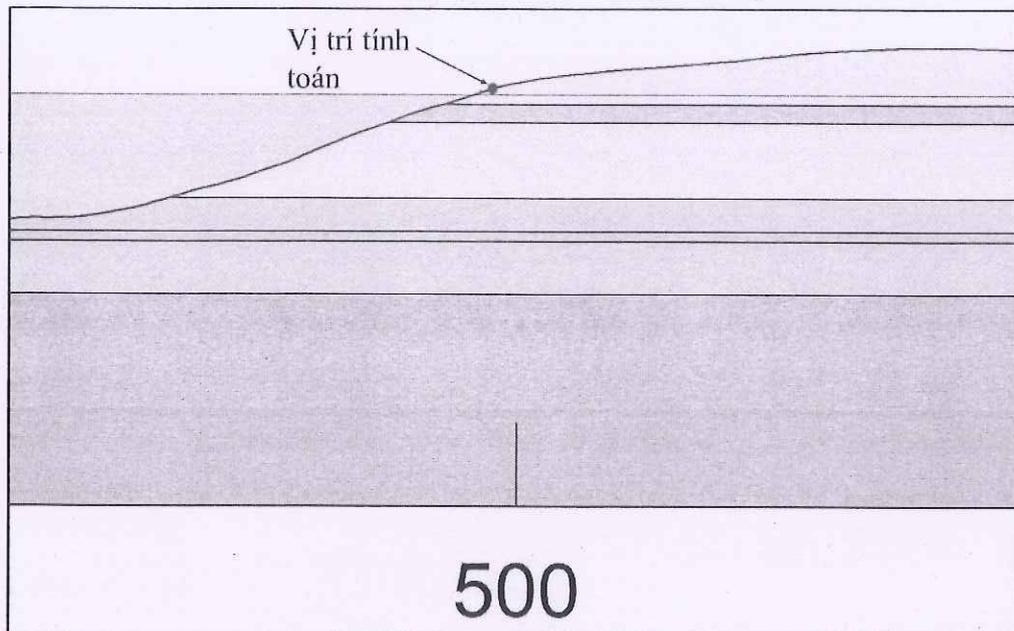


Hình 47: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến L4 không xét đến hoạt tải

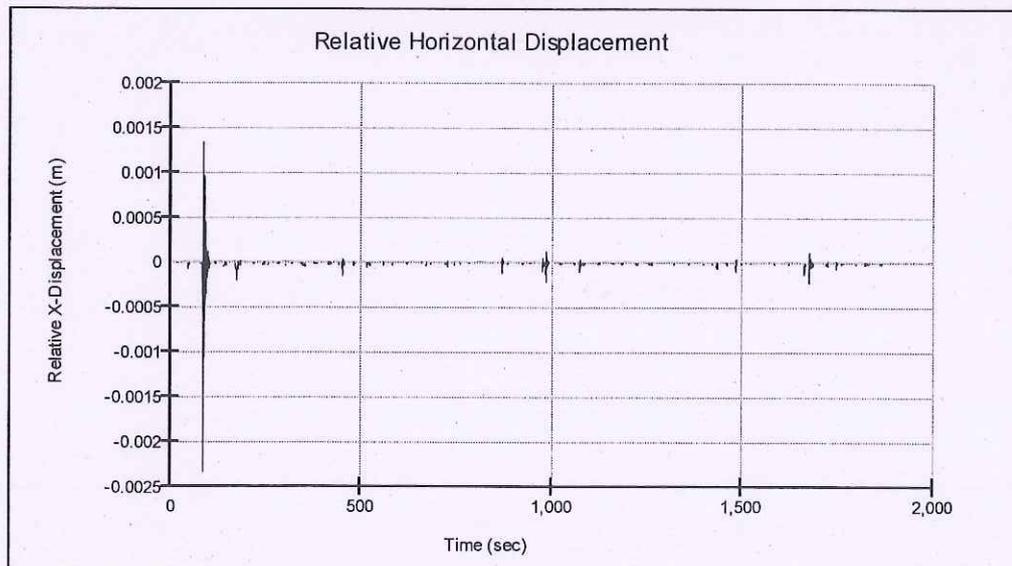


Hình 48: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến L4 có xét đến hoạt tải (a)  
A.4. Phân tích tải trọng động

Hình 49: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến L4

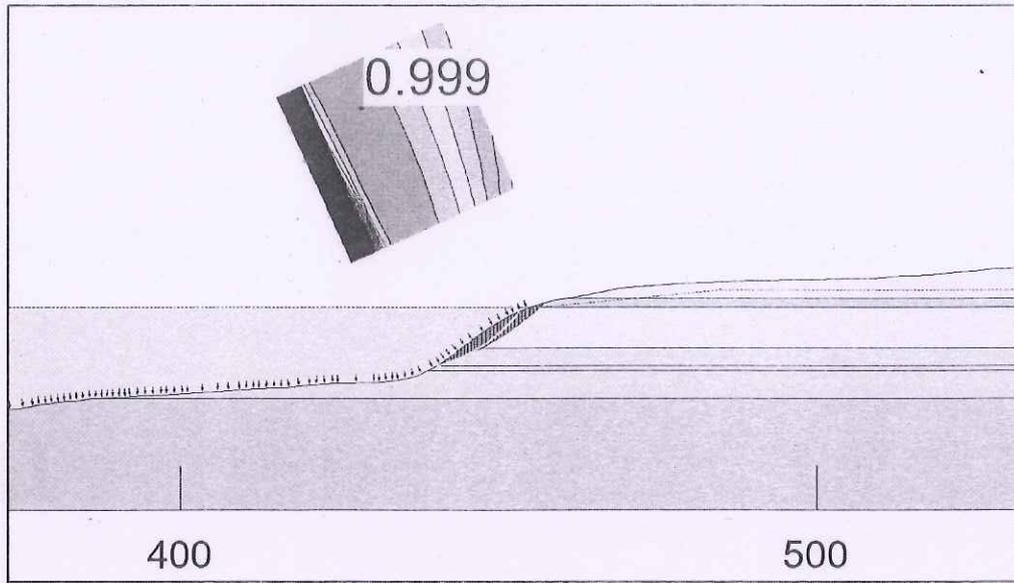


Hình 50: Vị trí tính chuyển vị tương đối

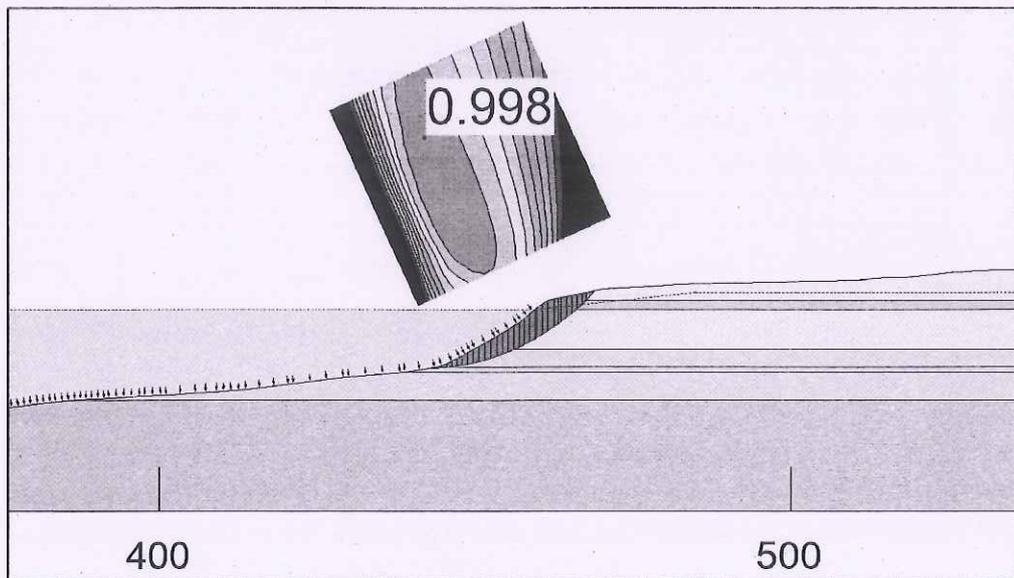


Hình 51: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến L4

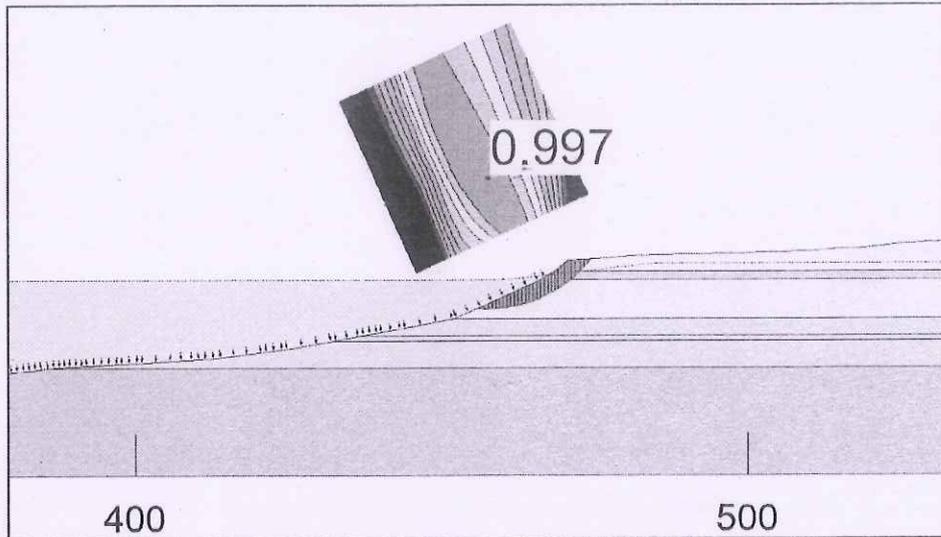
A.5. Phân tích diễn biến sạt lở tuyến L4



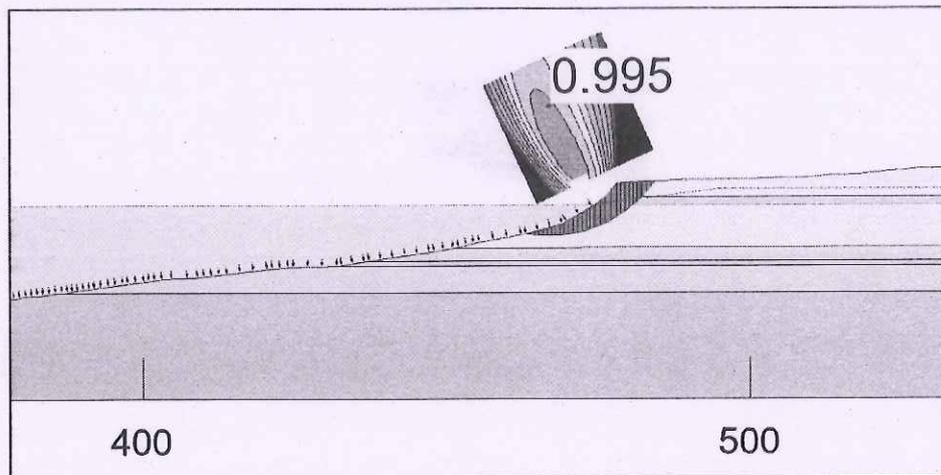
Hình 52: Mô hình khối sạt lở thứ 1



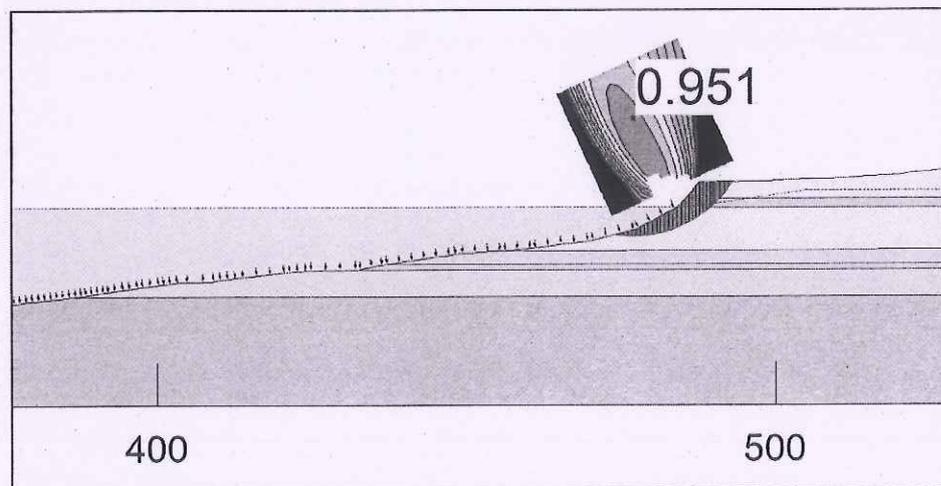
Hình 53: Mô hình khối sạt lở thứ 2



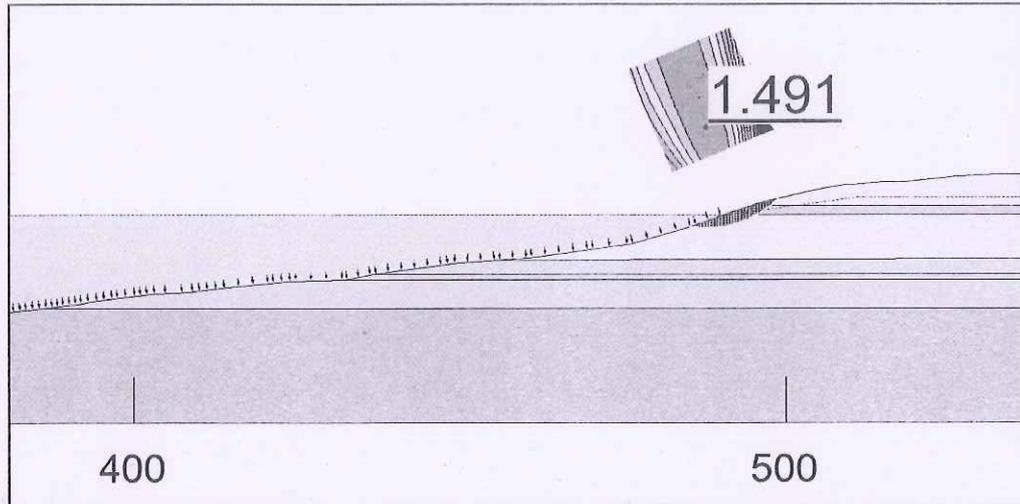
Hình 54: Mô hình khối sạt lở thứ 3



Hình 55: Mô hình khối sạt lở thứ 4



Hình 56: Mô hình khối sạt lở cuối

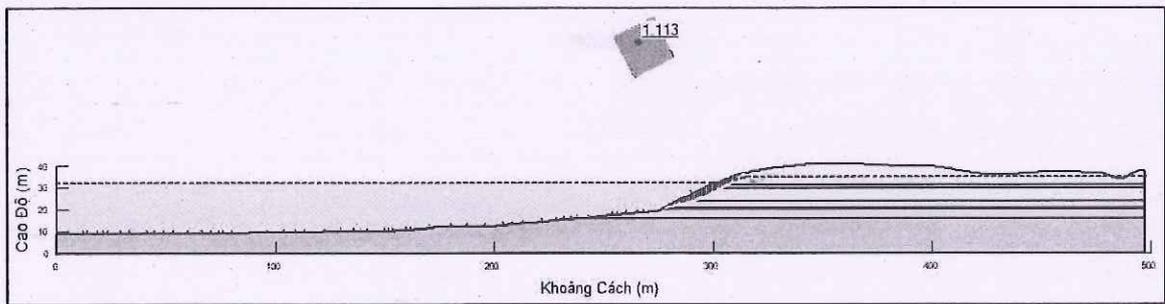


Hình 57: Ổn định của tuyến L4 sau sạt lở

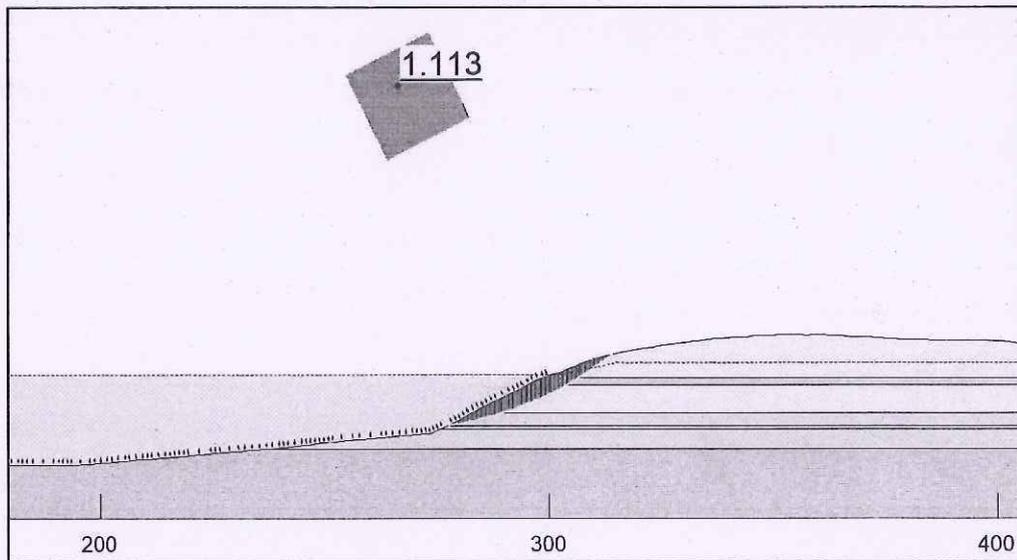
**B. Mặt cắt tuyến L8**

**B.1. Phân tích cung trượt**

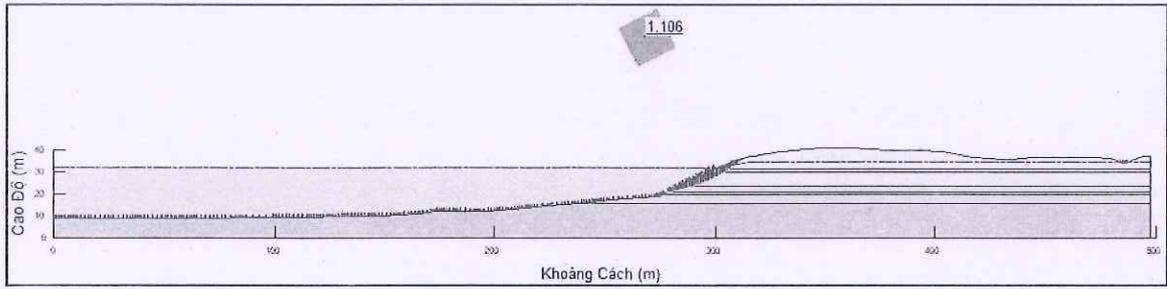
a) Mức nước hồ 32m



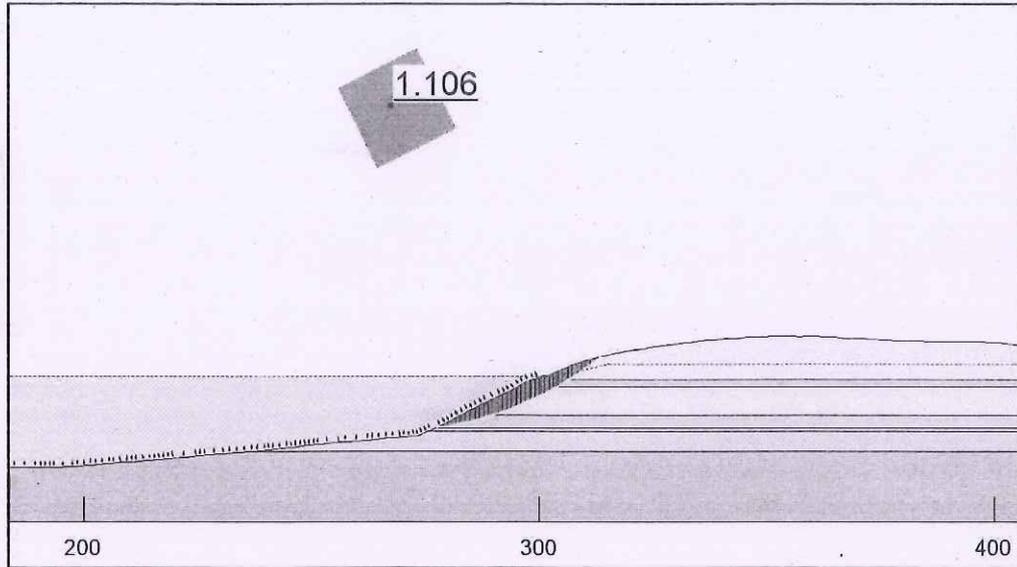
Hình 58: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (a)



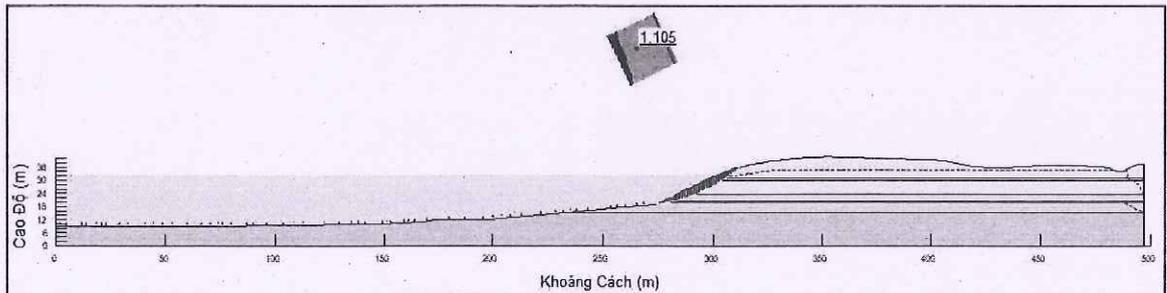
Hình 59: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (b)



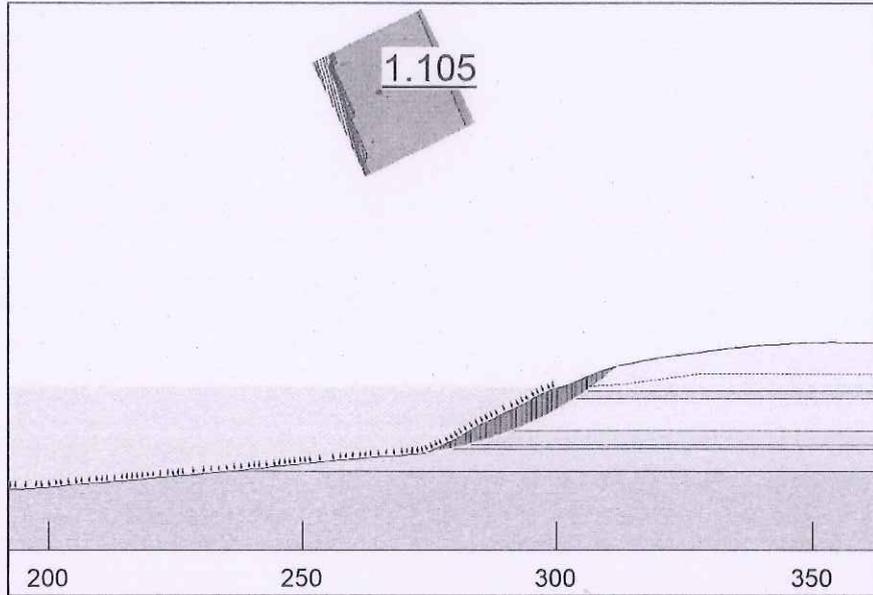
Hình 60: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn (a)



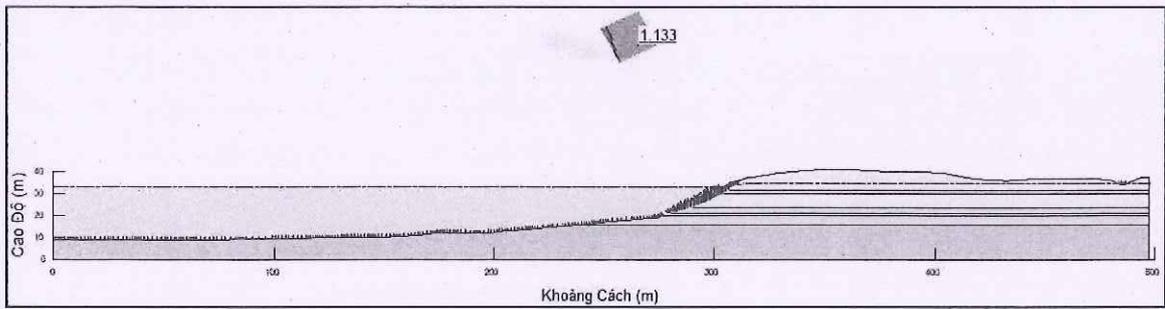
Hình 61 Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn (b)



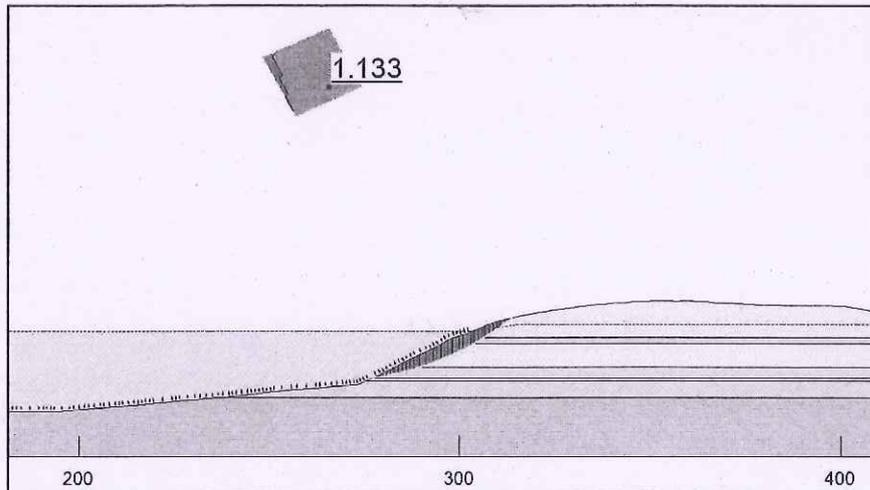
Hình 62: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 32m (a)



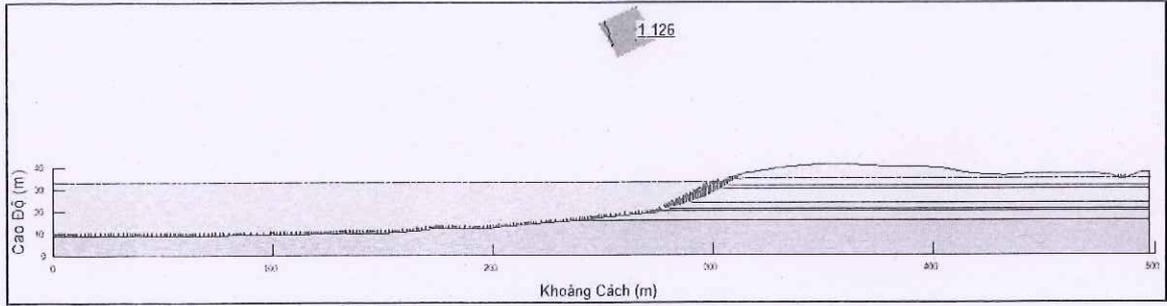
Hình 63: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 32m (b)  
 b) Mực nước hồ 33m



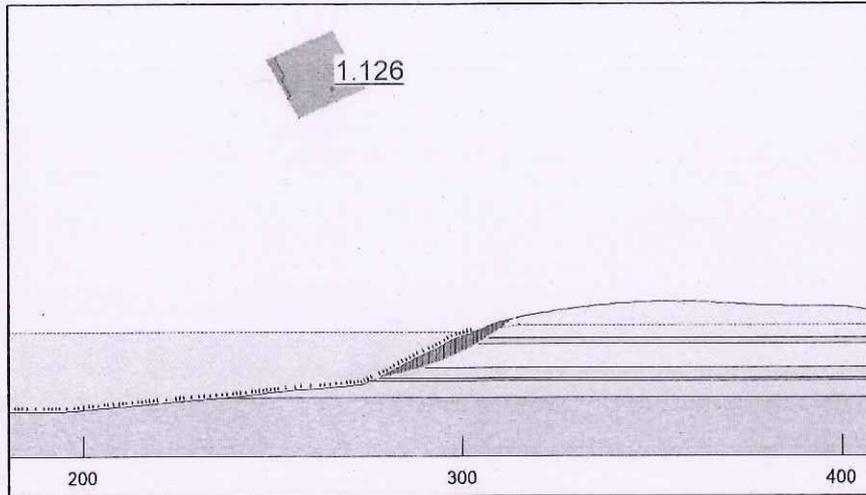
Hình 64: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, không xét rung chấn  
 (a)



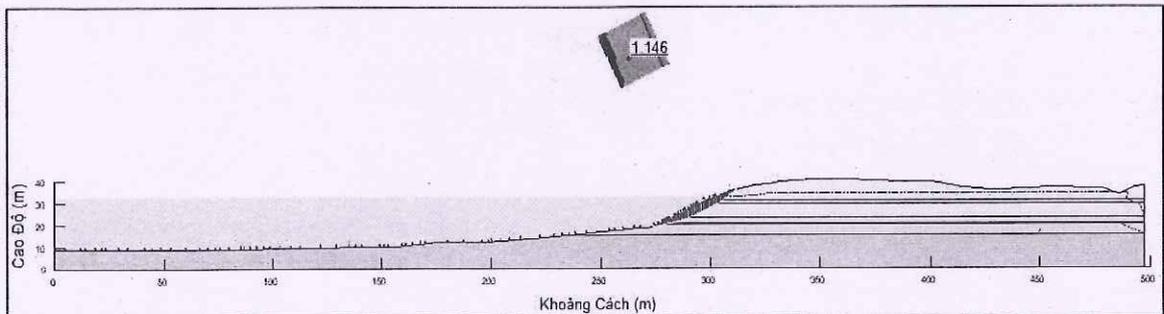
Hình 65: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, không xét rung chấn  
 (b)



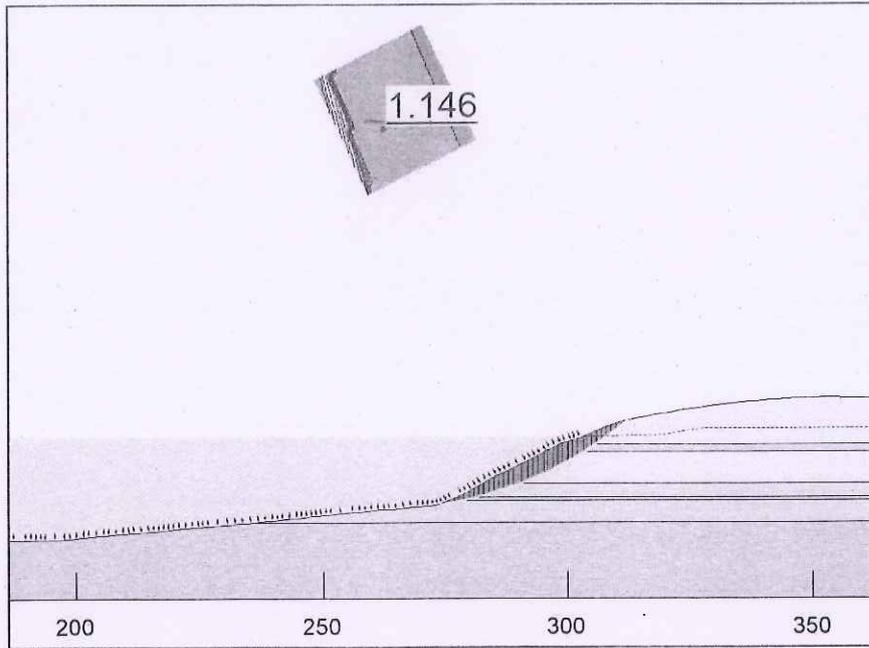
Hình 66: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, xét rung chấn (a)



Hình 67: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, xét rung chấn (b)

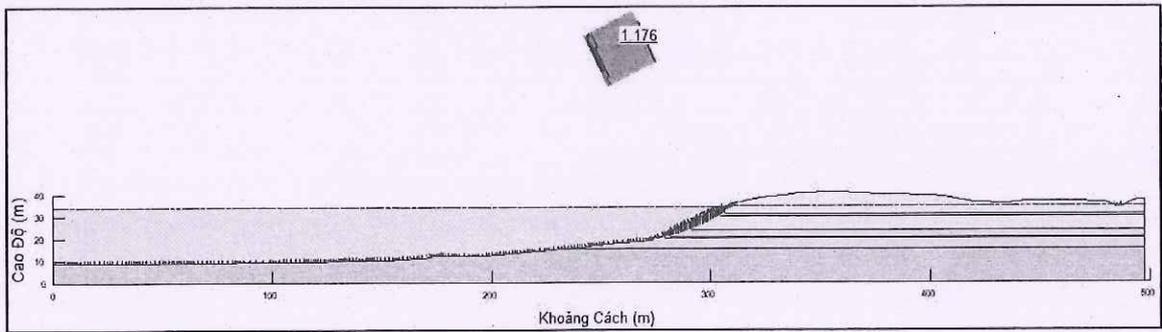


Hình 68: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 33m (a)

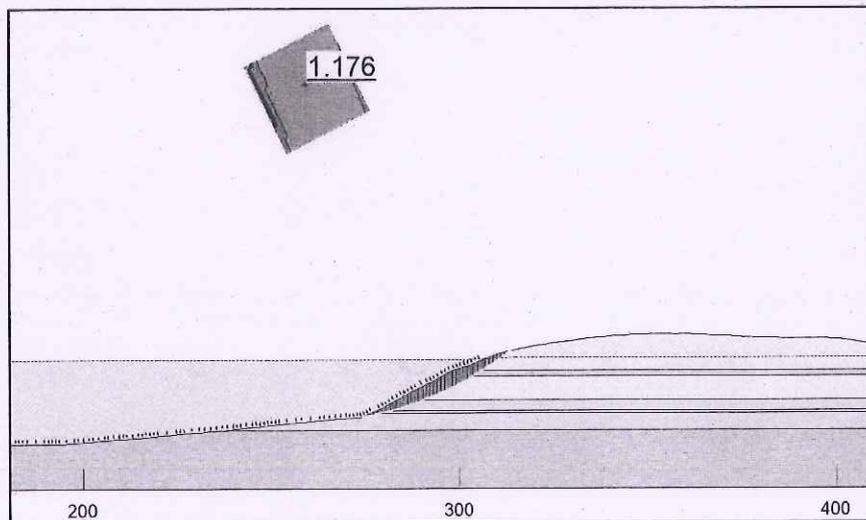


Hình 69: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 33m (b)

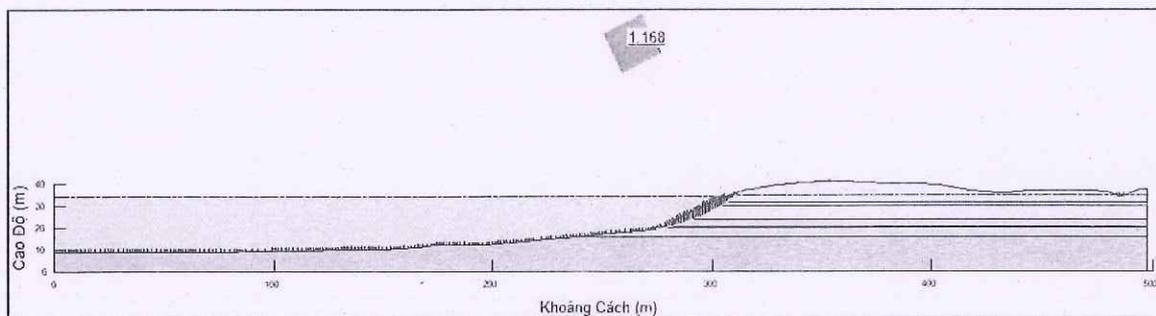
c) Mực nước hồ 34,2m



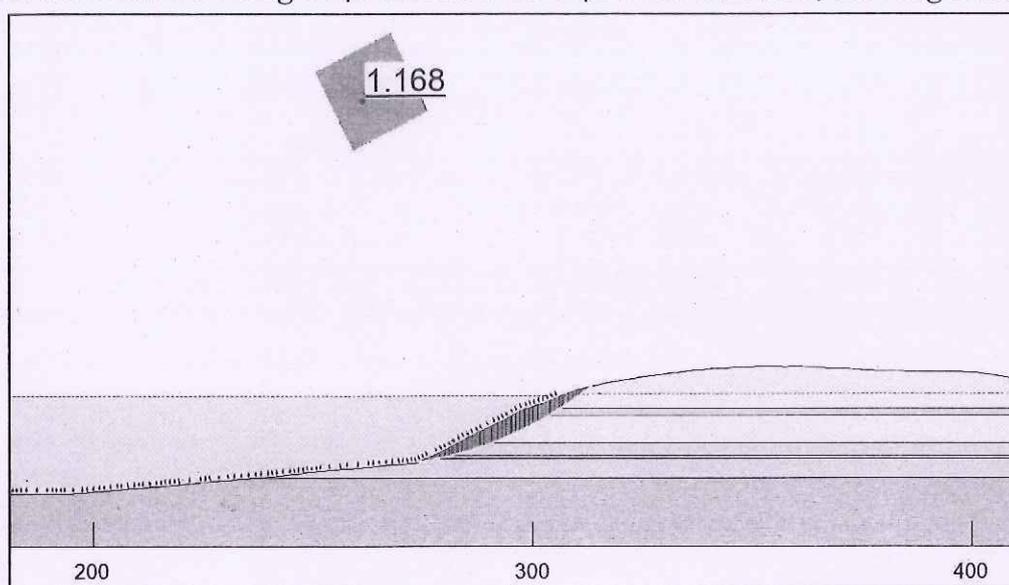
Hình 70: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn (a)



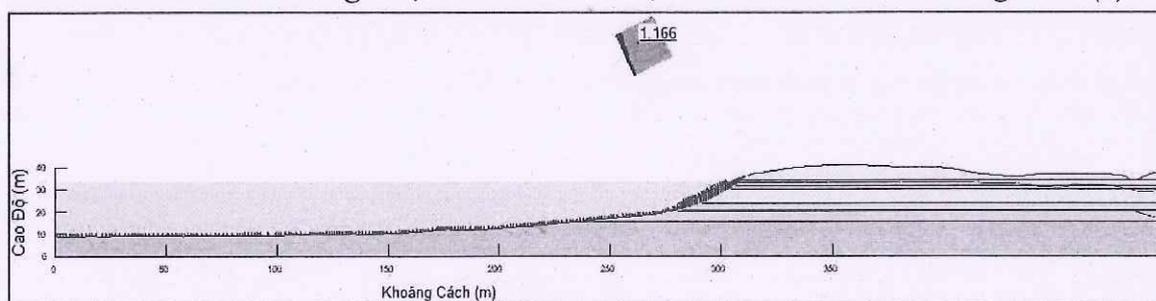
Hình 71: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn (b)



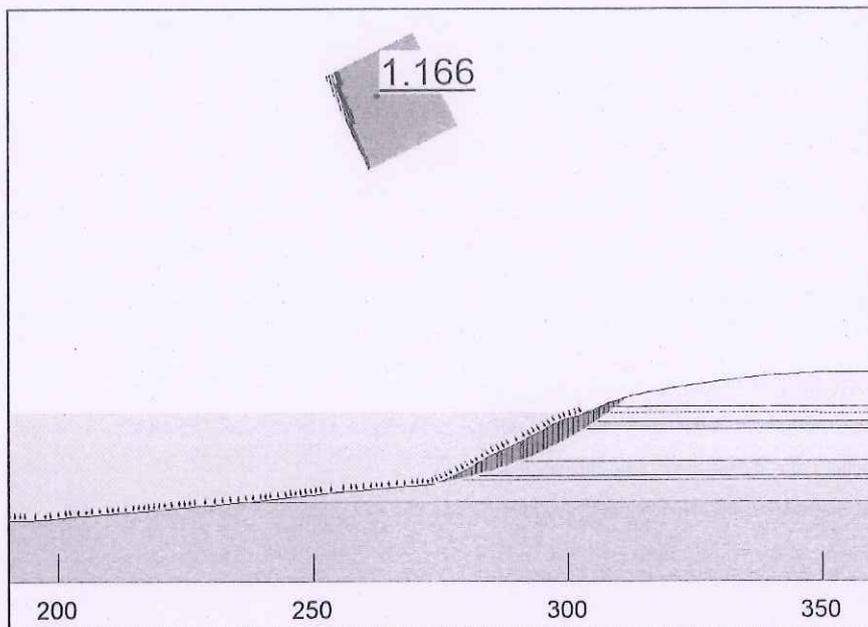
Hình 72: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, xét rung chấn (a)



Hình 73: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, xét rung chấn (b)

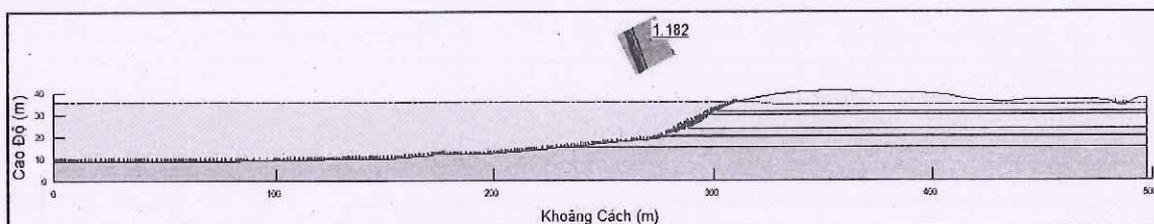


Hình 74: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 34.2m (a)

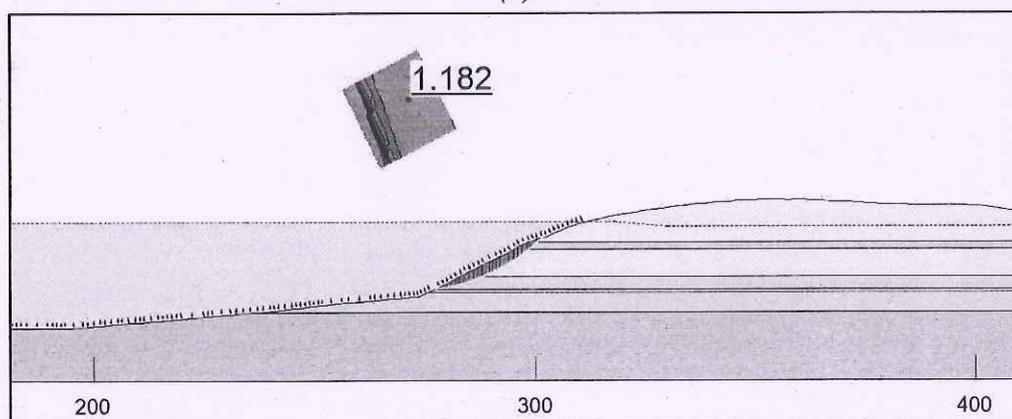


Hình 75: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 34.2m (b)

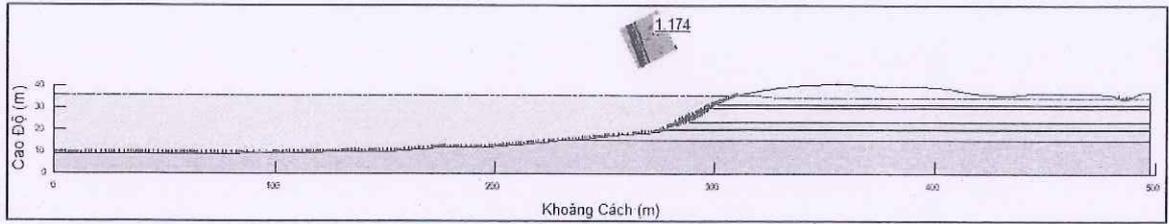
d) Mực nước hồ 36m



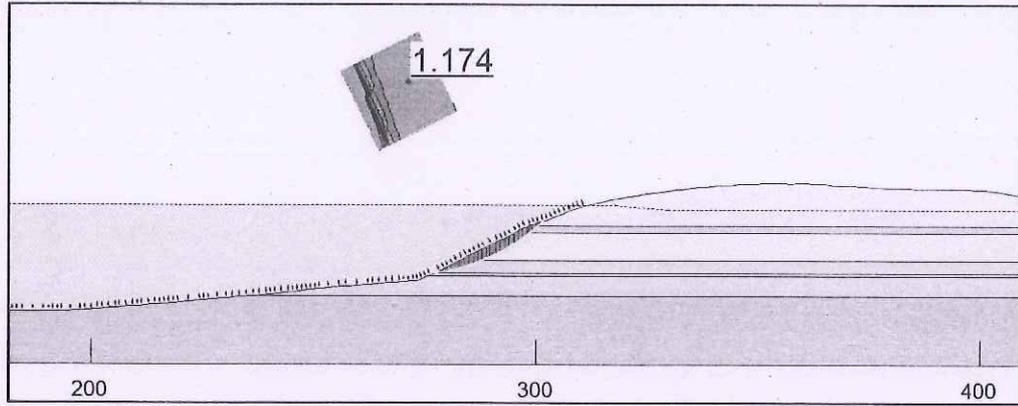
Hình 76: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn (a)



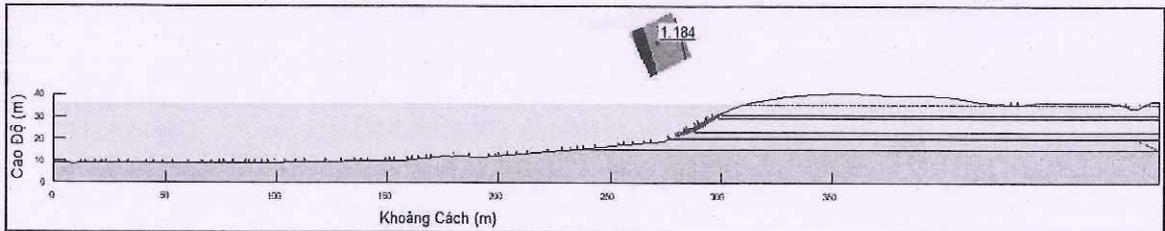
Hình 77: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn (b)



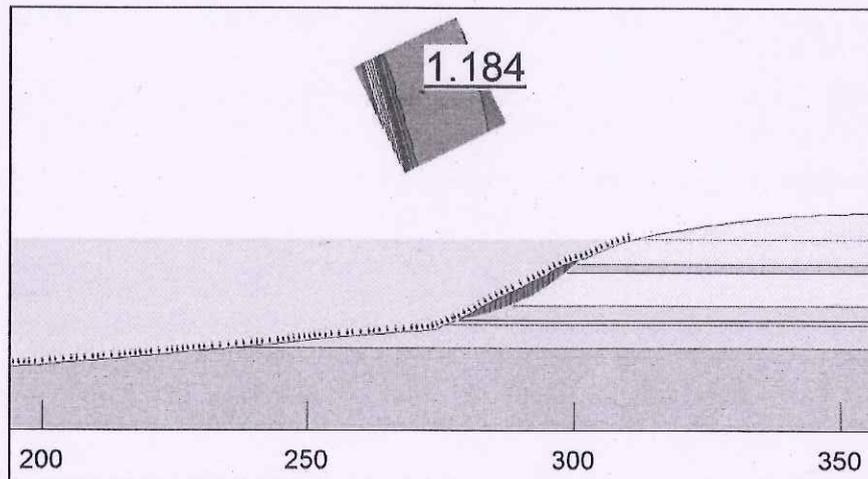
Hình 78: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn (a)



Hình 79: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn (b)

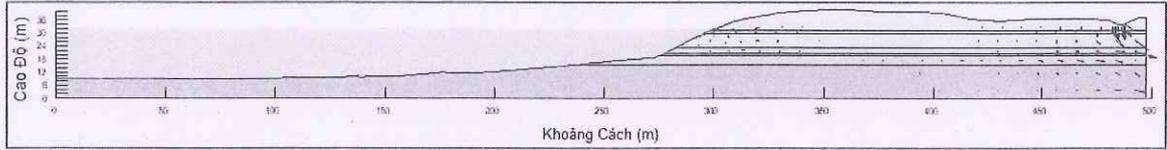


Hình 80: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 36m (a)

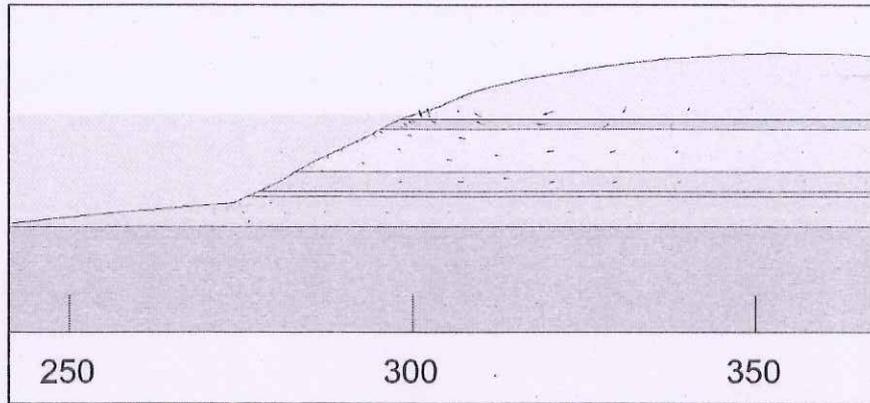


Hình 81: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 36m (b)

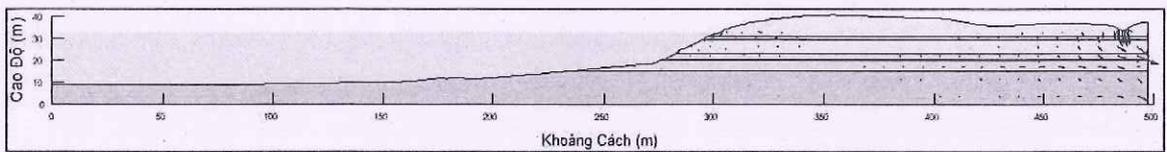
## B.2. Phân tích thấm



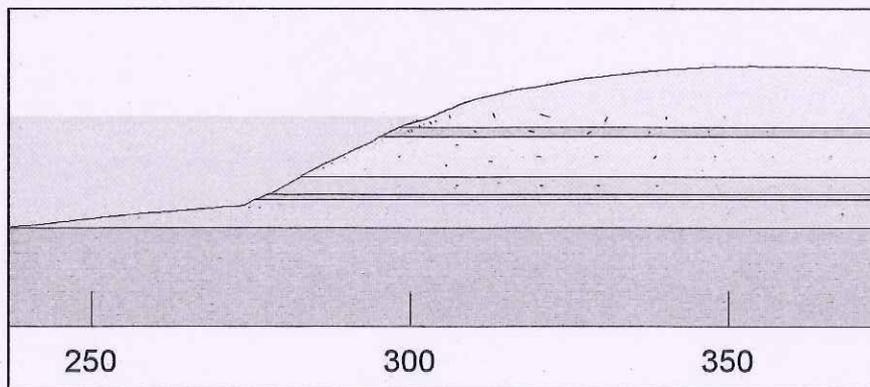
Hình 82: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m (a)



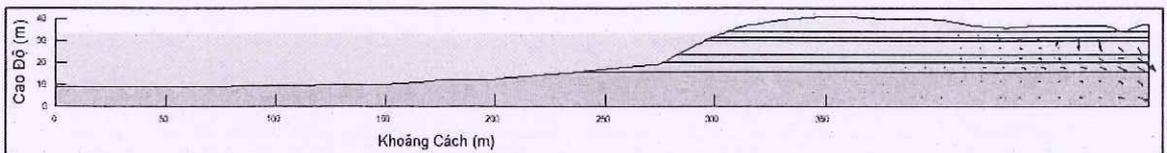
Hình 83: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m (b)



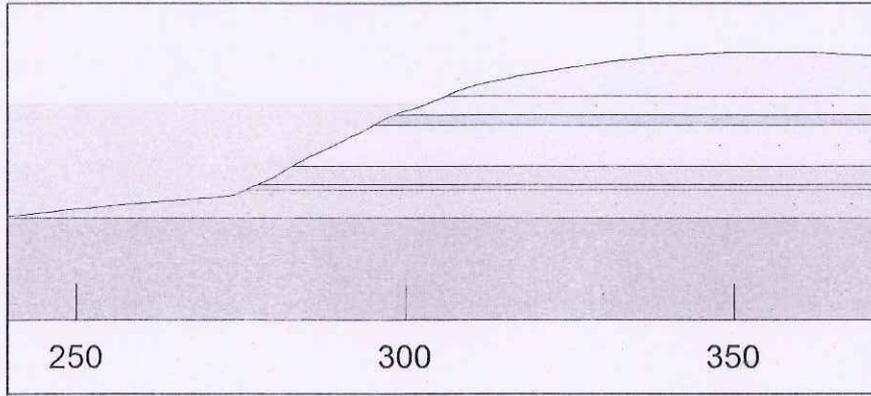
Hình 84: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 33m (a)



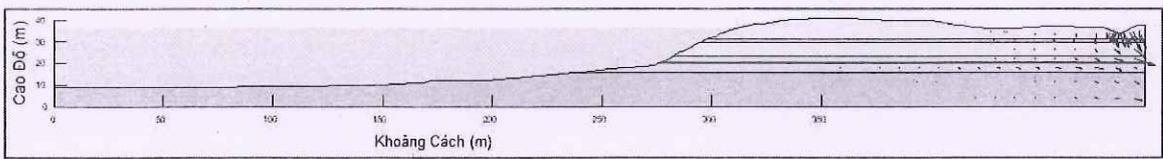
Hình 85: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 33m (b)



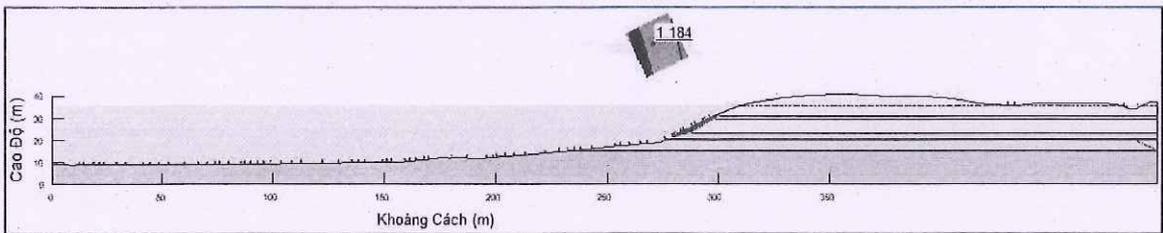
Hình 86: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34.2m (a)



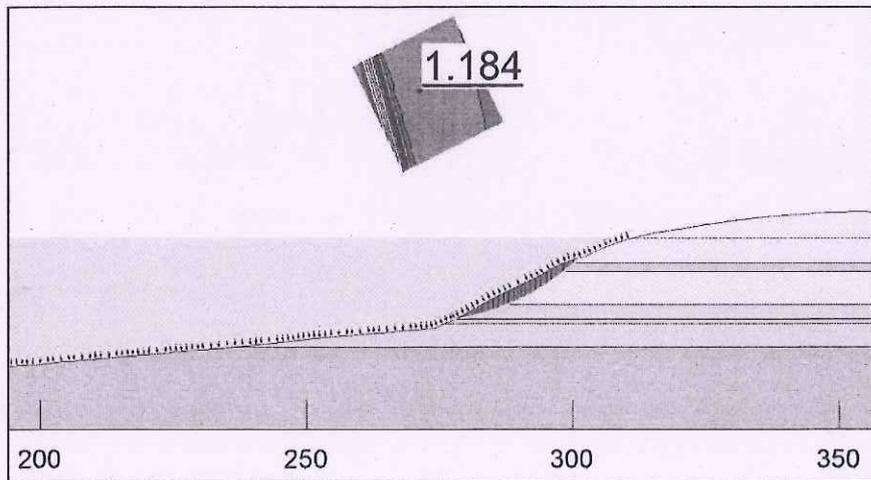
Hình 87: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34.2m (b)



Hình 88: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 36m (a)

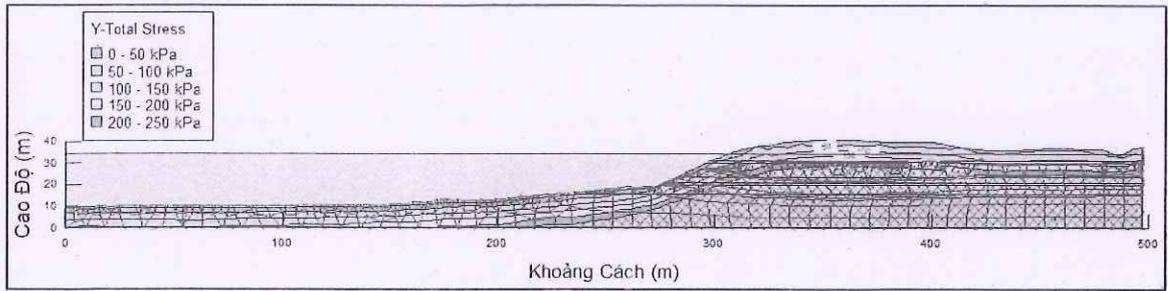


Hình 89: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 36m (a)

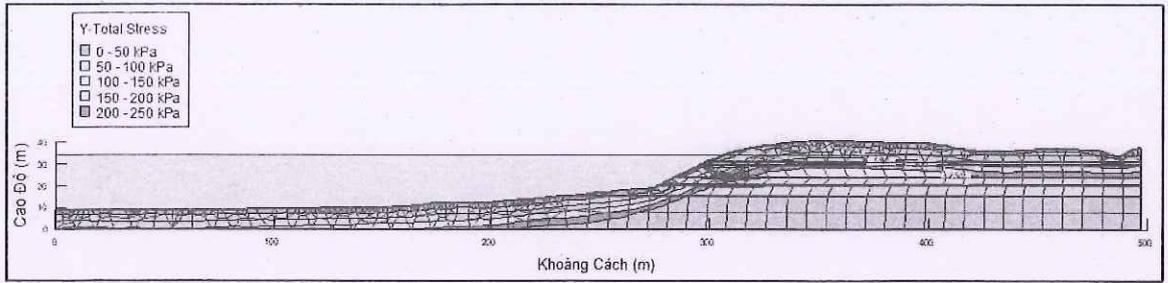


Hình 90: Phân tích cung trượt có xét đến thấm với cao trình mực nước hồ 36m (b)

### B.3. Phân tích SIGMA

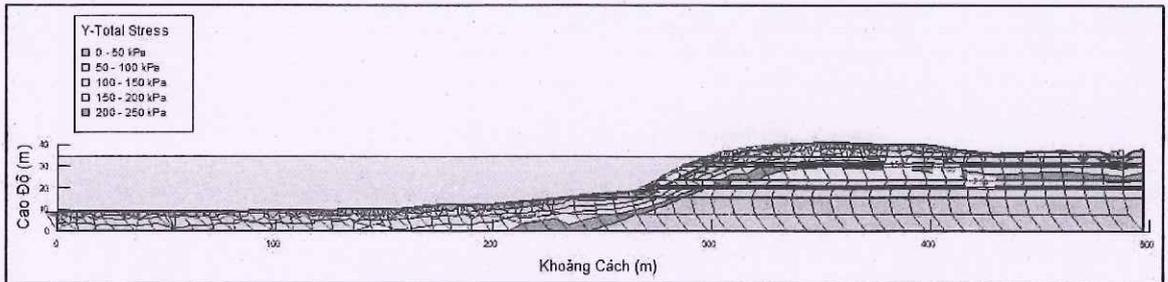


Hình 91: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến L8

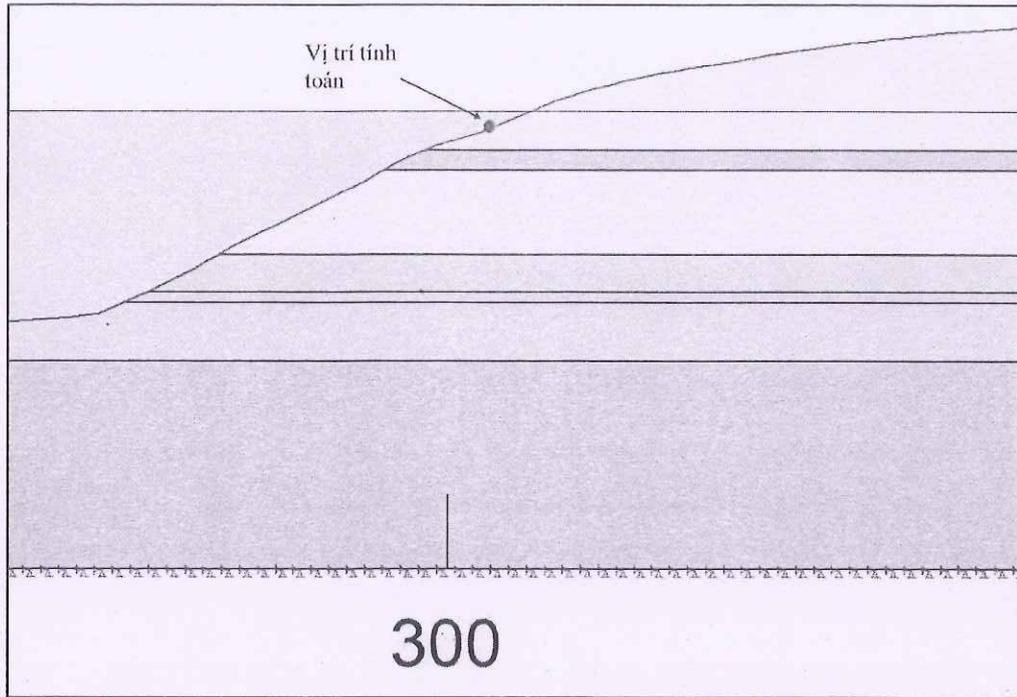


Hình 92: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến L8 có xét đến hoạt tải (a)

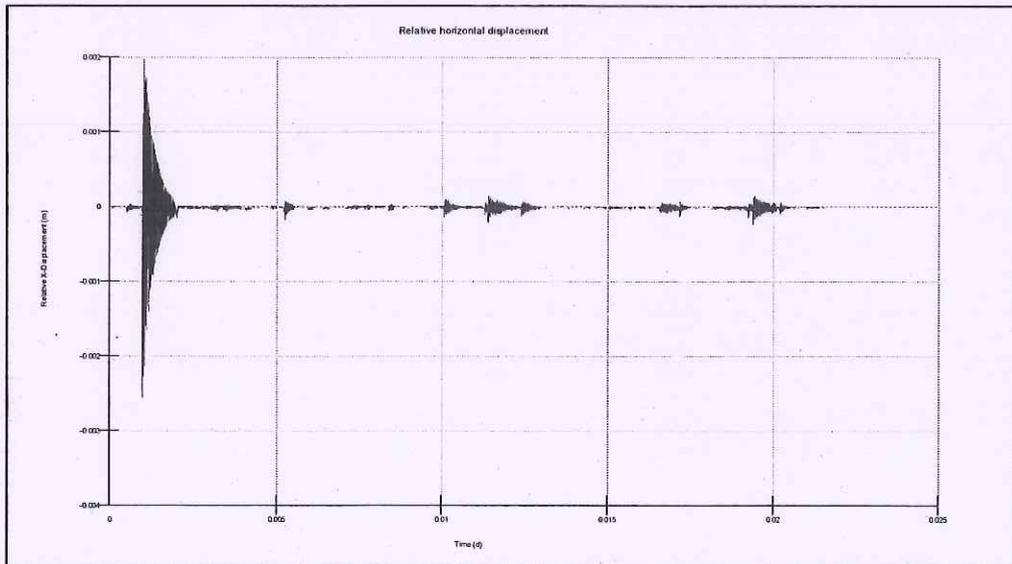
#### B.4. Phân tích tải trọng động



Hình 93: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến L8



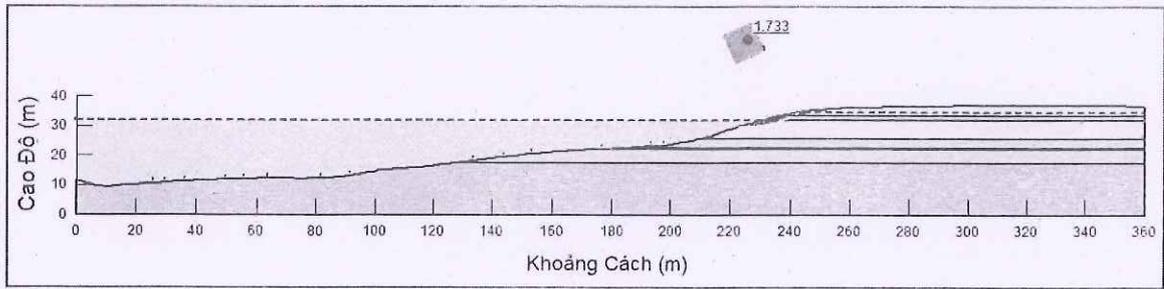
Hình 94: Vị trí tính chuyển vị tương đối



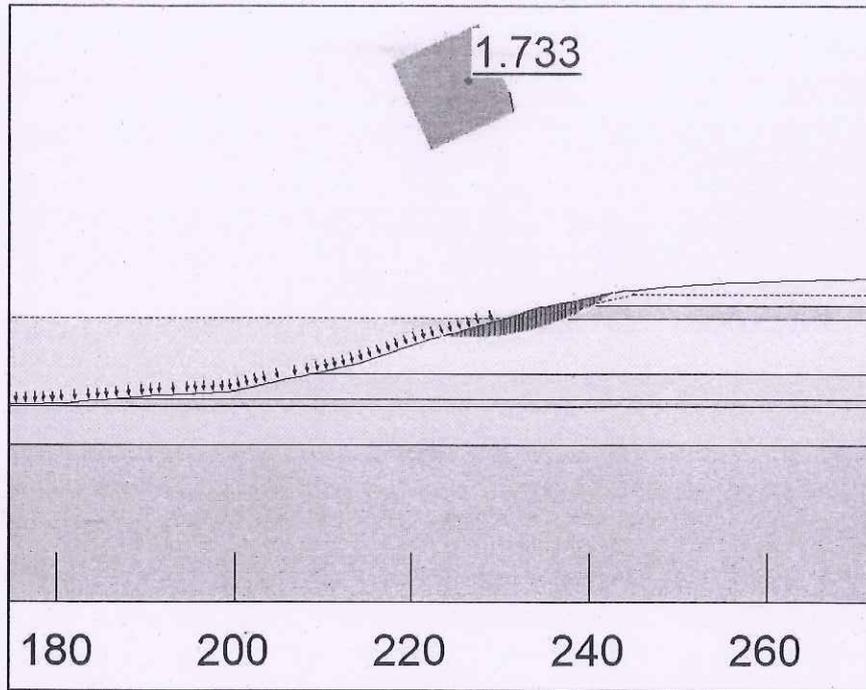
Hình 95: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến L8

### C. Mặt cắt L1

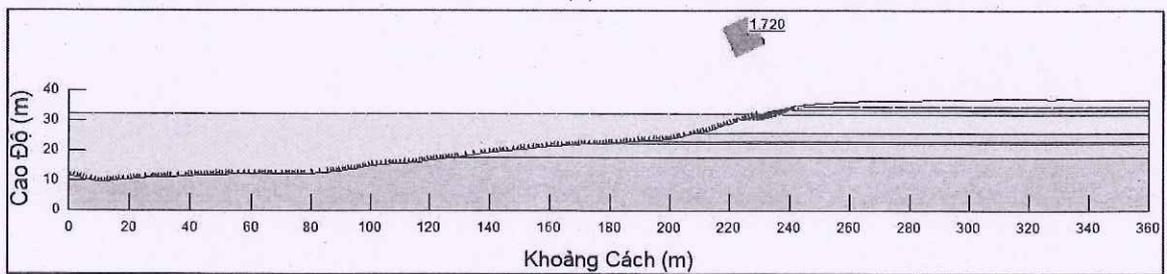
C.1. Phân tích cung trượt



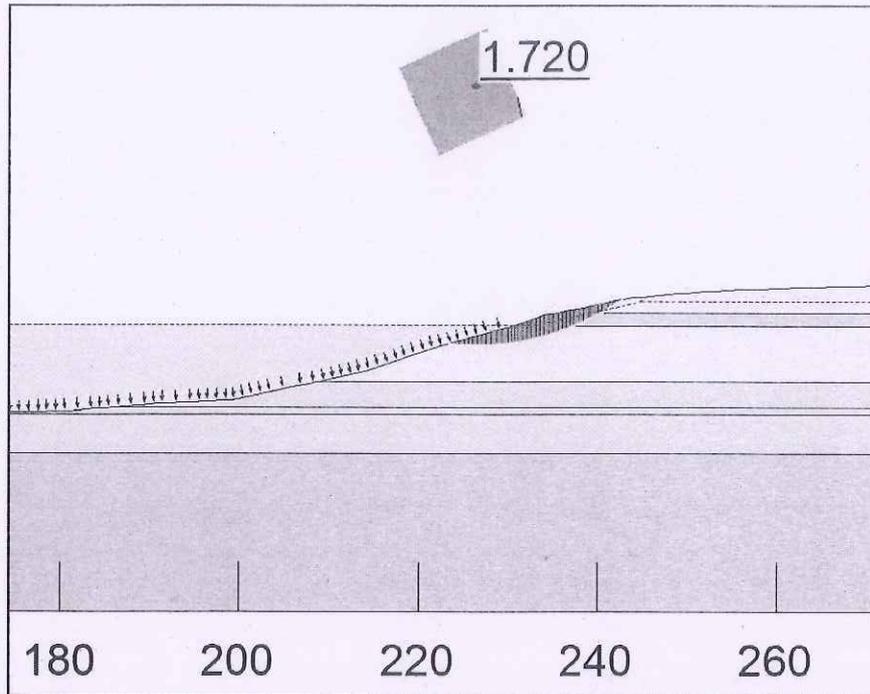
Hình 96: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (a)



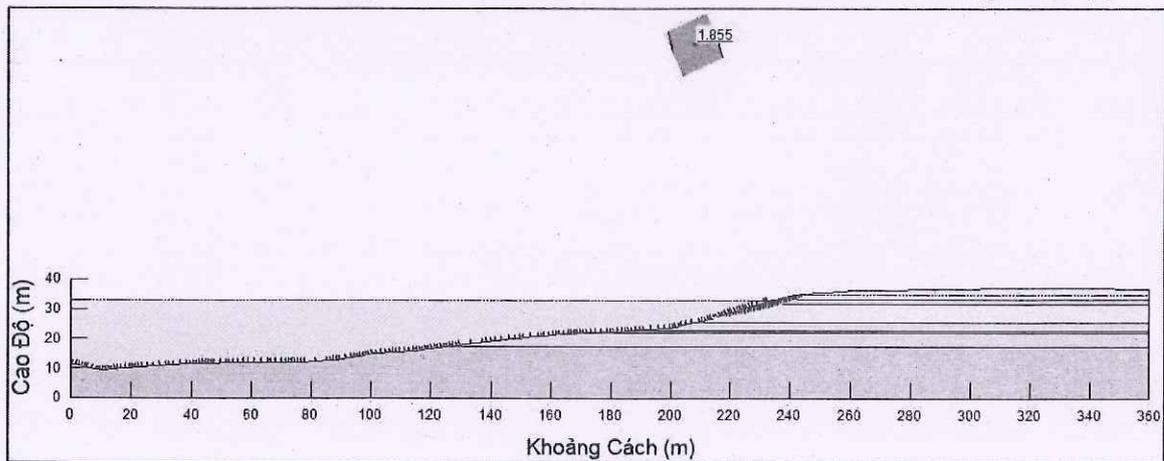
Hình 97: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (b)



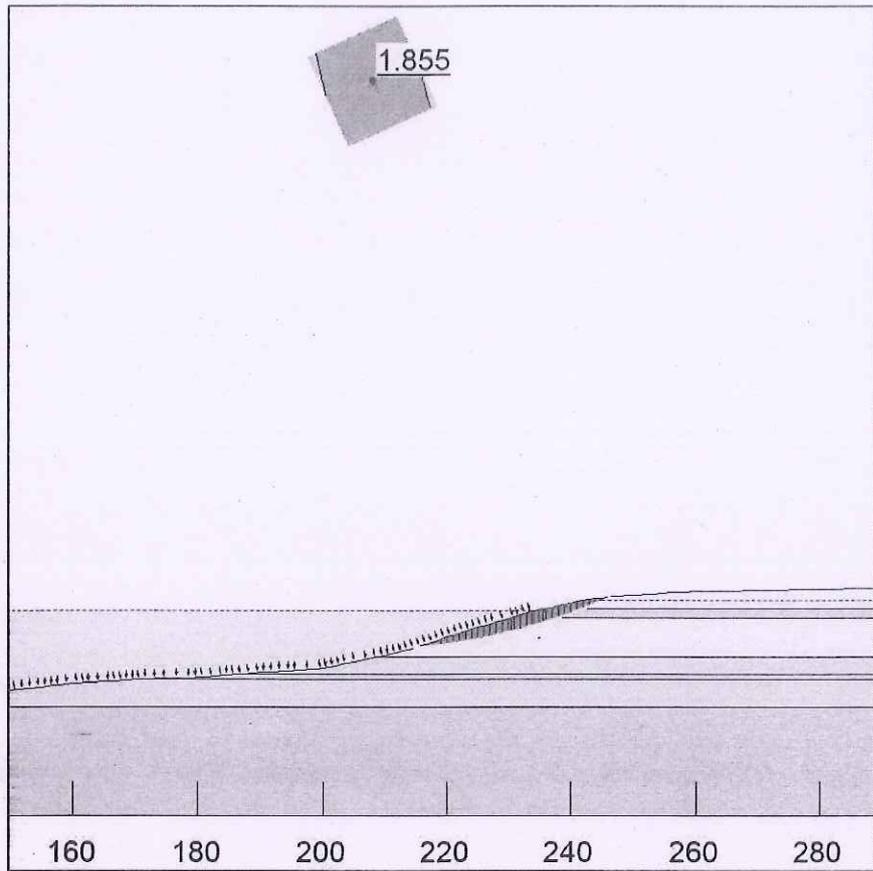
Hình 98: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn (a)



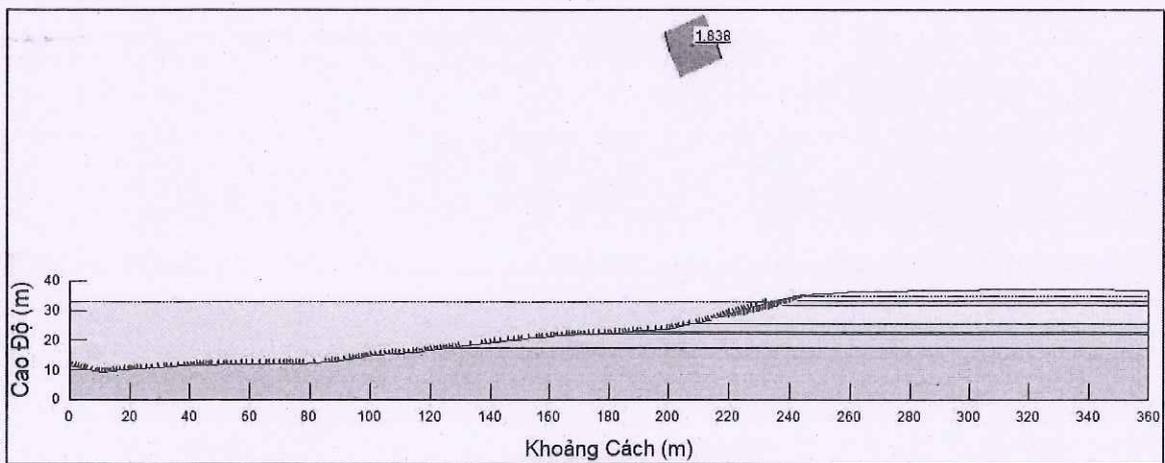
Hình 99: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn (b)



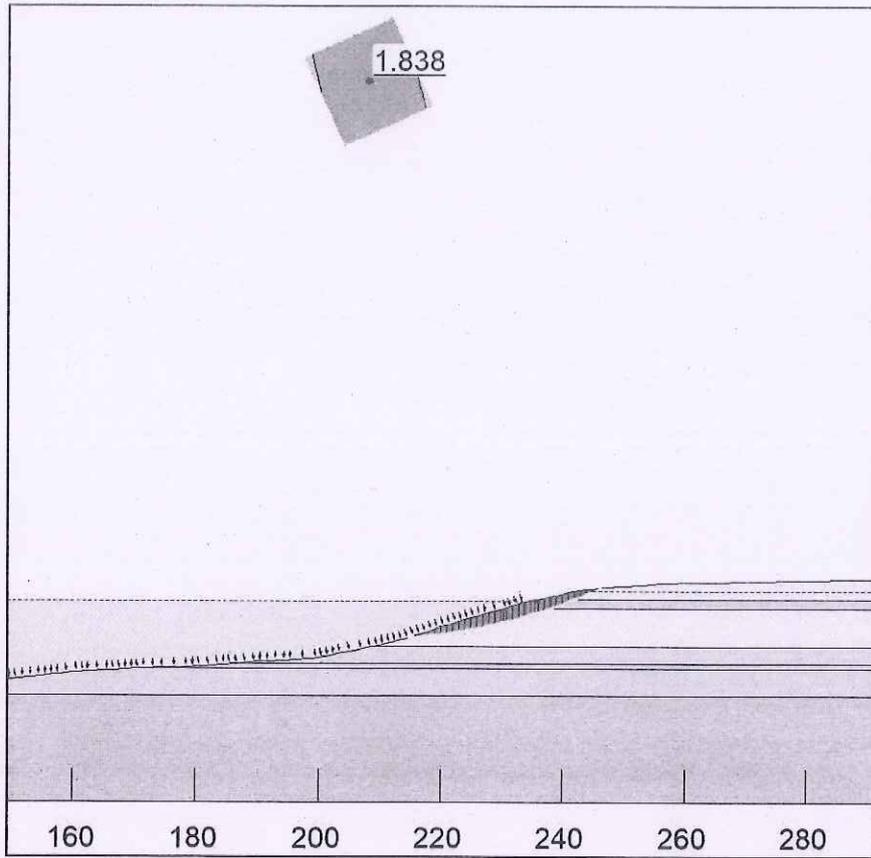
Hình 100: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, không xét rung chấn (a)



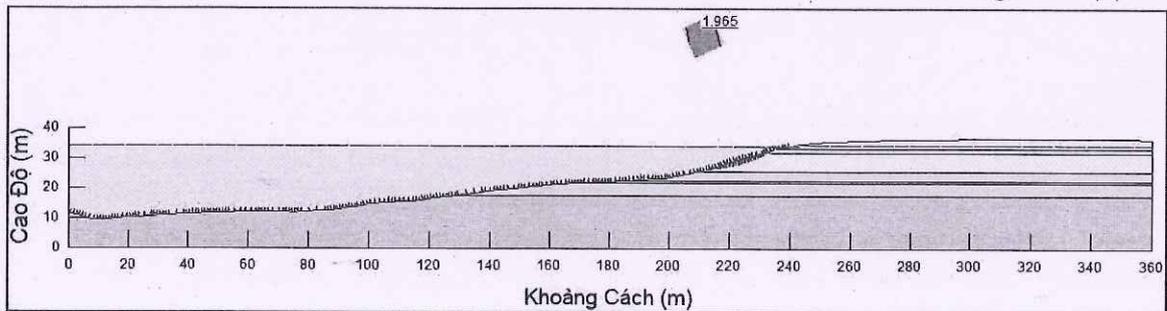
Hình 101: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, không xét rung chấn (b)



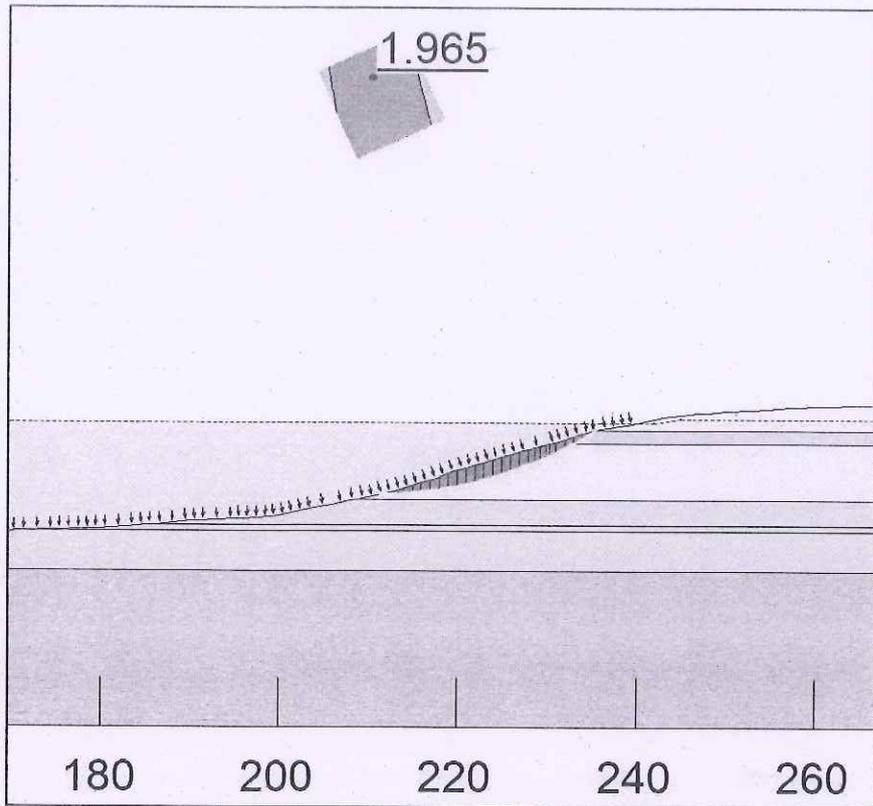
Hình 102: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, xét rung chấn (a)



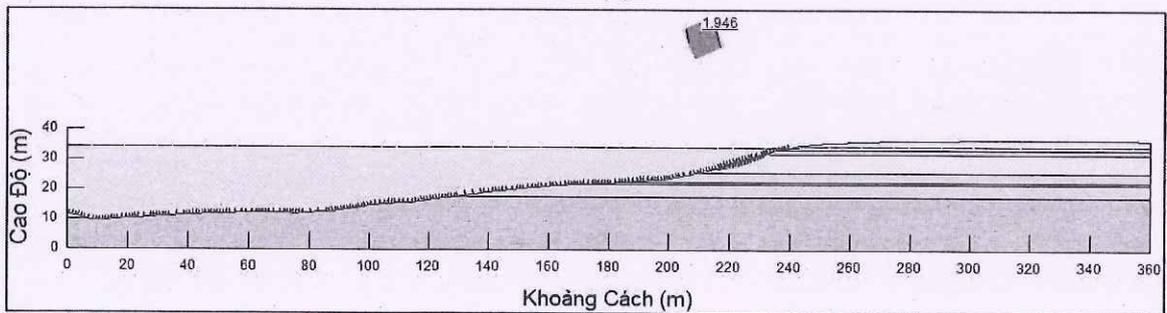
Hình 103: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 33m, xét rung chấn (b)



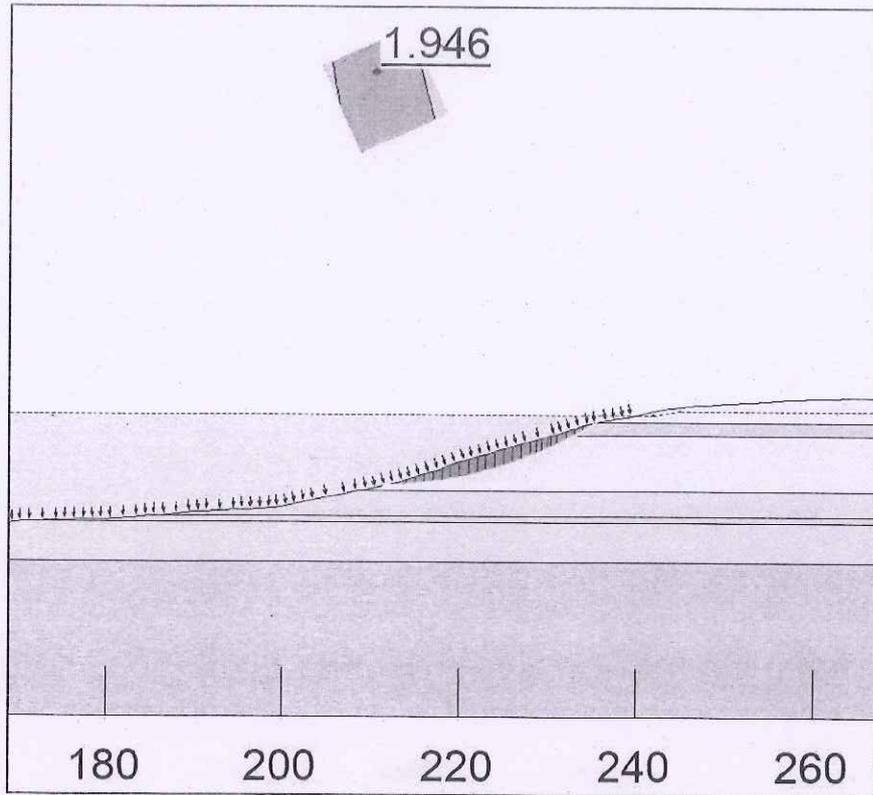
Hình 104: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34,2m, không xét rung chấn (a)



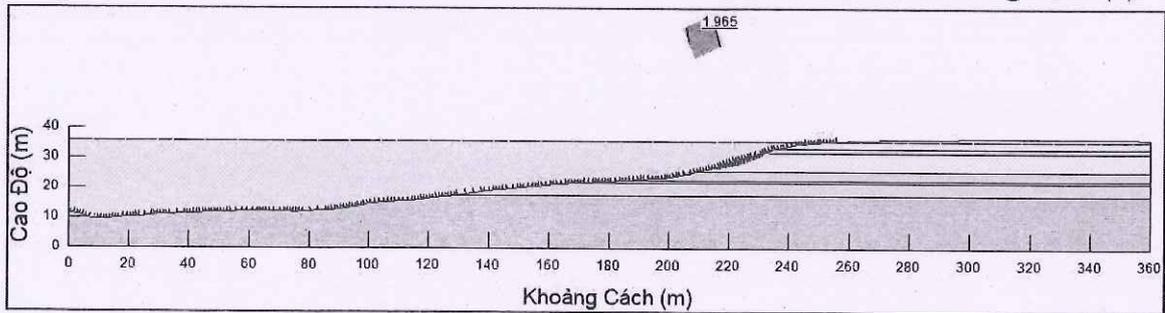
Hình 105: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34,2m, không xét rung chấn (b)



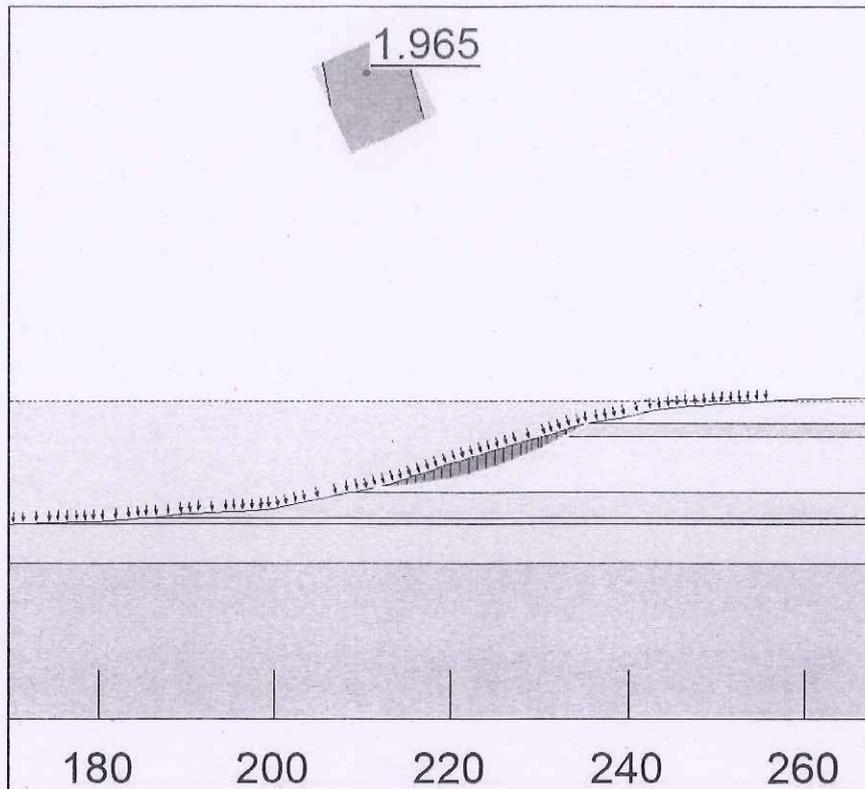
Hình 106: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34,2m, xét rung chấn (a)



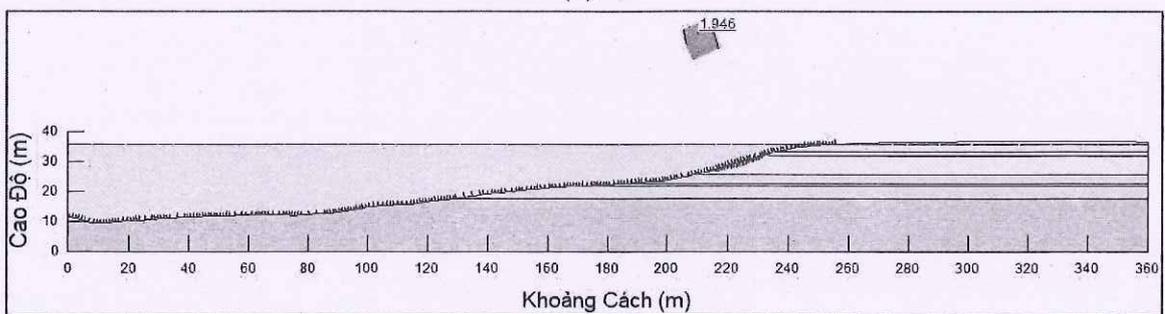
Hình 107: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34,2m, xét rung chấn (b)



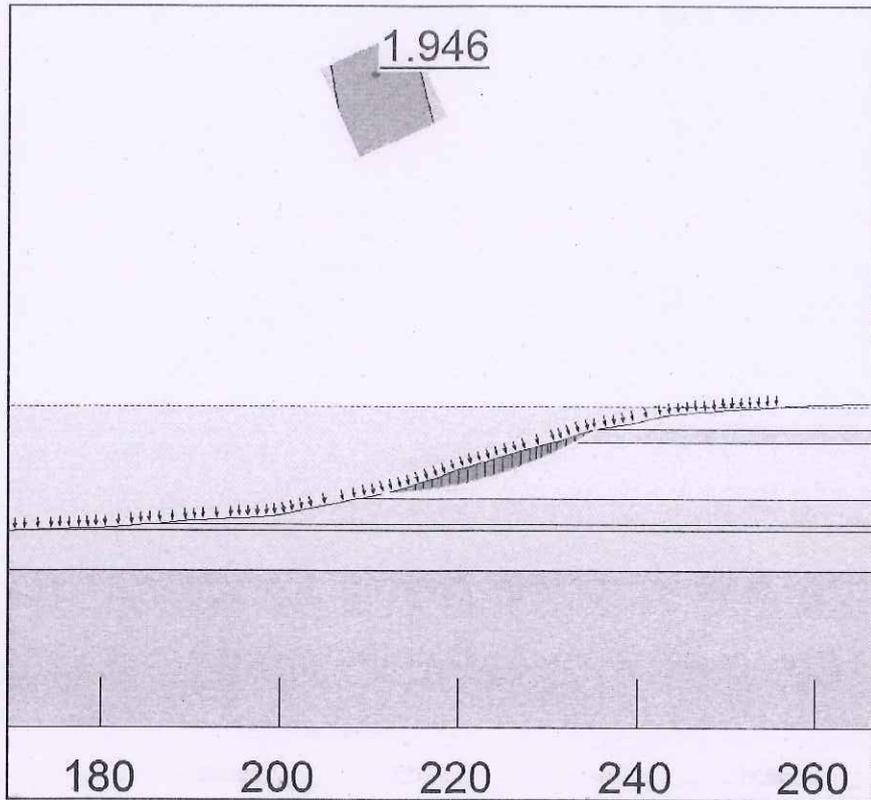
Hình 108: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn (a)



Hình 109: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn (b)

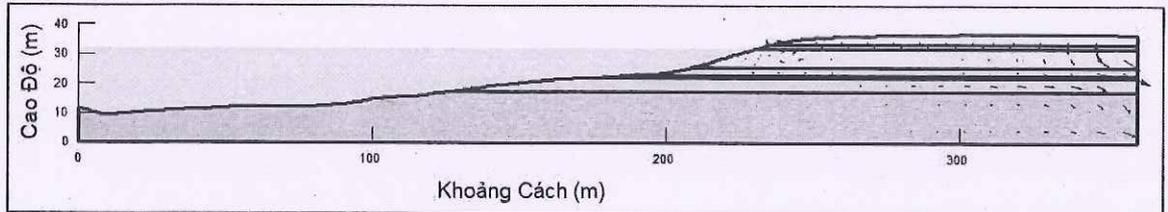


Hình 110: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn (a)

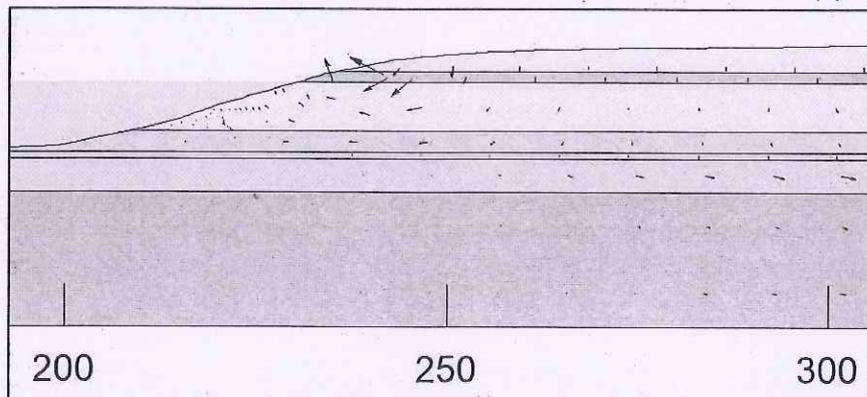


Hình 111: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn (b)

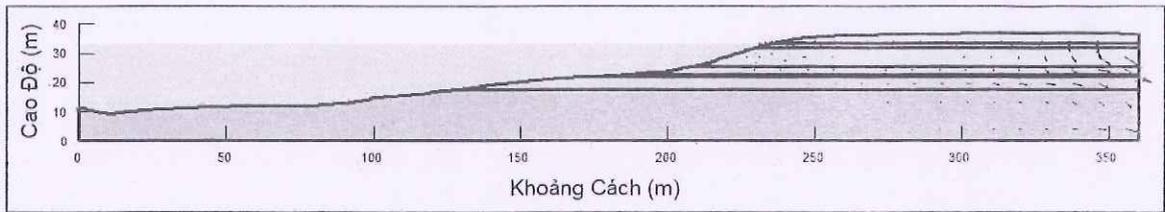
### C.2. Phân tích thấm



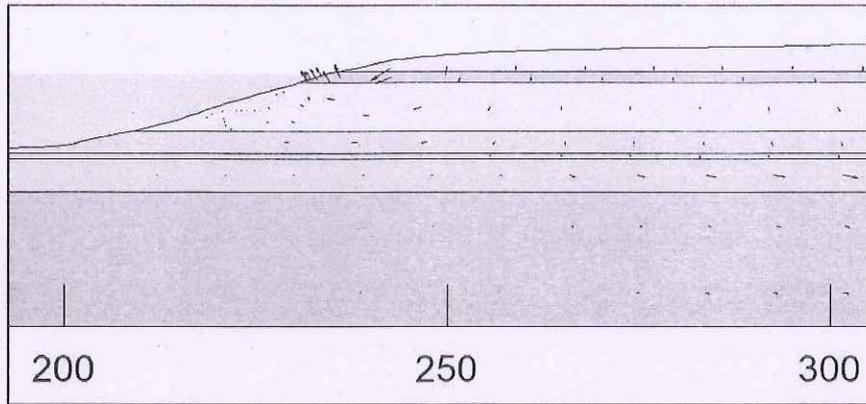
Hình 112: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m (a)



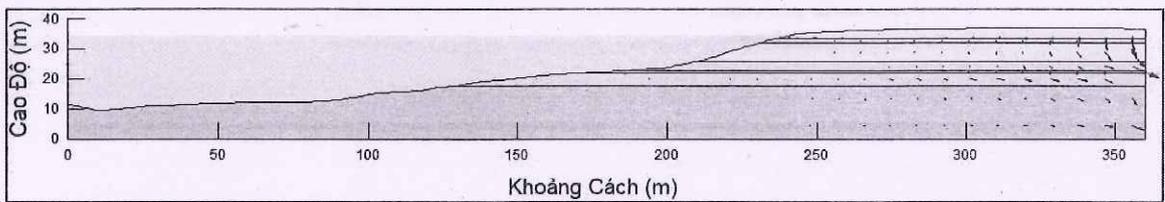
Hình 113: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m (b)



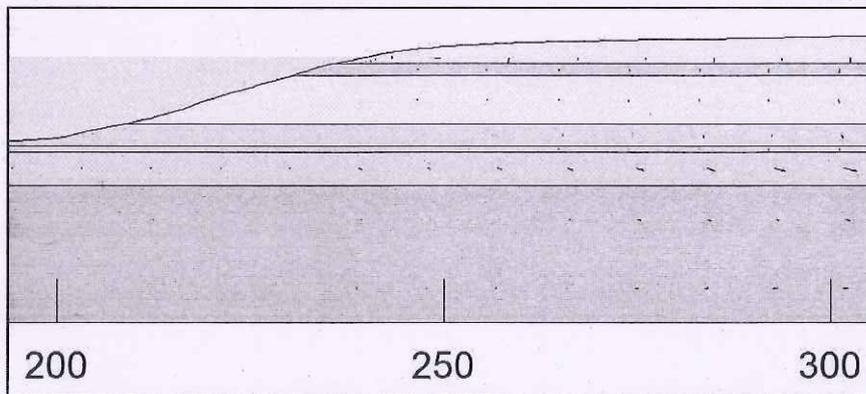
Hình 114: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 33m (a)



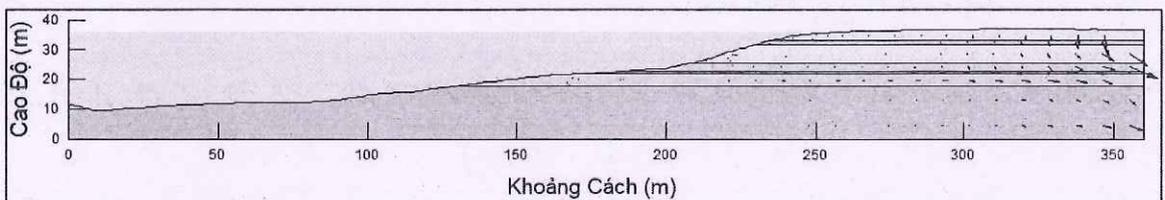
Hình 115: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 33m (b)



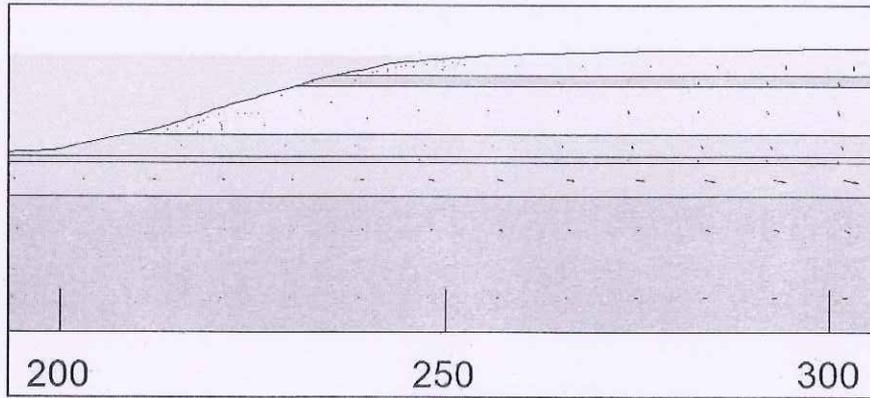
Hình 116: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34,2m (a)



Hình 117: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34,2m (b)

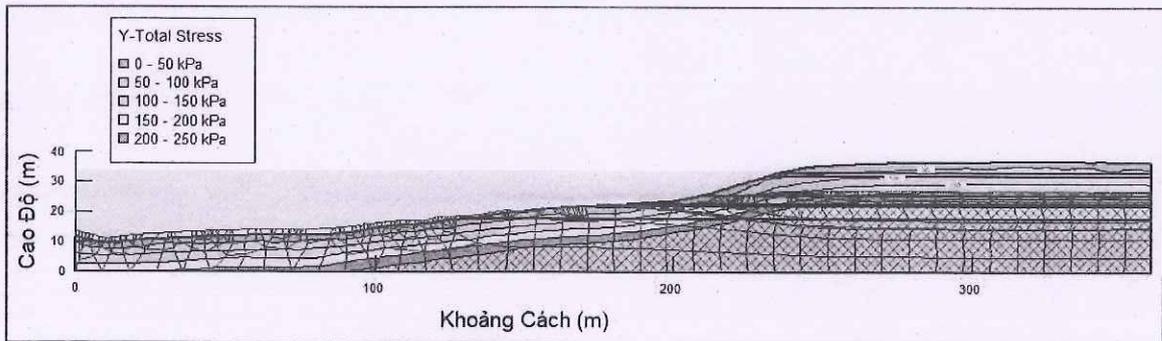


Hình 118: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 36m (a)

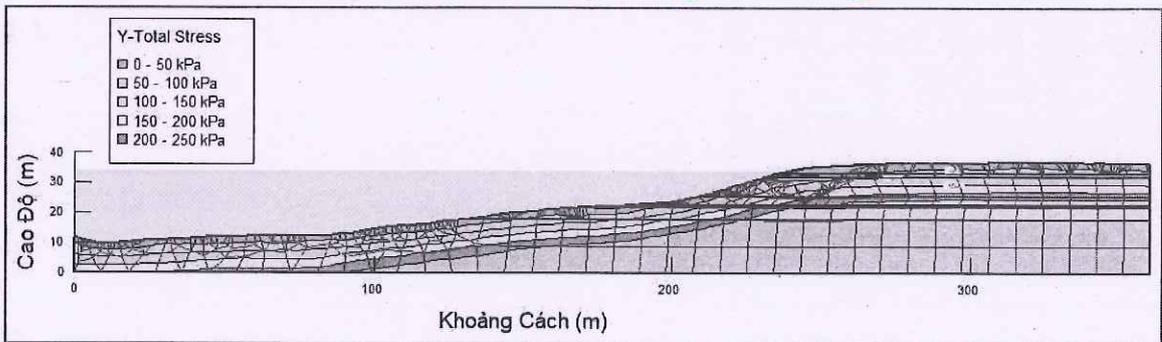


Hình 119: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 36m (b)

### C.3. Phân tích ứng suất

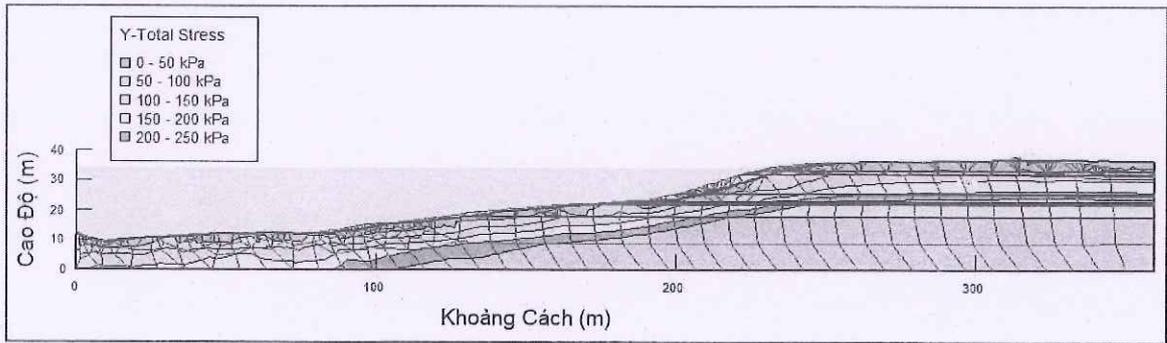


Hình 120: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến L1 không xét đến hoạt tải

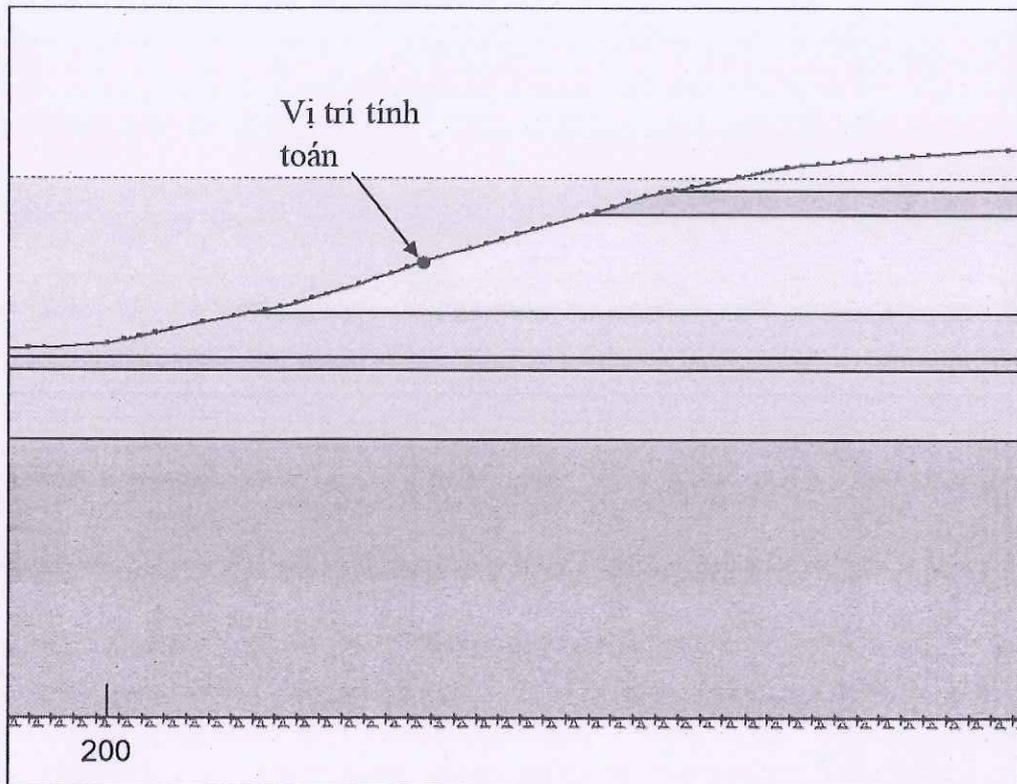


Hình 121: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến L1 có xét đến hoạt tải

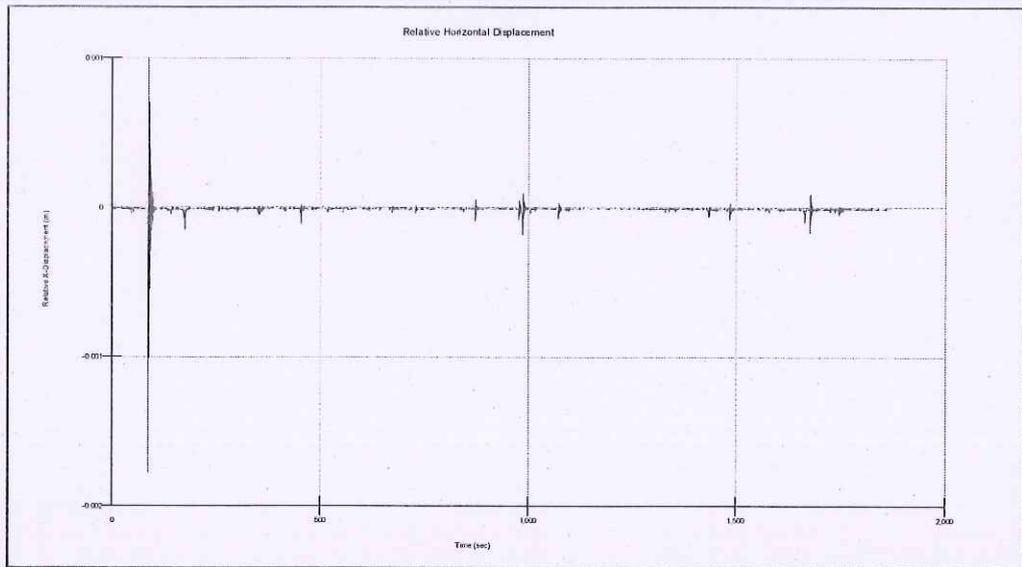
### C.4. Phân tích tải trọng động



Hình 122: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến L1



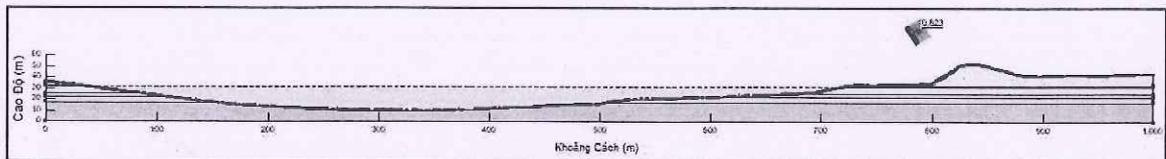
Hình 123: Vị trí tính chuyển vị tương đối



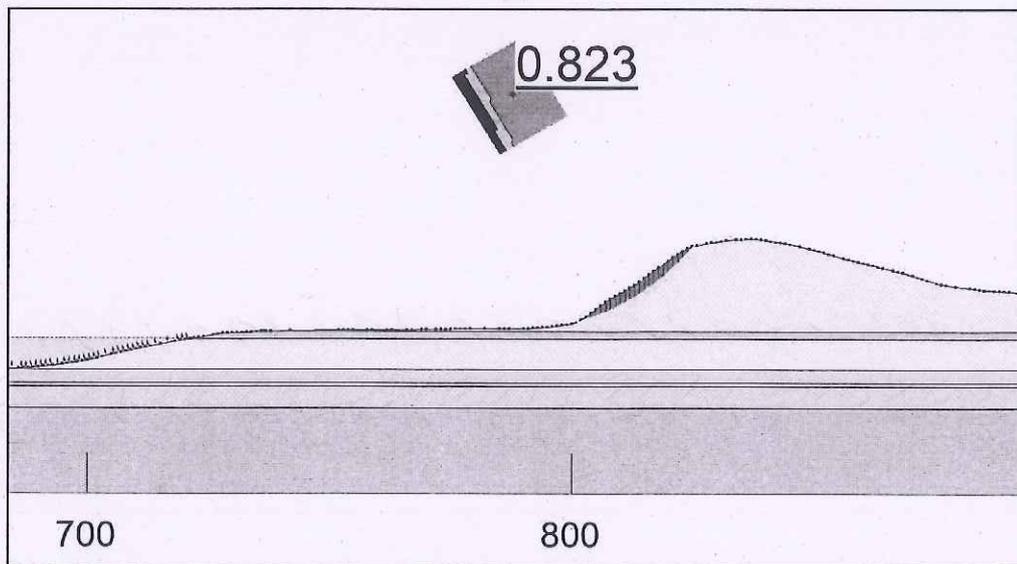
Hình 124: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến L1

#### D. Mặt cắt MC2

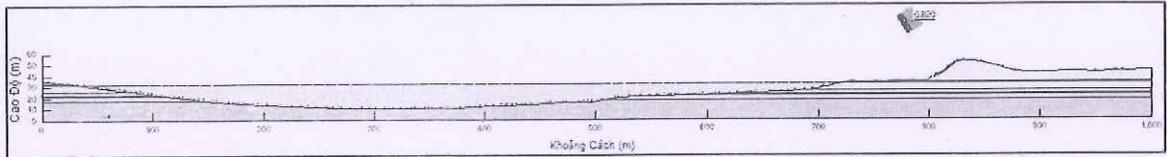
##### D.1. Phân tích cung trượt



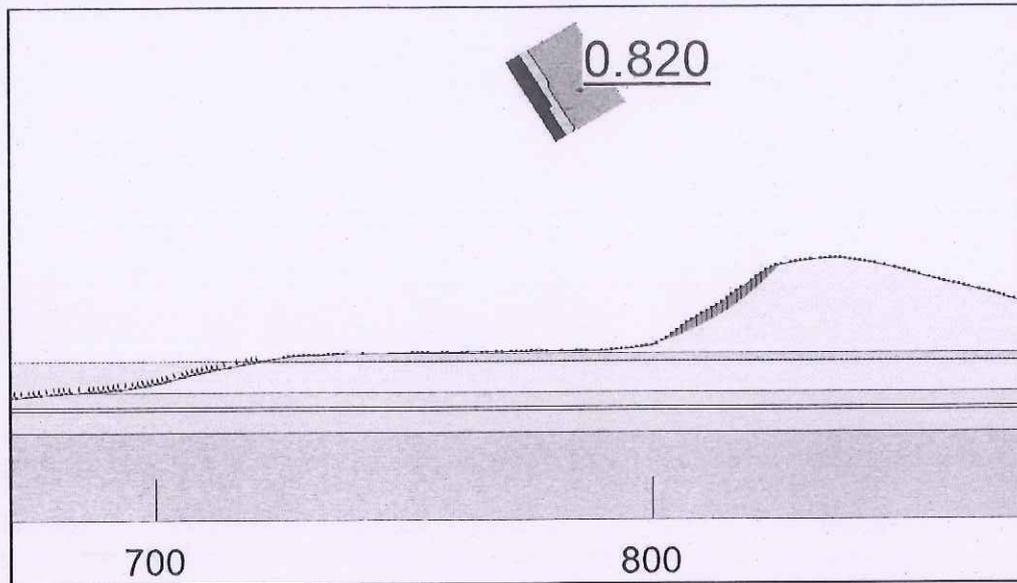
Hình 125: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (a)



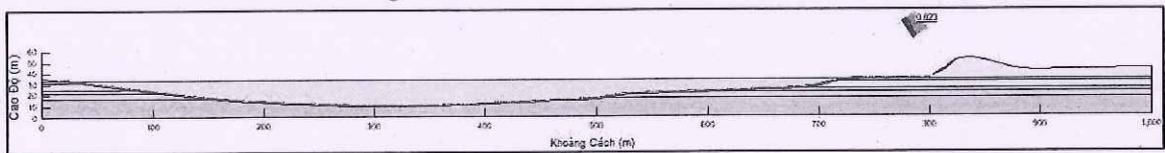
Hình 126: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, không xét rung chấn (b)



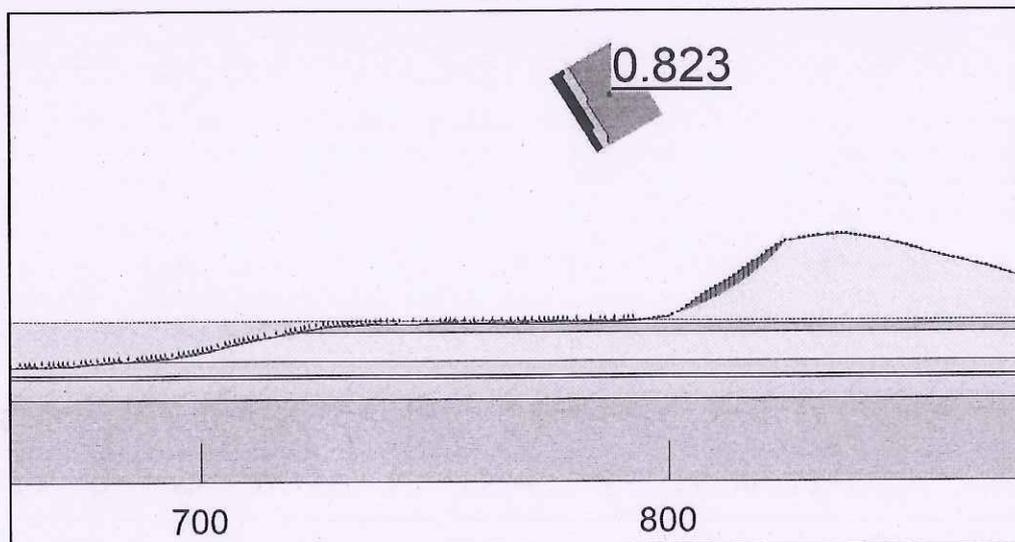
Hình 127: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn



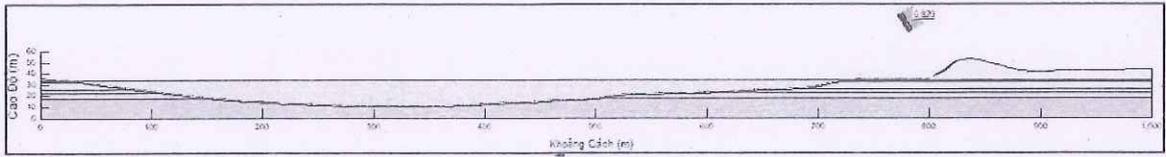
Hình 128: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 32m, xét rung chấn



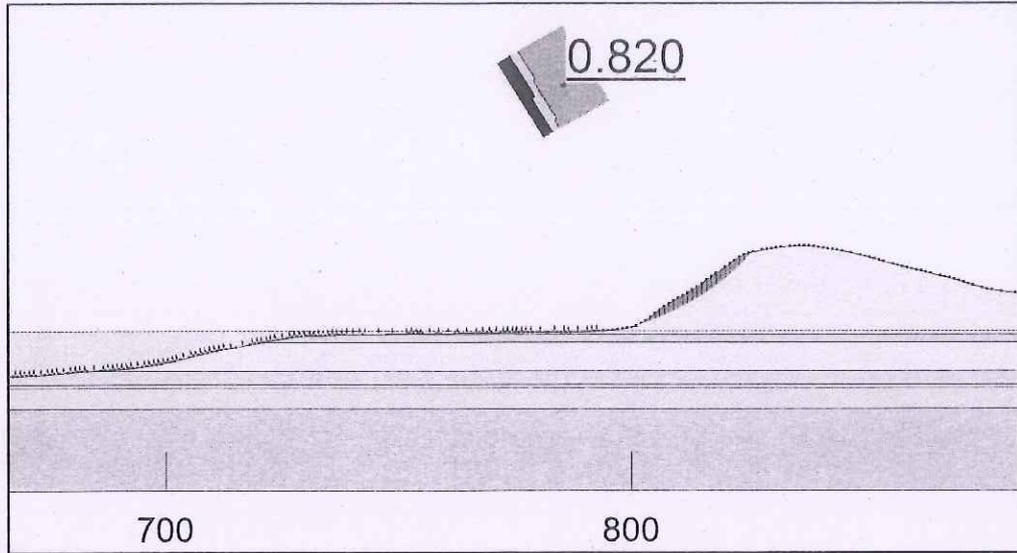
Hình 129: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn



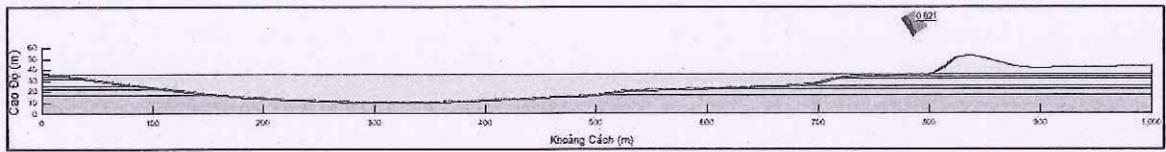
Hình 130: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, không xét rung chấn



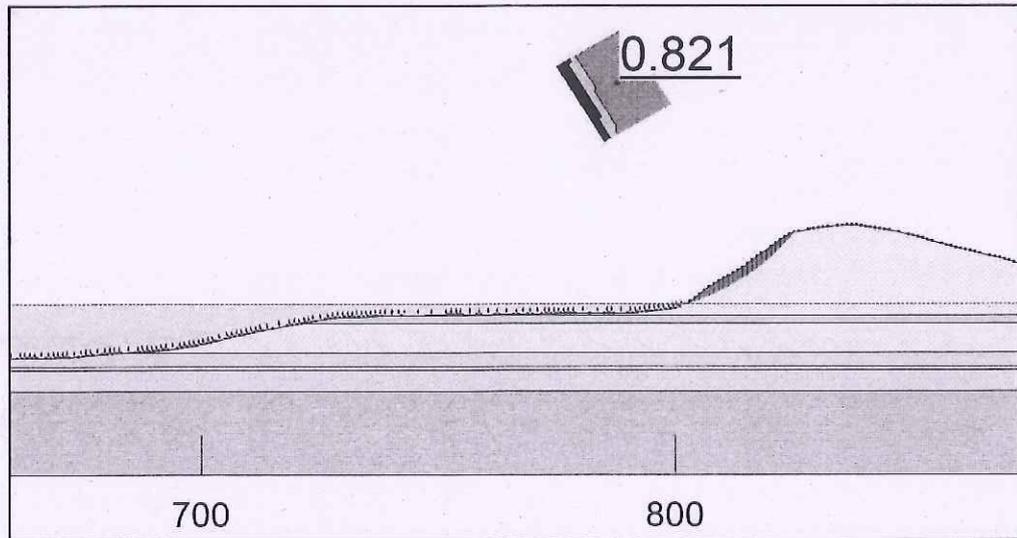
Hình 131: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, xét rung chấn



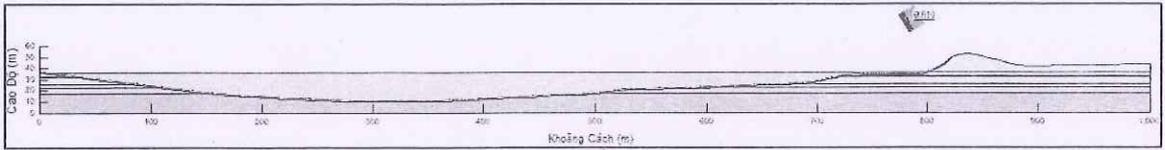
Hình 132: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 34.2m, xét rung chấn



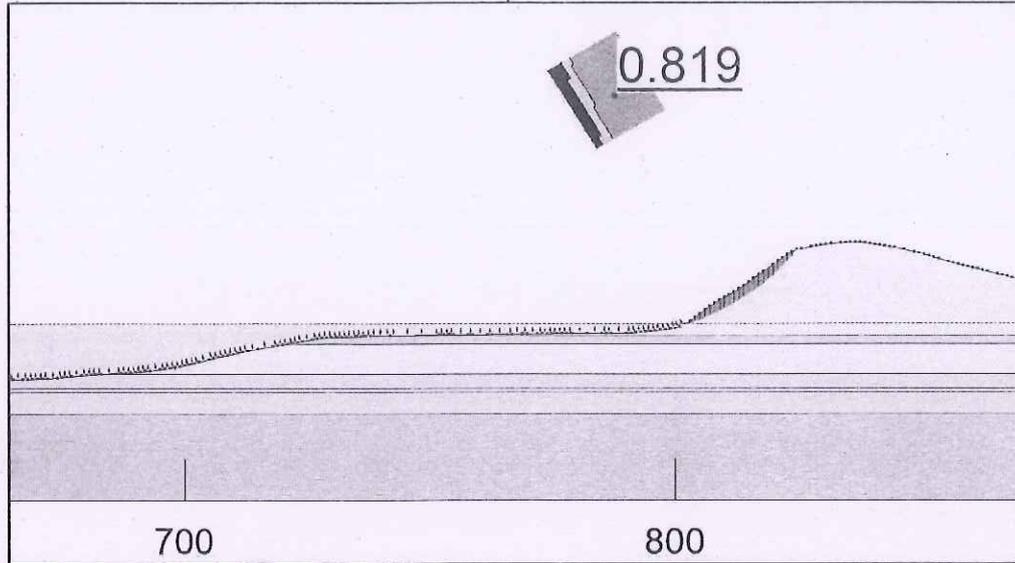
Hình 133: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn



Hình 134: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, không xét rung chấn

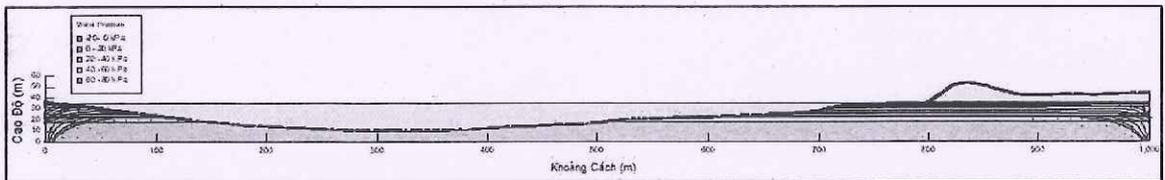


Hình 135: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn

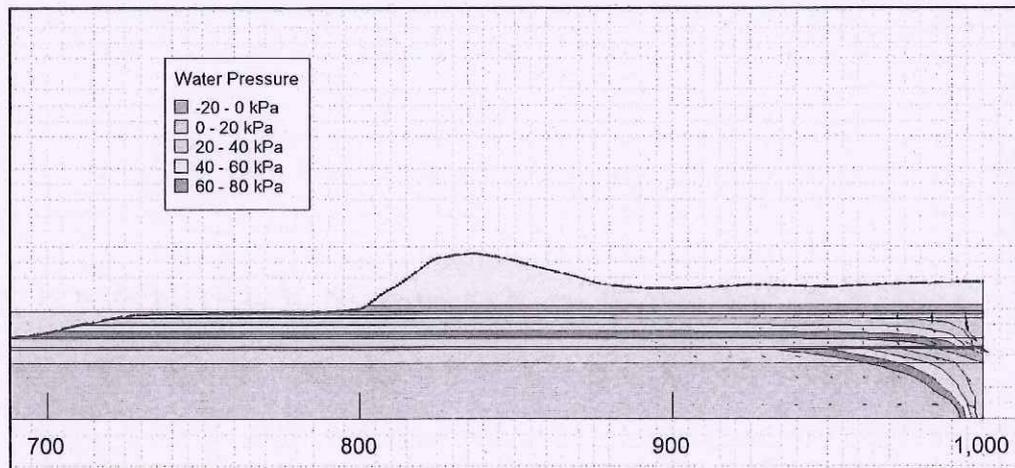


Hình 136: Phân tích cung trượt với cao trình mực nước hồ 36m, xét rung chấn

#### D.2. Phân tích thấm

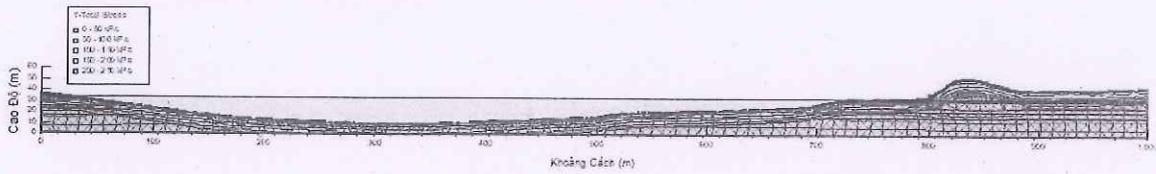


Hình 137: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 34.2m (a)

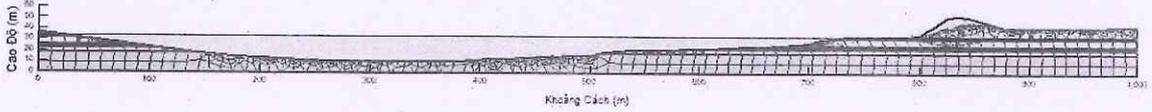


Hình 138: Phân tích thấm với cao trình mực nước hồ 32m (b)

### D.3. Phân tích ứng suất

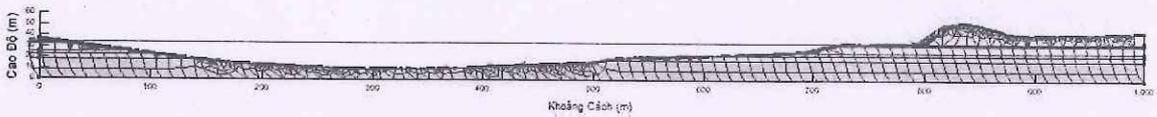


Hình 139: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC2 không xét đến hoạt tải

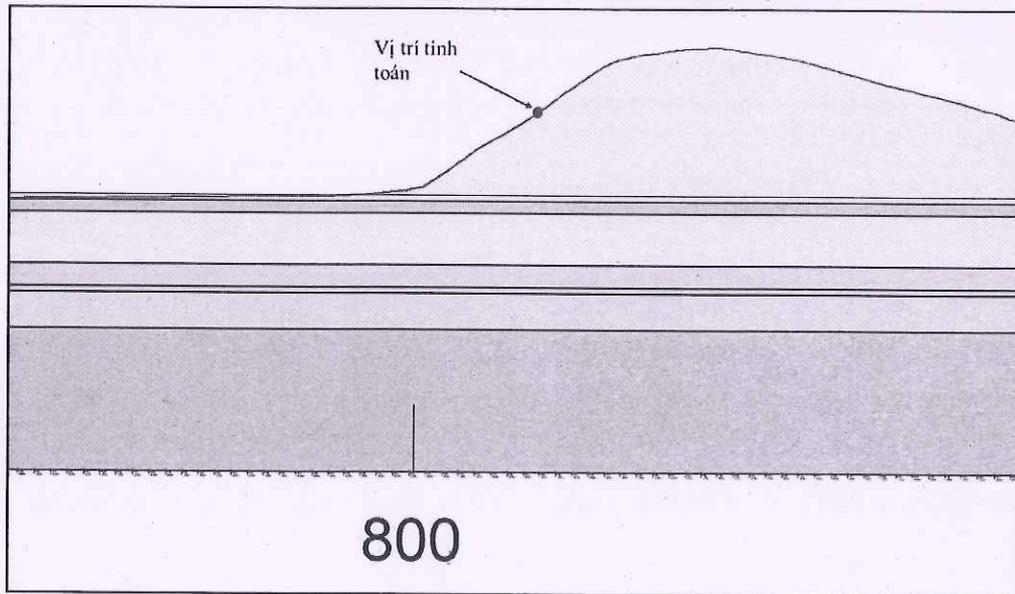


Hình 140: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC2 có xét đến hoạt tải (a)

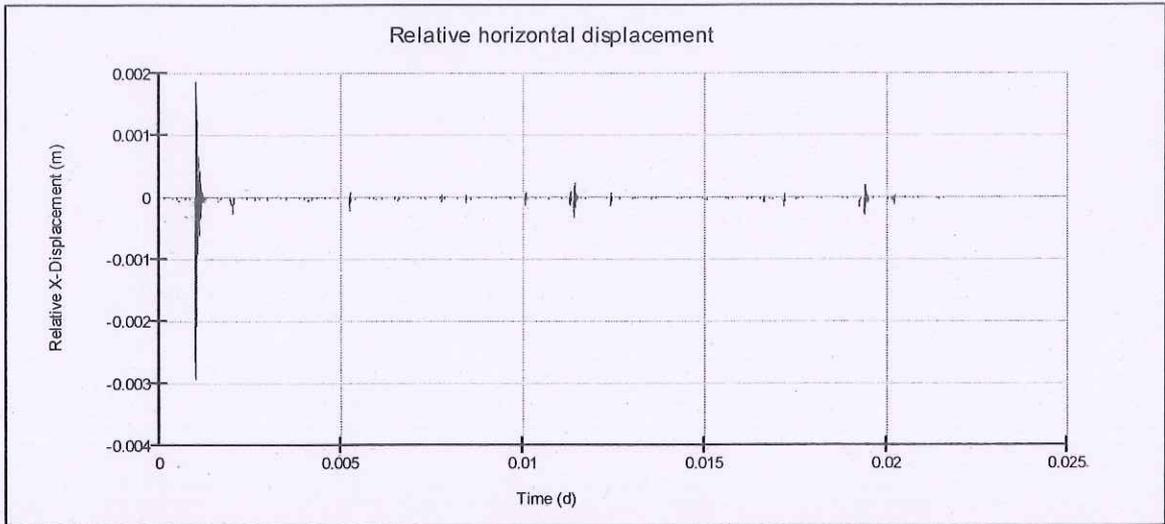
### D.4. Phân tích tải trọng động



Hình 141: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến MC2



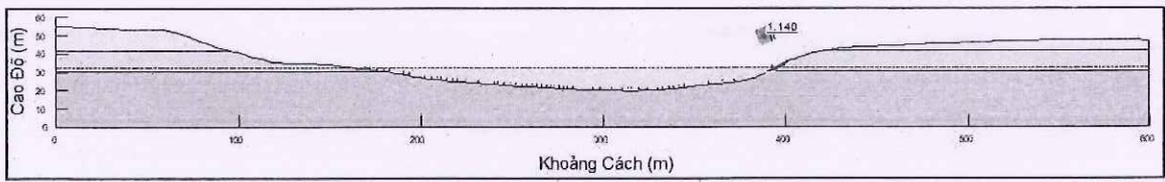
Hình 142: Vị trí tính chuyển vị tương đối



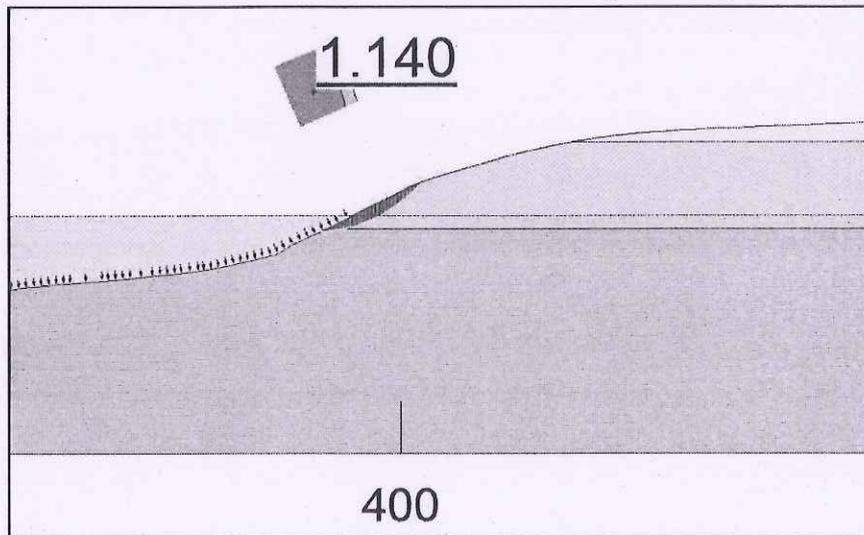
Hình 143: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến MC2

**E. Mặt cắt MC4**

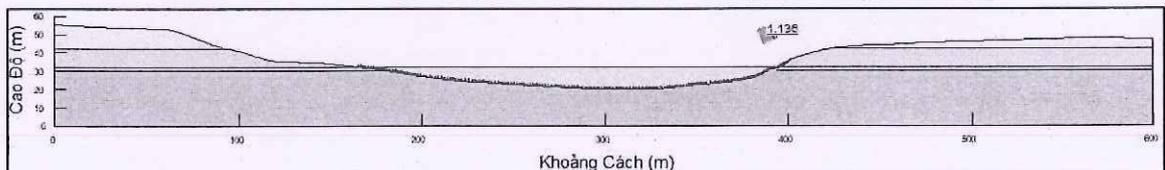
**E.1 Phân tích cung trượt**



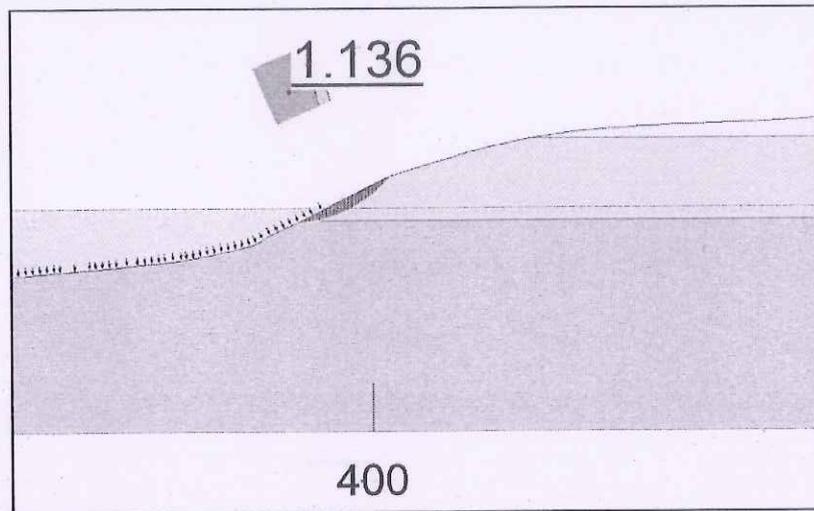
Hình 144: Cao trình mực nước 32.0m, không xét rung chấn (a)



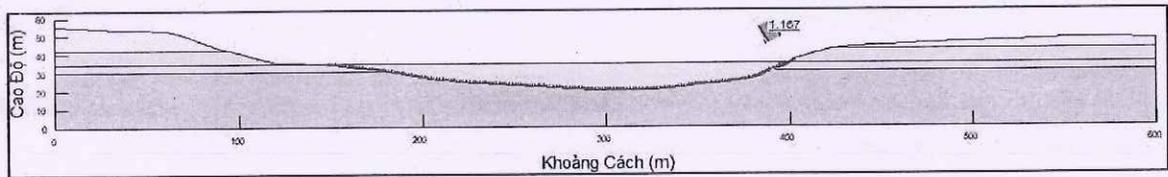
Hình 145: Cao trình mực nước 32.0m, không xét rung chấn (b)



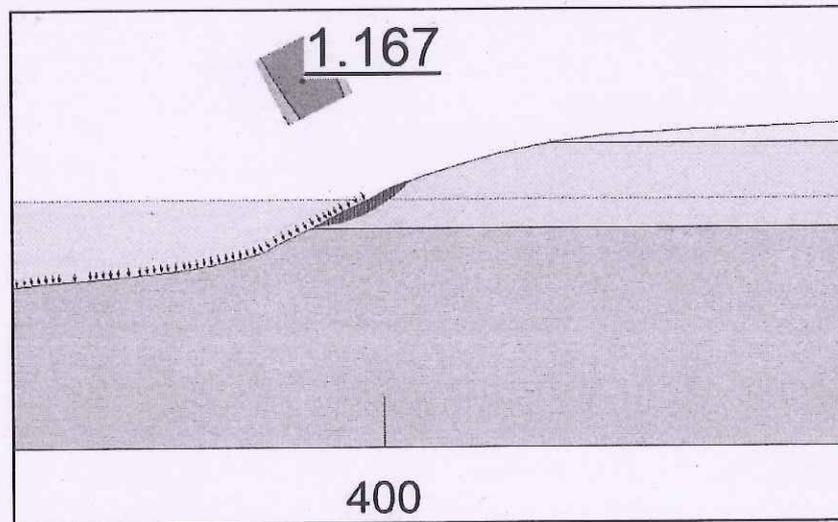
Hình 146: Cao trình mực nước 32.0m, xét rung chấn (a)



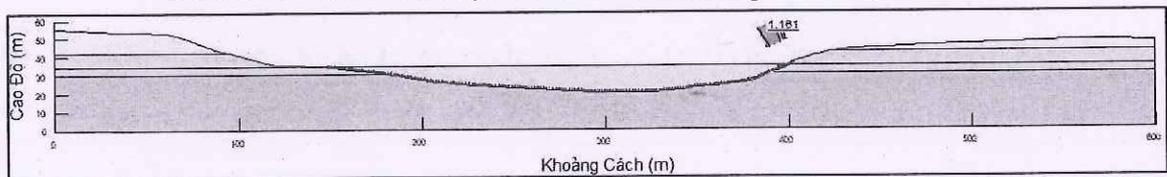
Hình 147: Cao trình mực nước 32.0m, xét rung chấn (b)



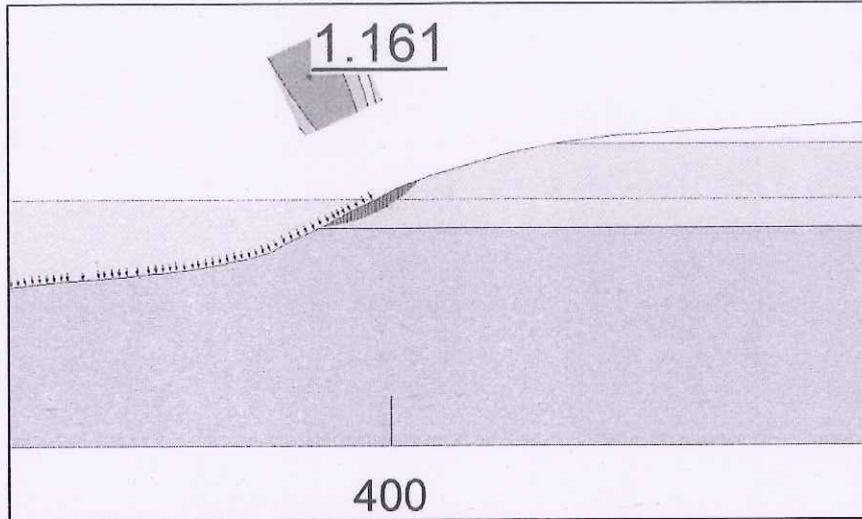
Hình 148: Cao trình mực nước 34.2m, không xét rung chấn (a)



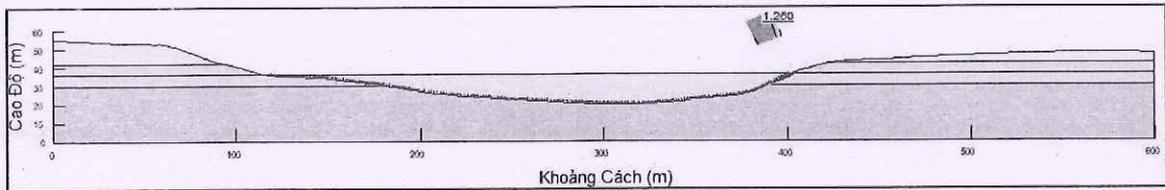
Hình 149: Cao trình mực nước 34.2m, không xét rung chấn (b)



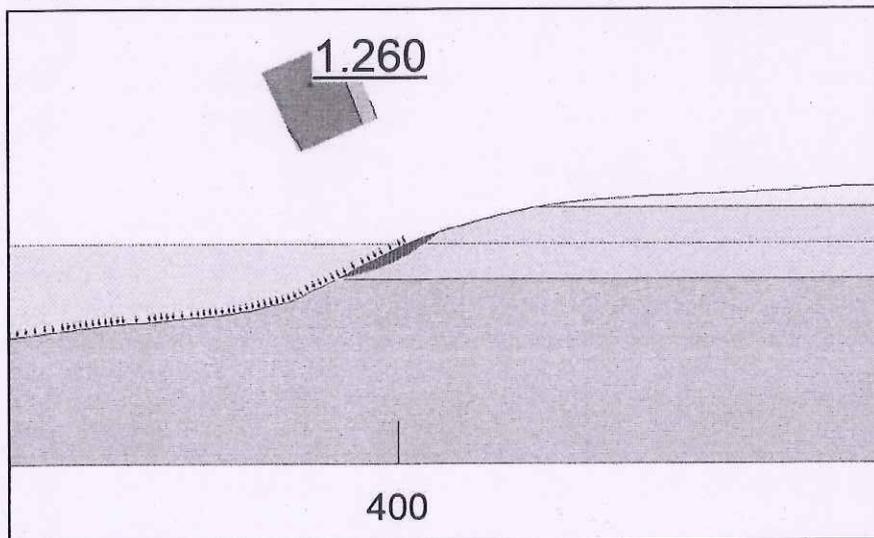
Hình 150: Cao trình mực nước 34.2m, xét rung chấn (a)



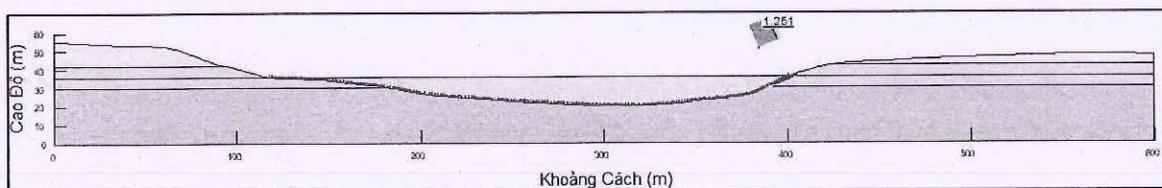
Hình 151: Cao trình mực nước 34.2m, xét rung chấn (b)



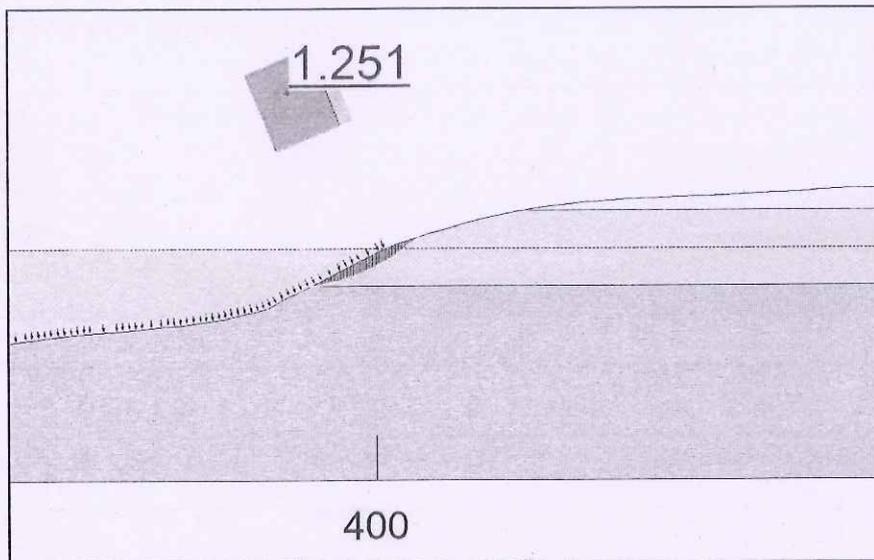
Hình 152: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (a)



Hình 153: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (b)

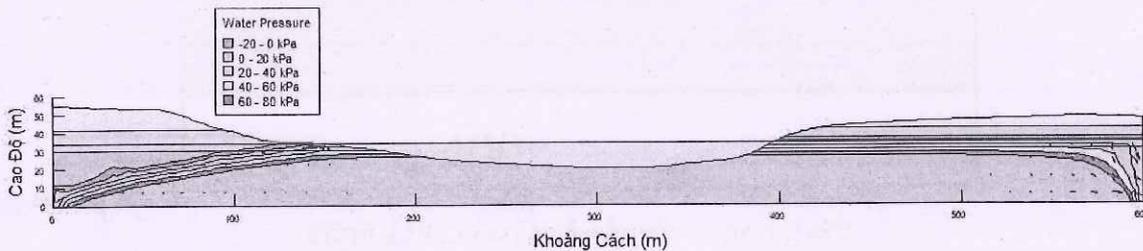


Hình 154: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (a)

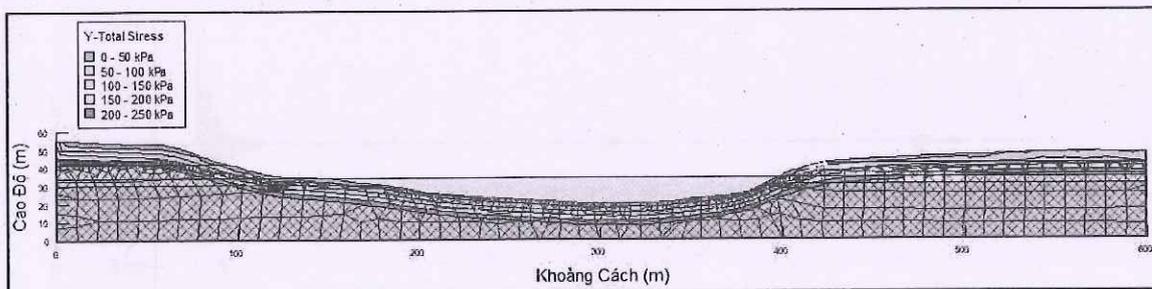


Hình 155: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (b)

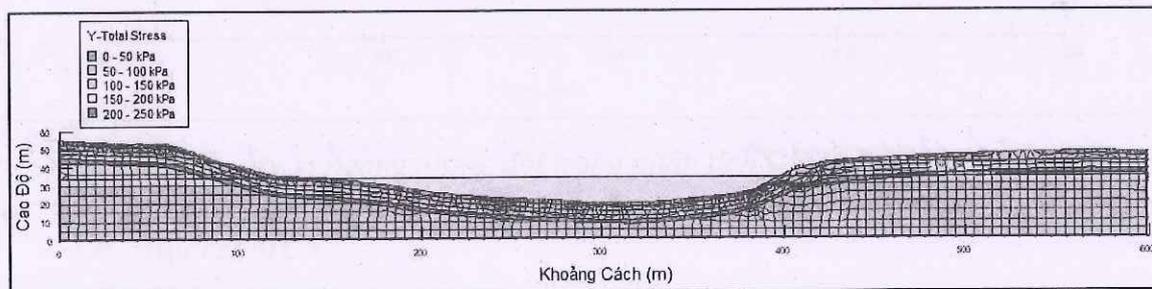
**E.2. Phân tích thấm**



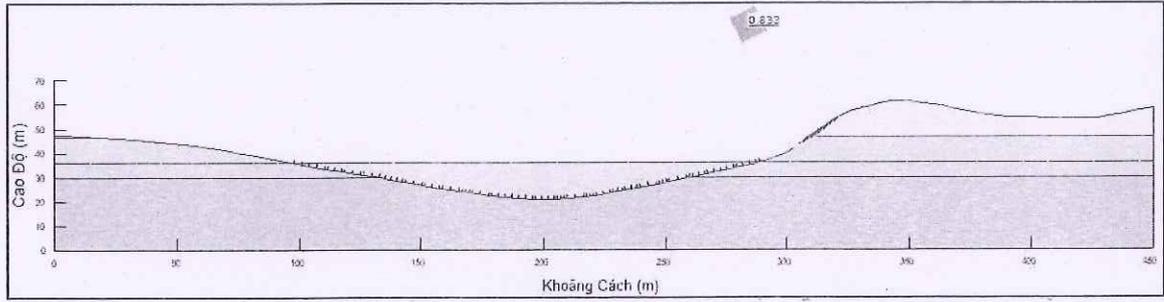
**E.3 Phân tích ứng suất**



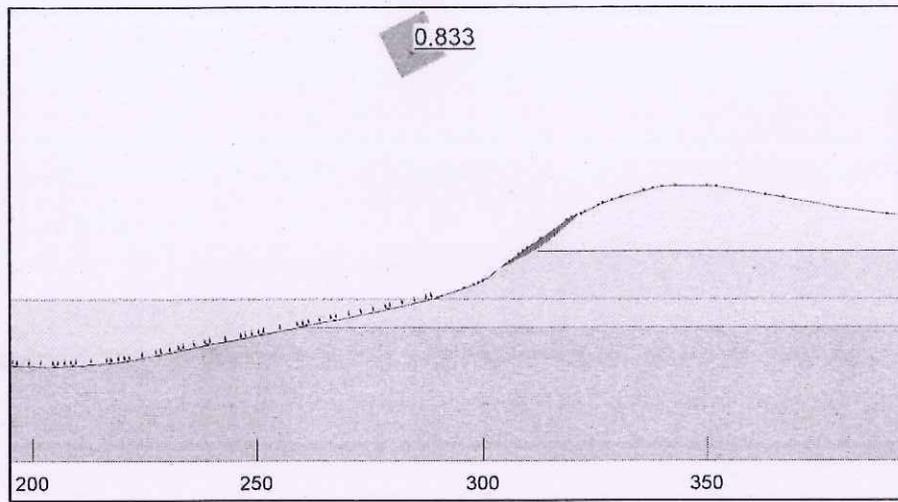
Hình 156: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC4 không xét đến hoạt tải



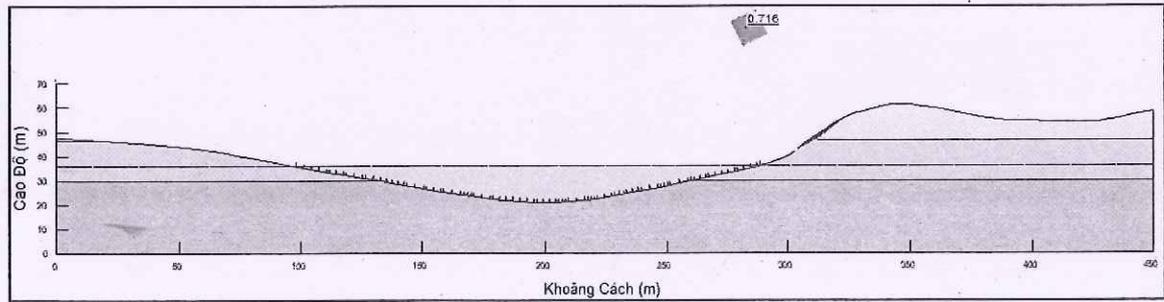
Hình 157: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC4 có xét đến hoạt tải



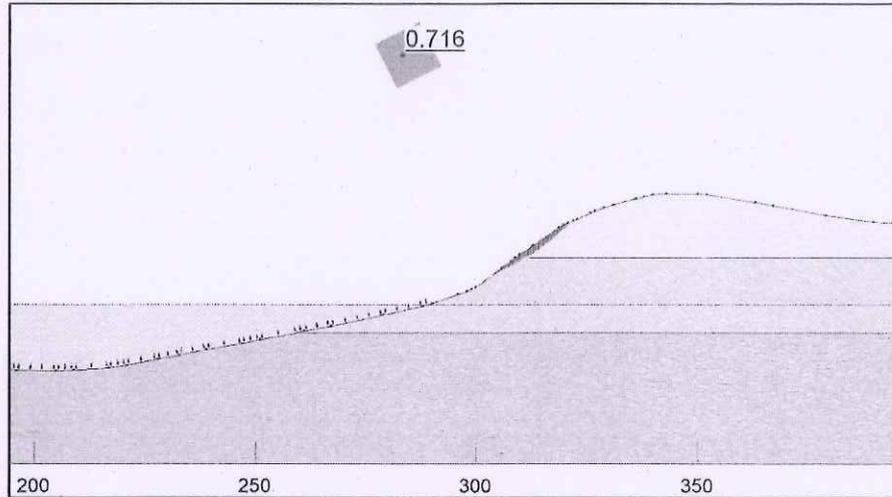
Hình 161: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (a)



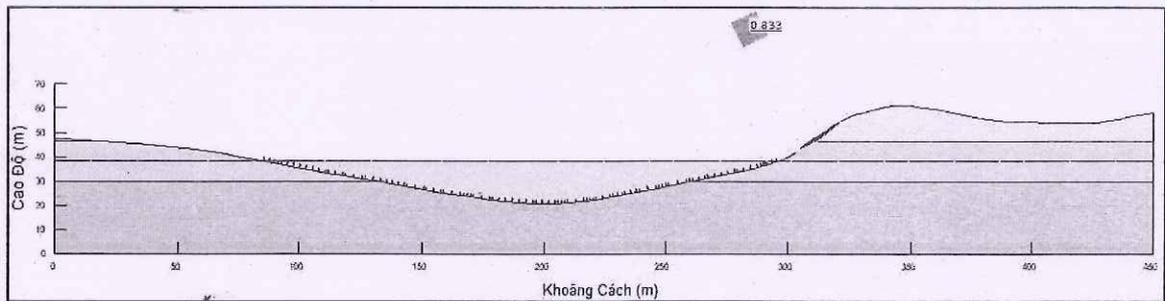
Hình 162: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (b)



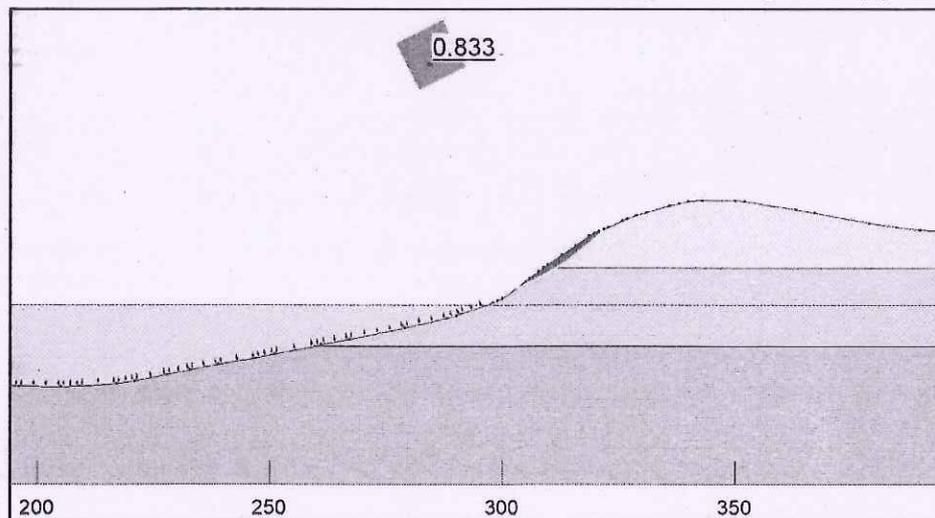
Hình 163: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (a)



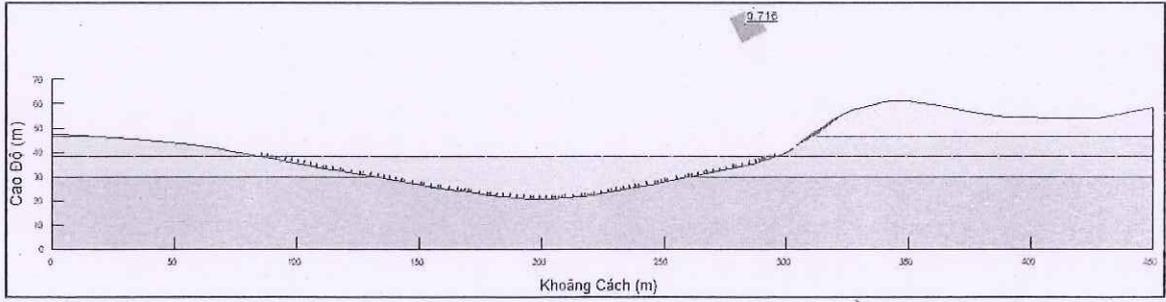
Hình 164: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (b)



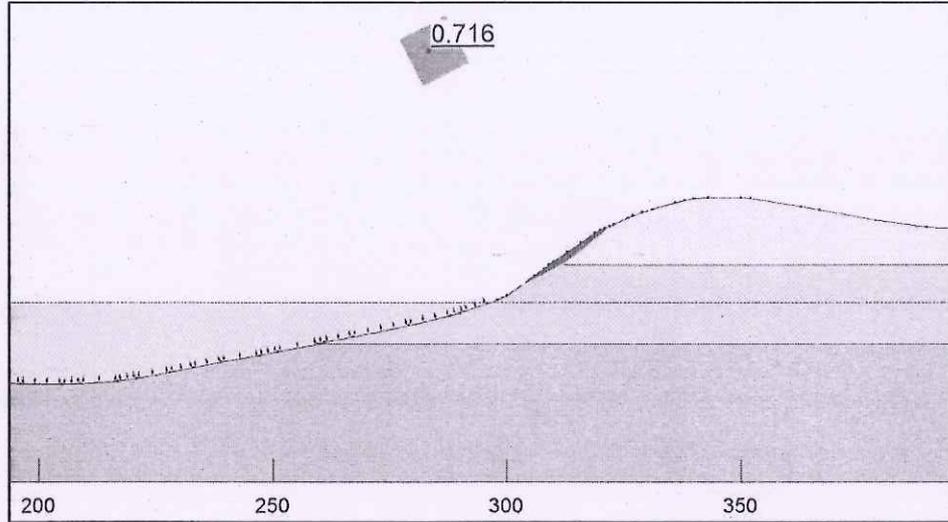
Hình 165: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (a)



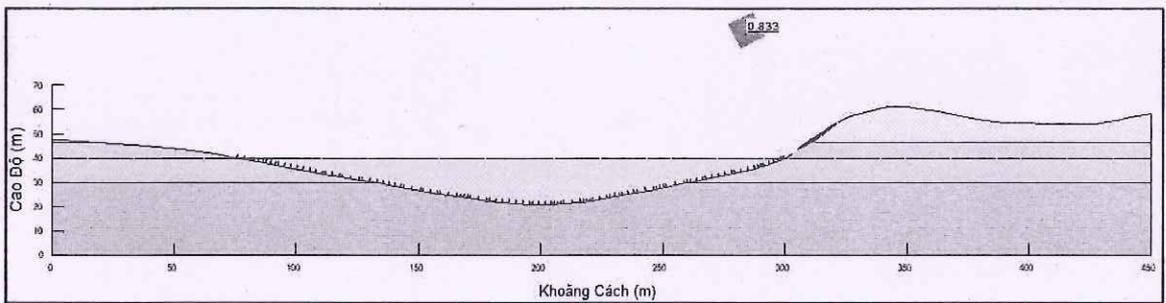
Hình 166: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (b)



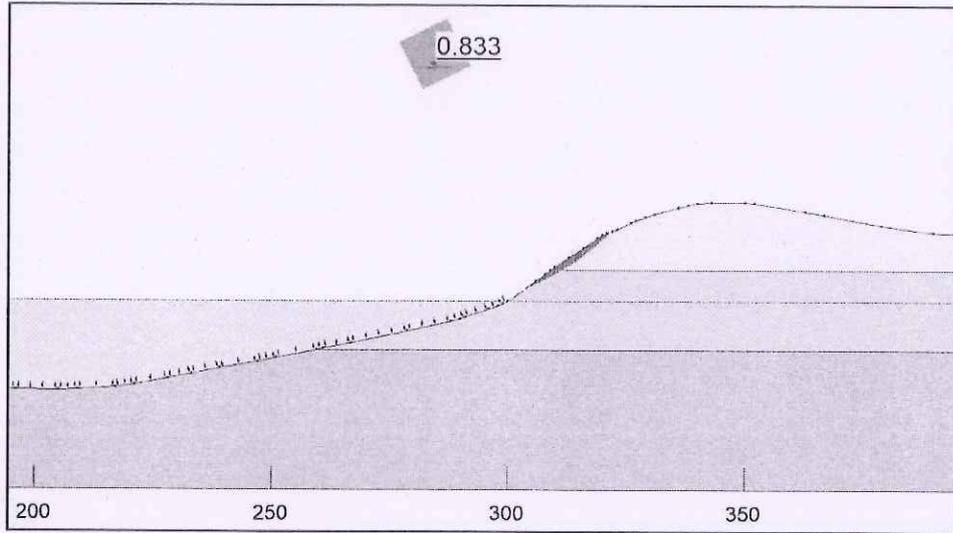
Hình 167: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (a)



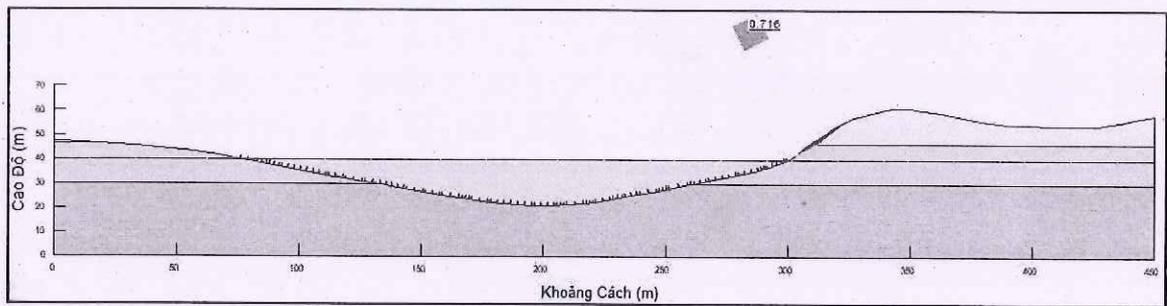
Hình 168: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (b)



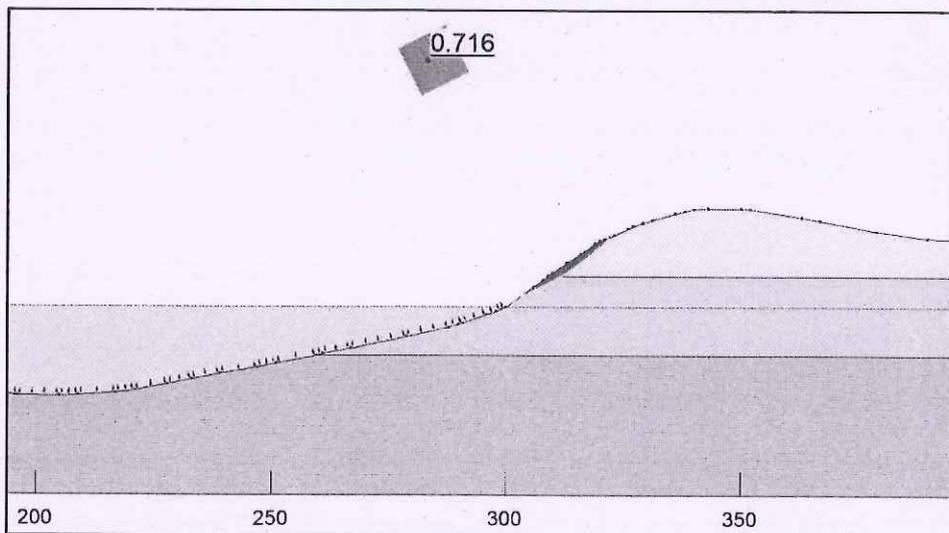
Hình 169: Cao trình mực nước 40.0m, không xét rung chấn (a)



Hình 170: Cao trình mực nước 40.0m, không xét rung chấn (b)

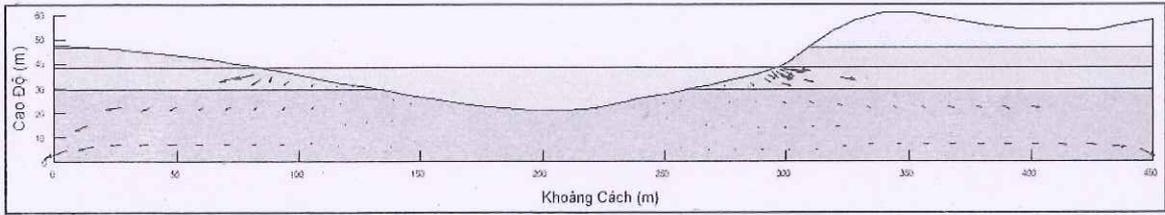


Hình 171: Cao trình mực nước 40.0m, xét rung chấn (a)

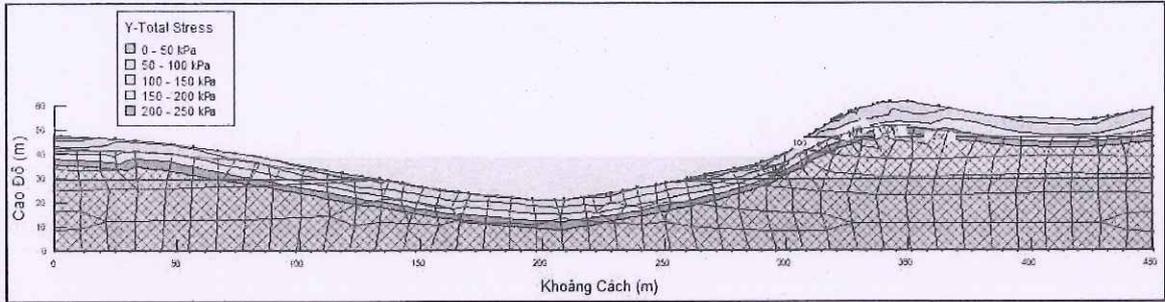


Hình 172: Cao trình mực nước 40.0m, xét rung chấn (b)

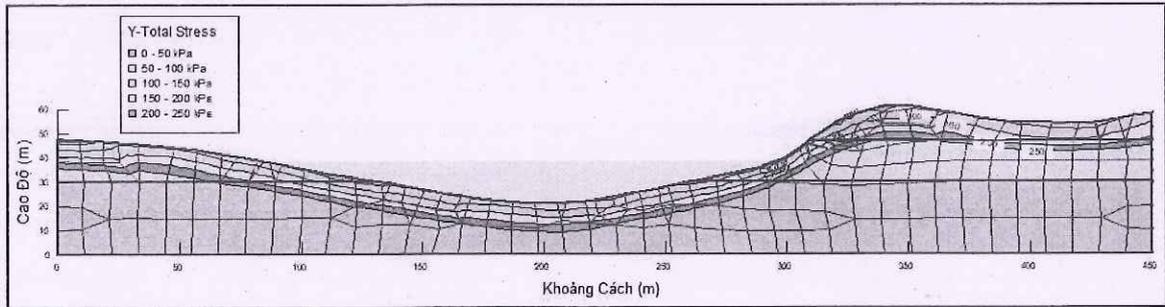
**F.2 Phân tích thấm**



### F.3 Phân tích ứng suất

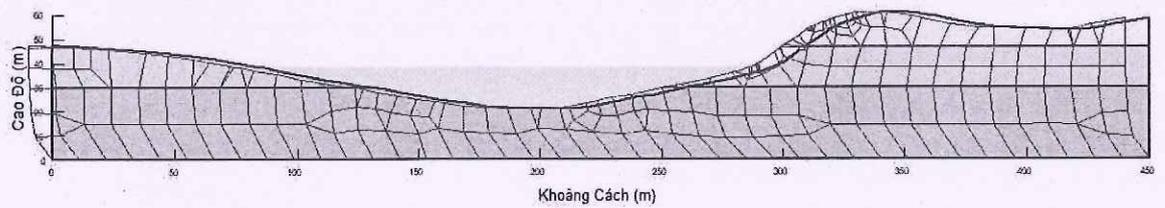


Hình 173: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC5 không xét đến hoạt tải

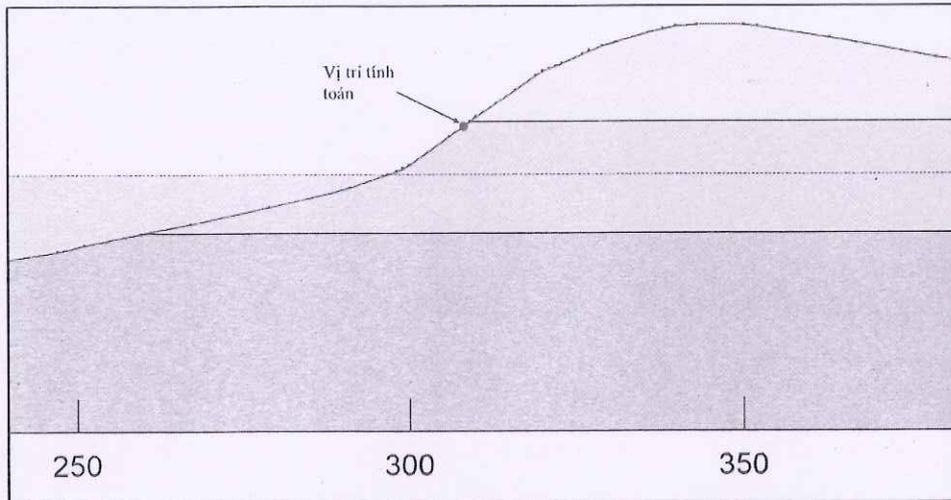


Hình 174: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC5 có xét đến hoạt tải

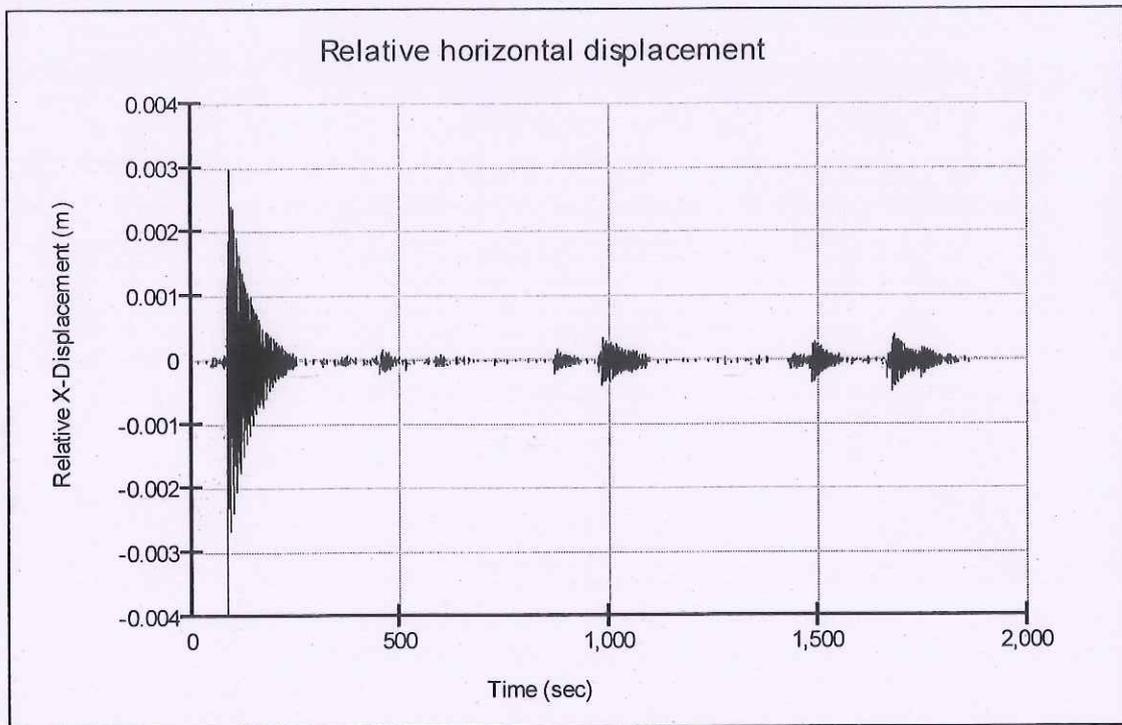
### F.4 Phân tích tải trọng động



Hình 175: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến MC5



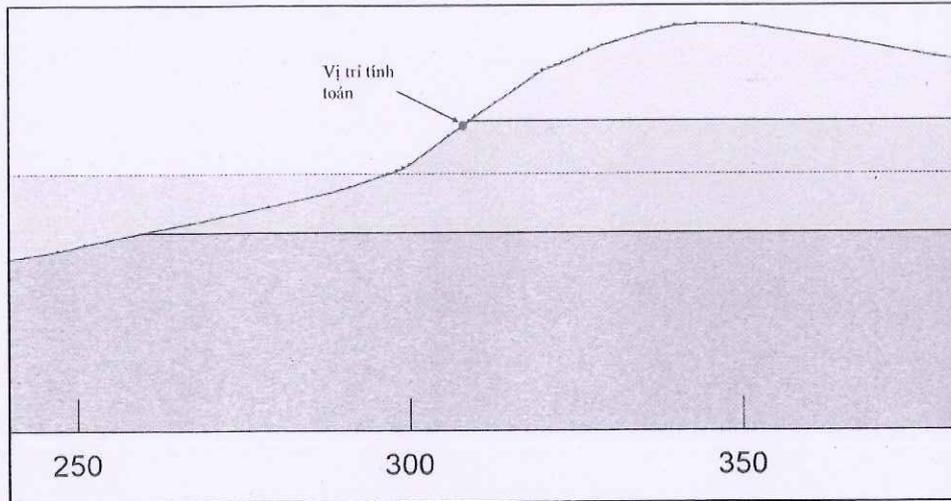
Hình 176: Vị trí tính chuyển vị tương đối



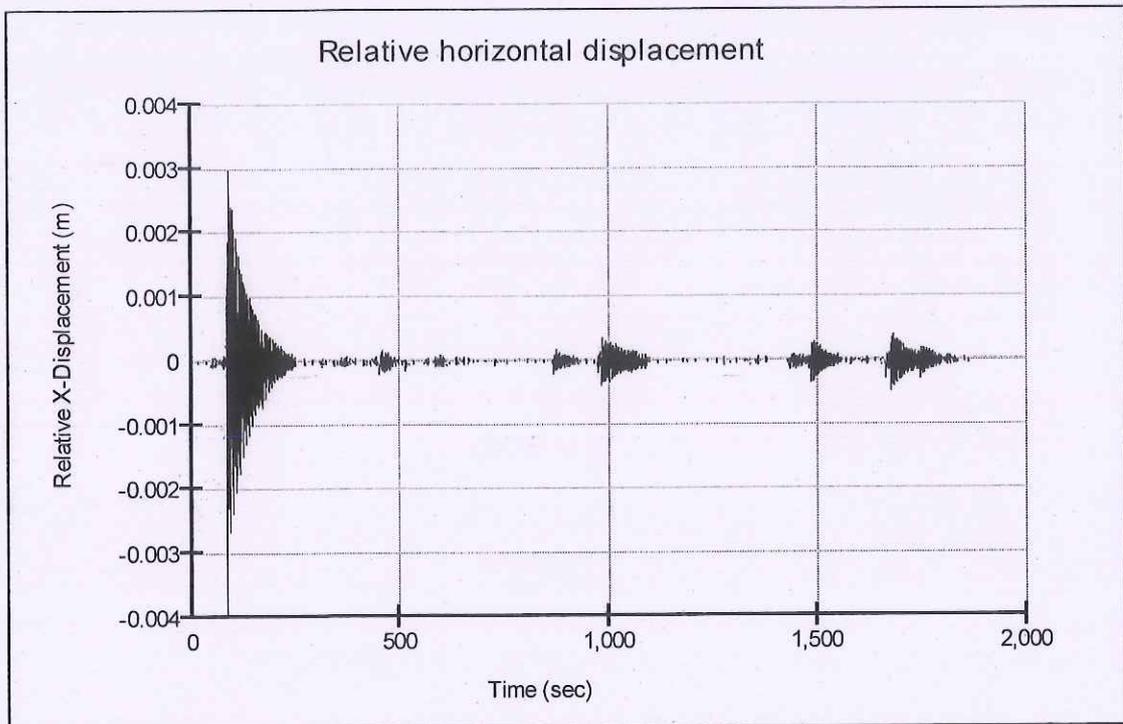
Hình 177: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến MC5

**G. Mặt cắt MC6**

**G.1 Phân tích cung trượt**



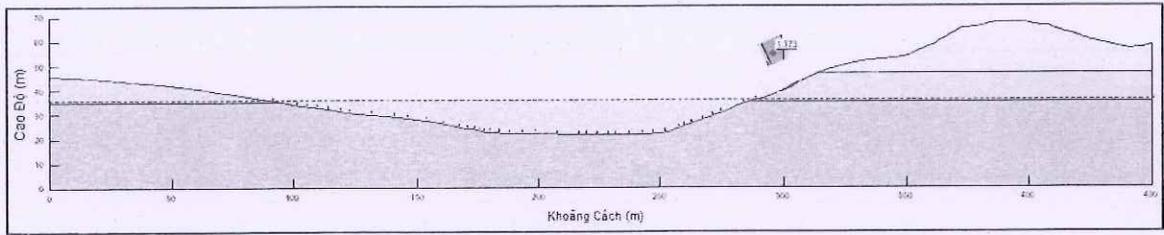
Hình 176: Vị trí tính chuyển vị tương đối



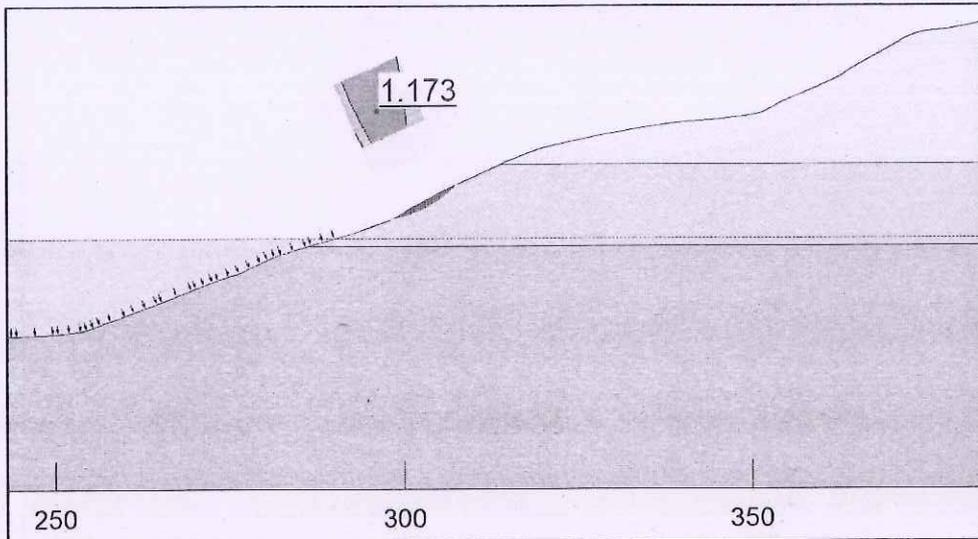
Hình 177: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến MC5

### G. Mặt cắt MC6

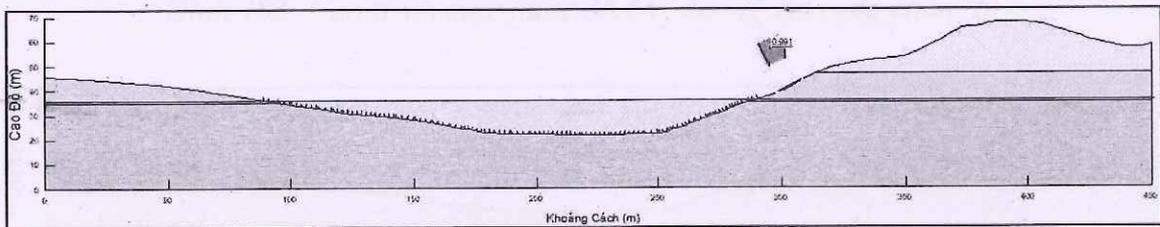
#### G.1 Phân tích cung trượt



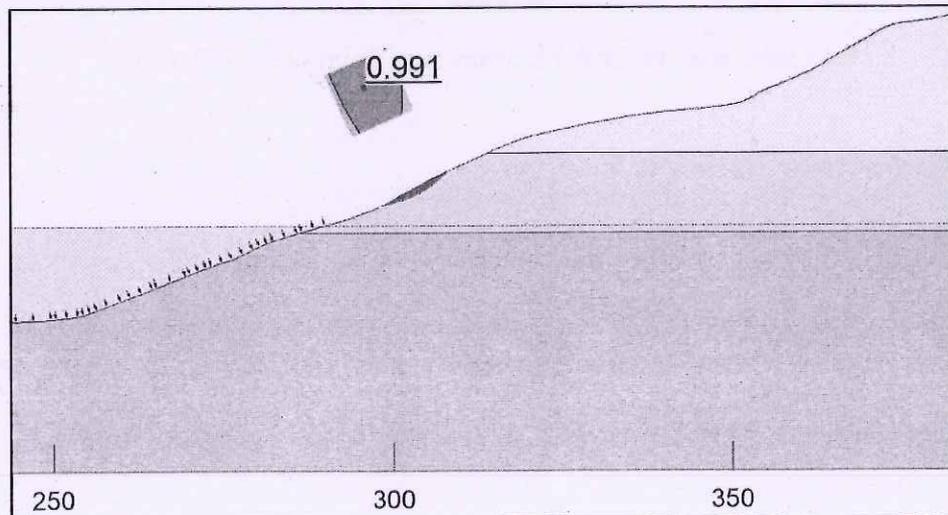
Hình 178: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (a)

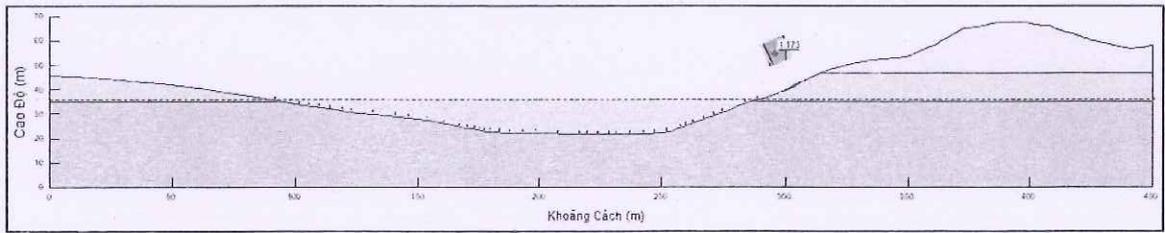


Hình 179: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (b)

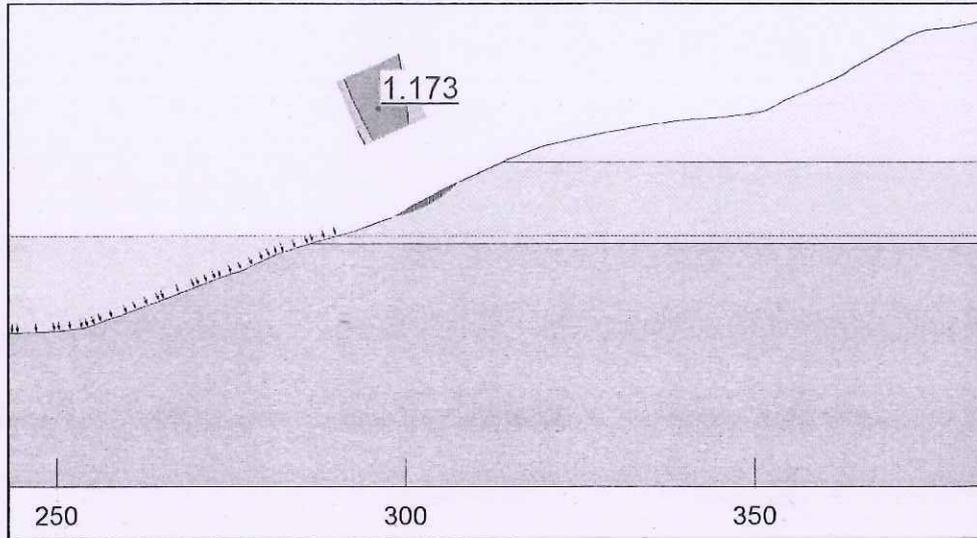


Hình 180: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (a)

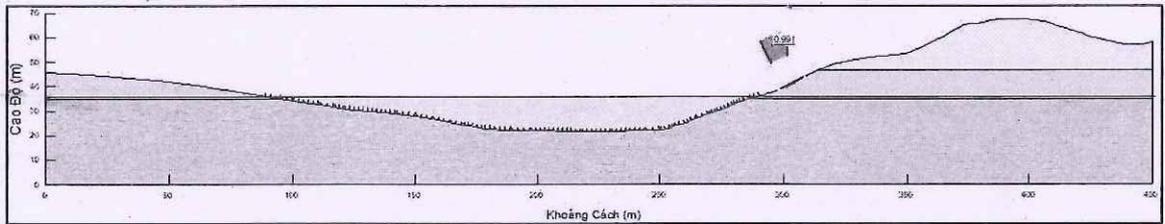




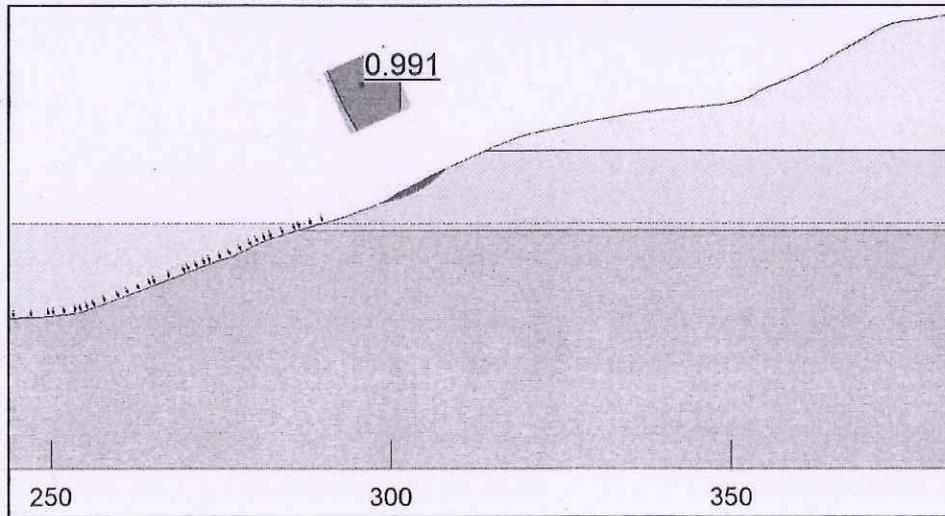
Hình 178: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (a)



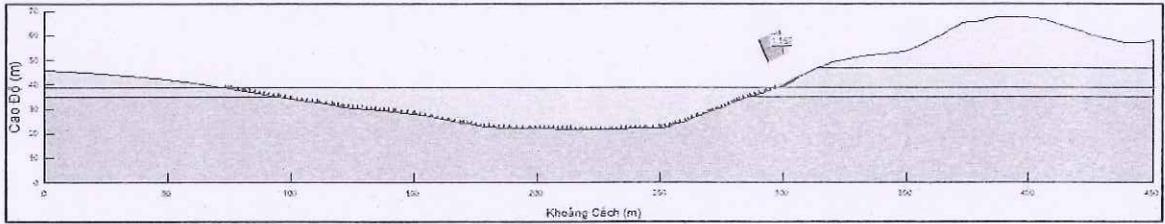
Hình 179: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (b)



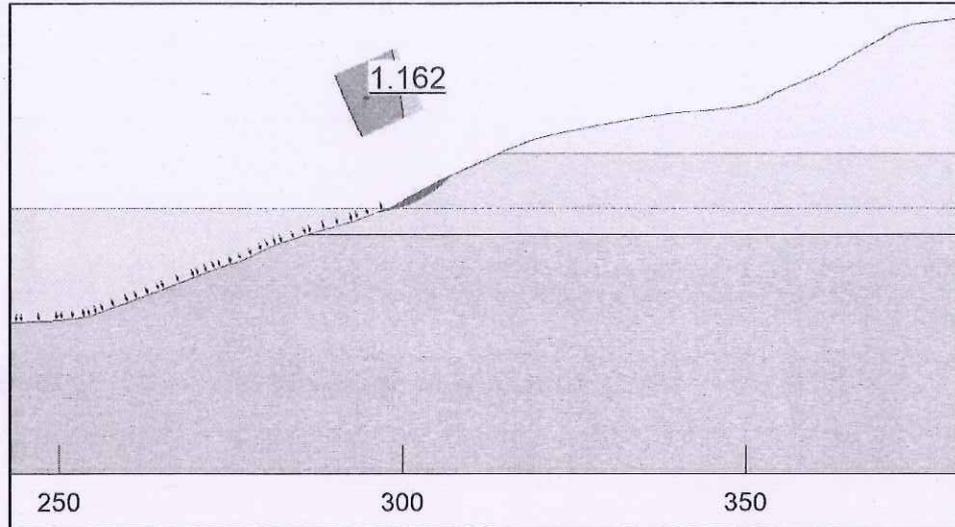
Hình 180: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (a)



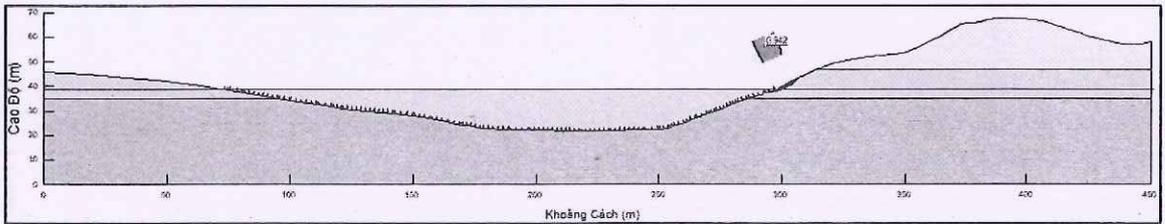
Hình 181: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (b)



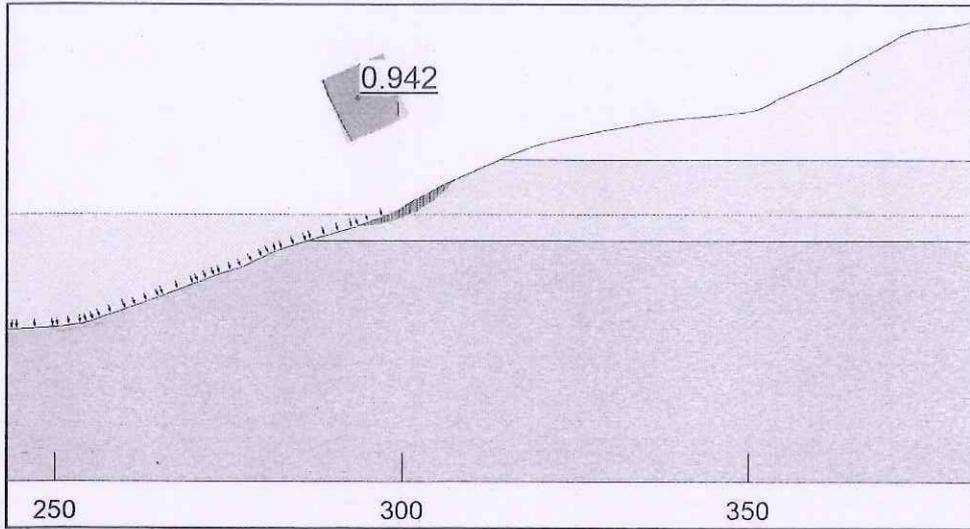
Hình 182: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (a)



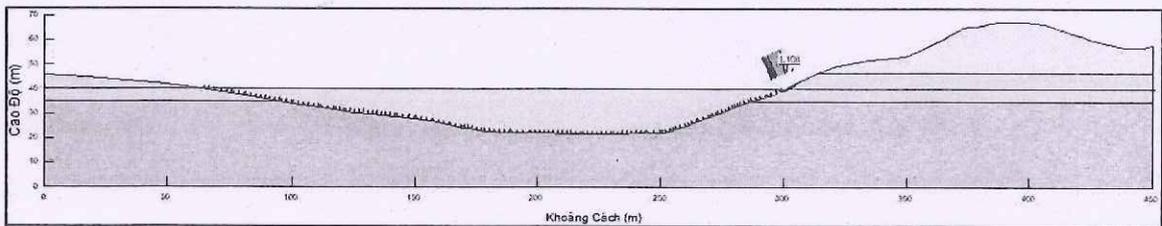
Hình 183: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (b)



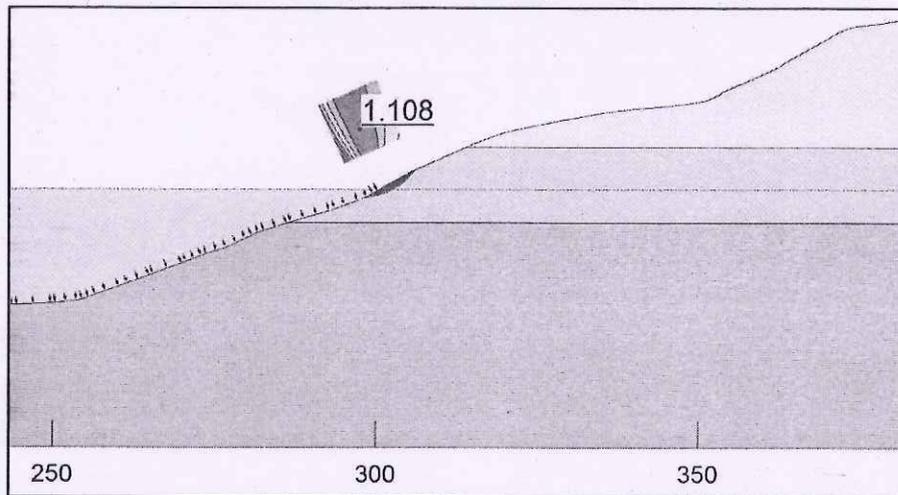
Hình 184: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (a)



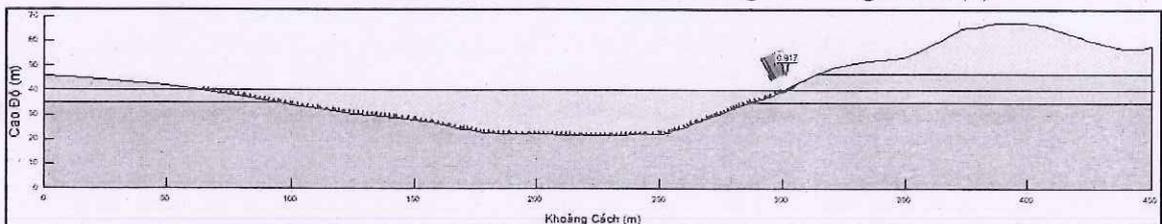
Hình 185: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (b)



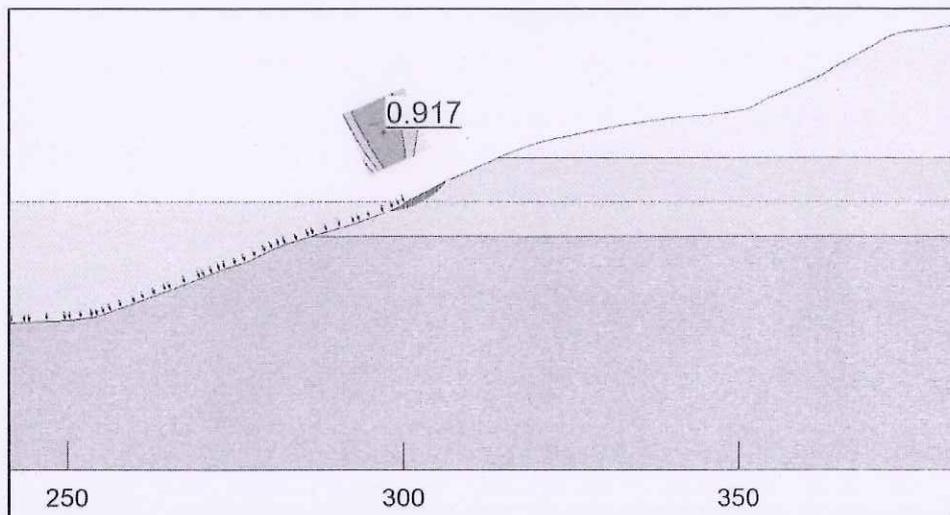
Hình 186: Cao trình mực nước 40.0m, không xét rung chấn (a)



Hình 187: Cao trình mực nước 40.0m, không xét rung chấn (b)

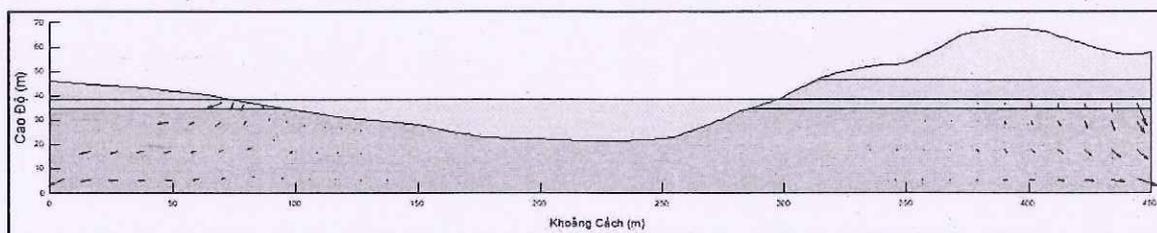
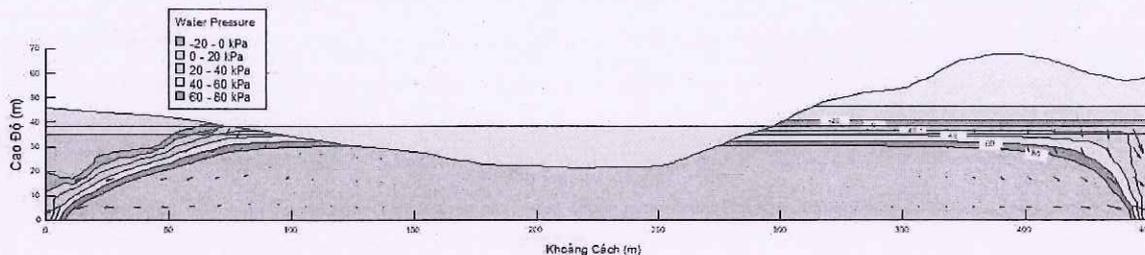


Hình 188: Cao trình mực nước 40.0m, xét rung chấn (a)

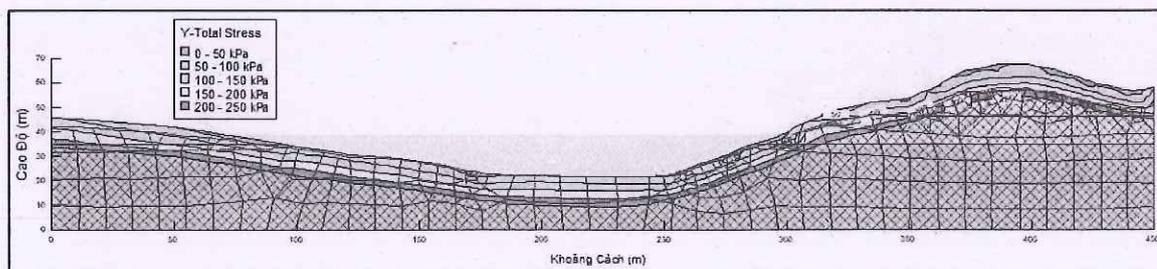


Hình 189: Cao trình mực nước 40.0m, xét rung chấn (b)

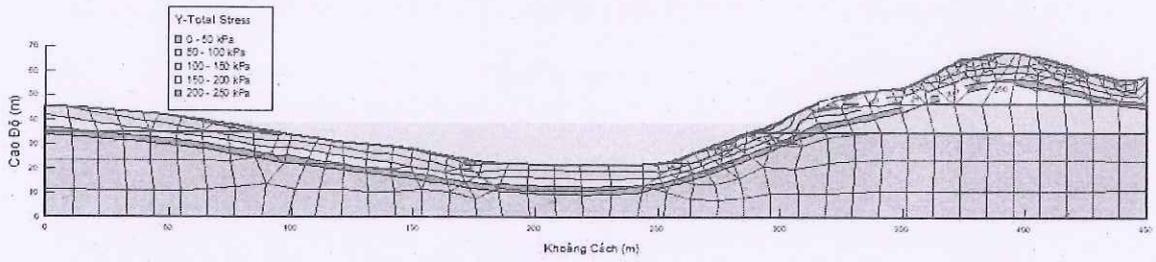
**G.2 Phân tích thấm**



**G.3 Phân tích ứng suất**

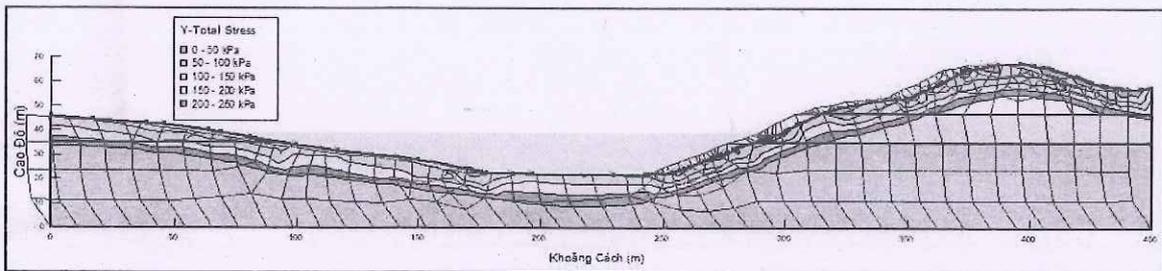


Hình 190: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC6 không xét đến hoạt tải

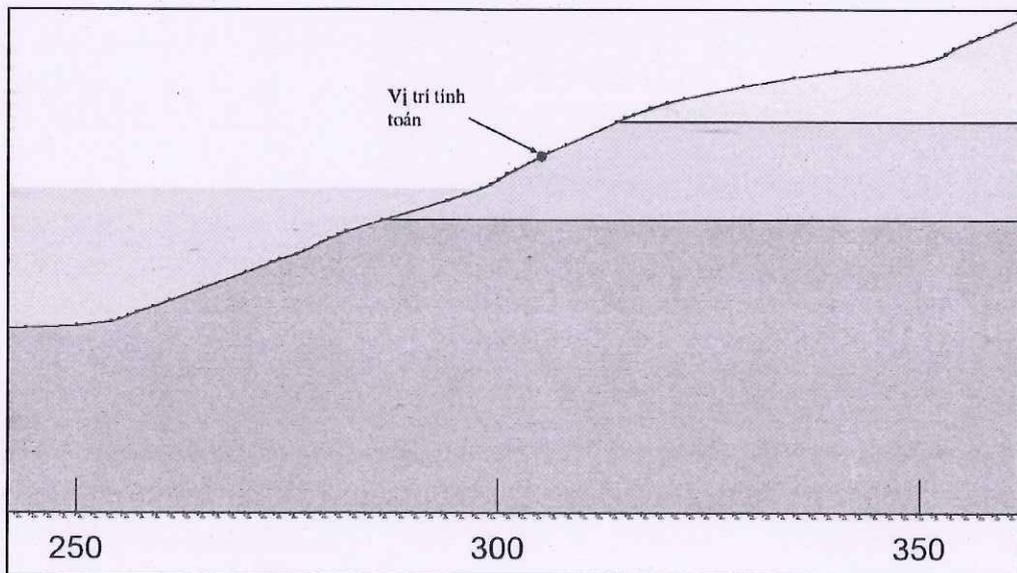


Hình 191: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC6 có xét đến hoạt tải

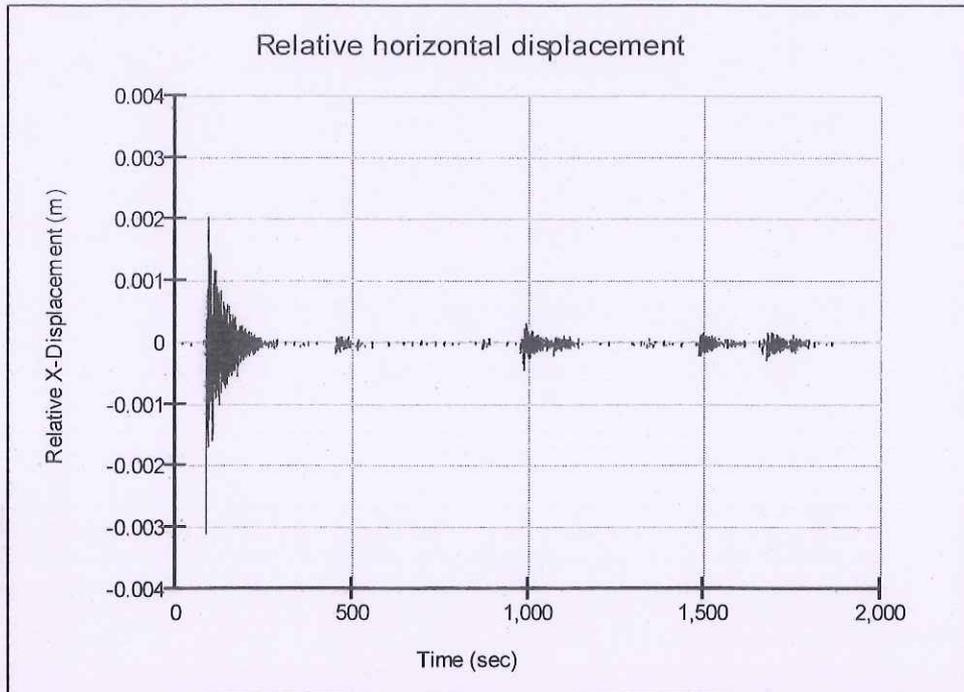
#### G.4 Phân tích tải trọng động



Hình 192: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến MC6

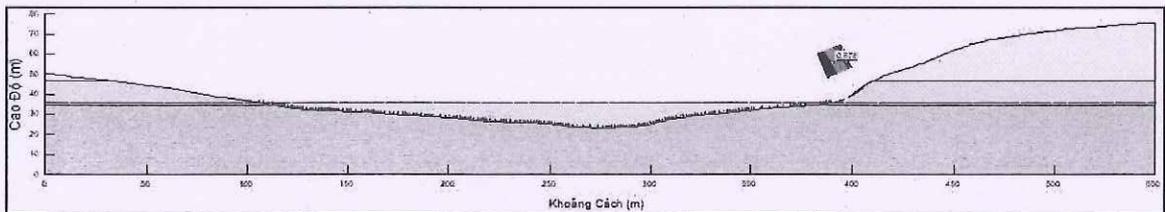


Hình 193: Vị trí tính chuyển vị tương đối

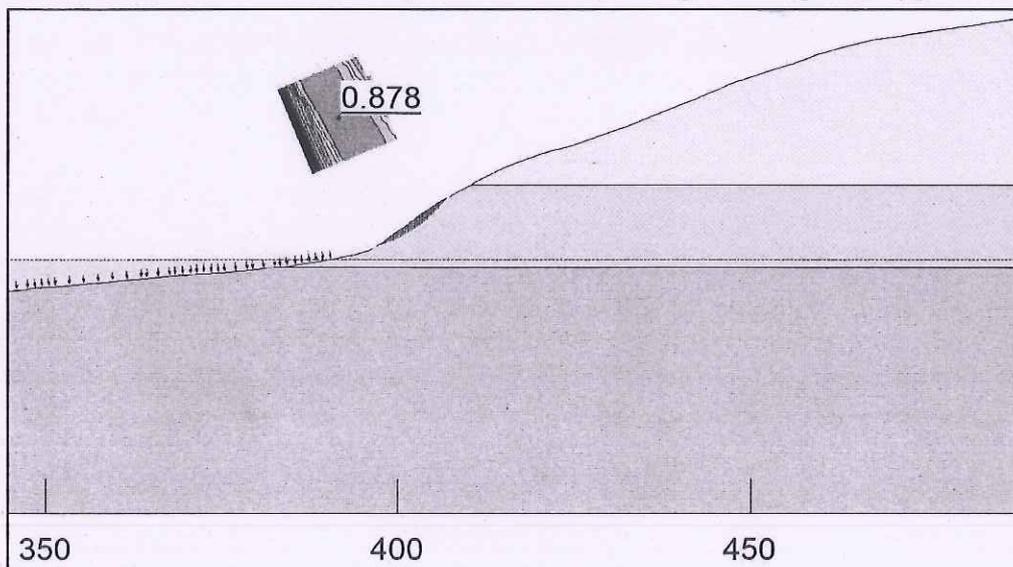


Hình 194: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến MC6  
H. Mặt cắt MC7

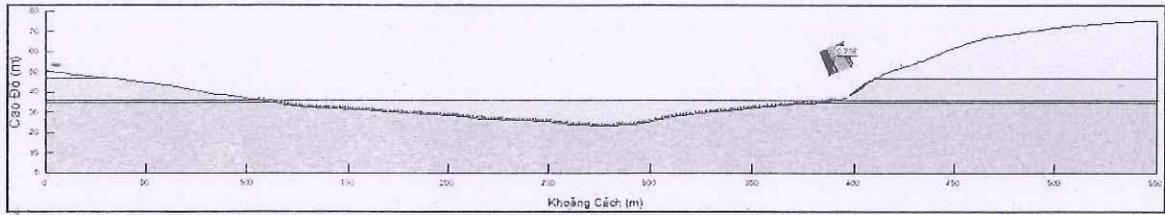
**H.1 Phân tích cung trượt**



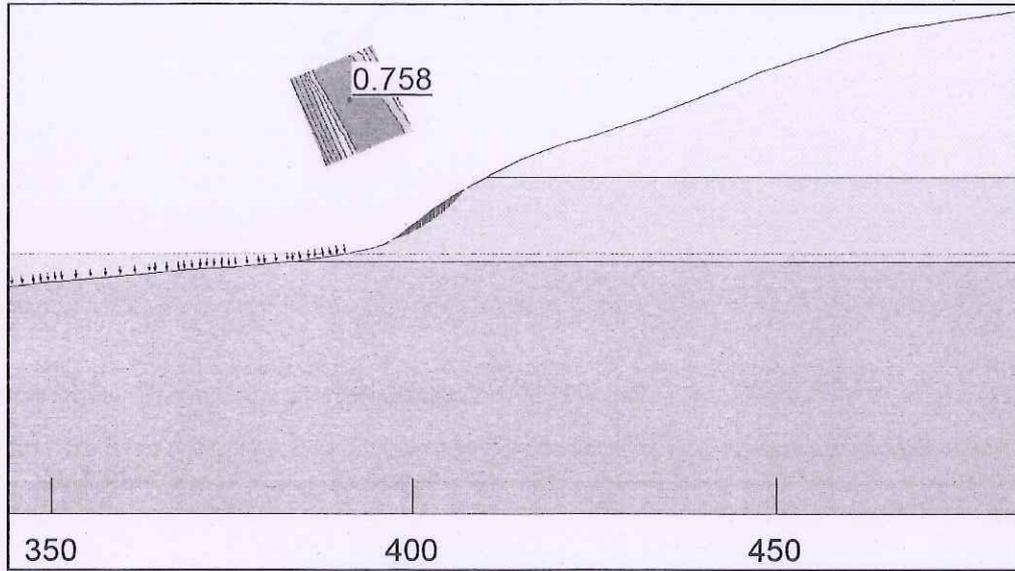
Hình 195: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (a)



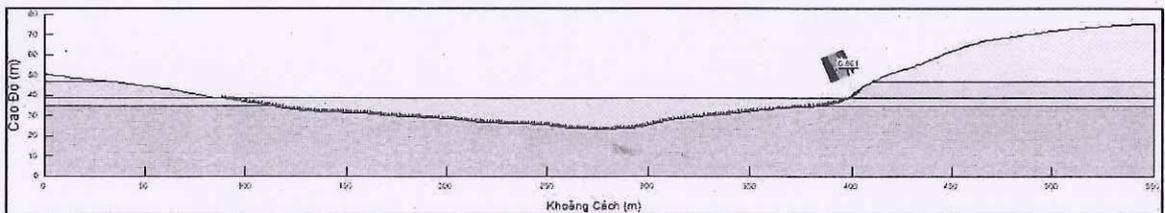
Hình 196: Cao trình mực nước 36.0m, không xét rung chấn (b)



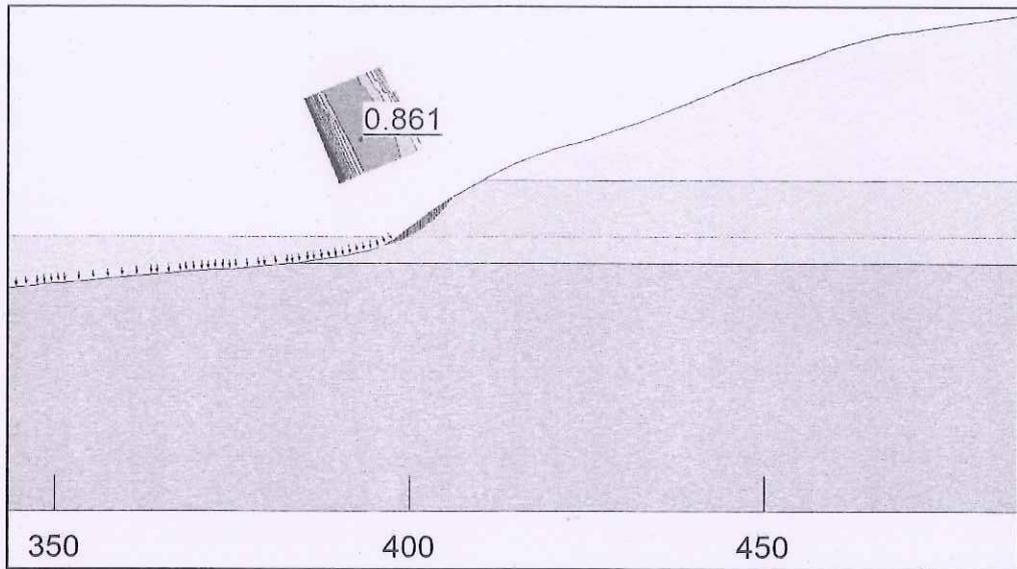
Hình 197: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (a)



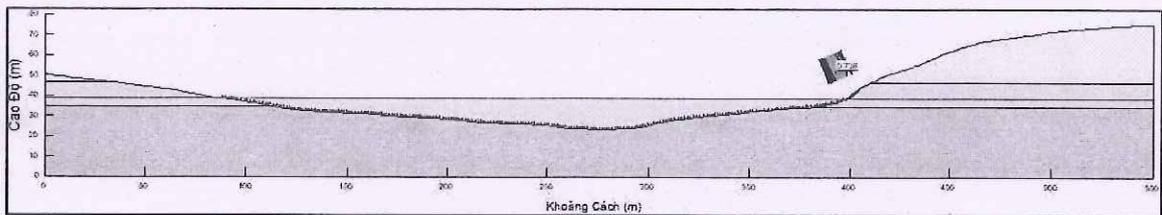
Hình 198: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (b)



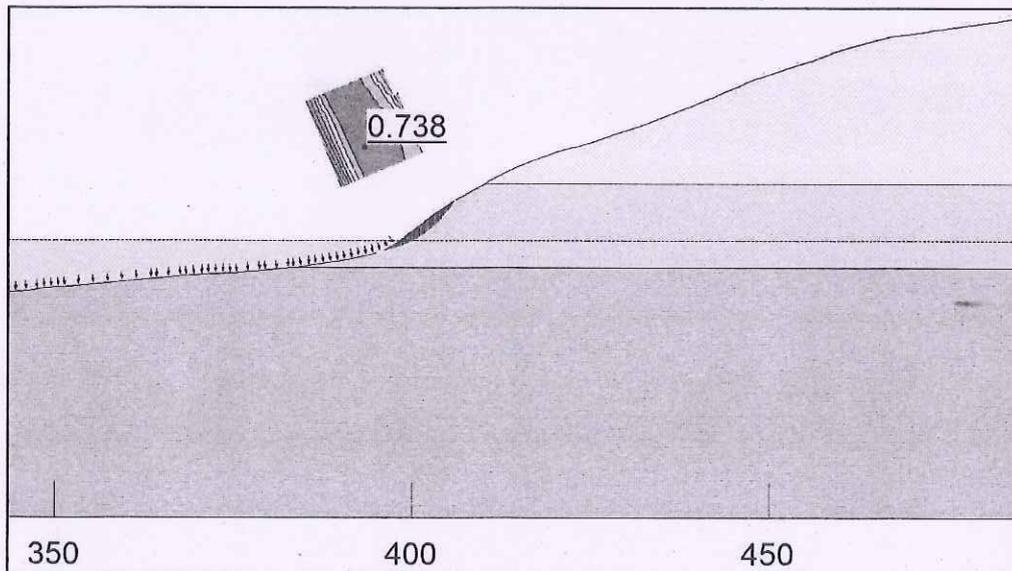
Hình 199: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (a0)



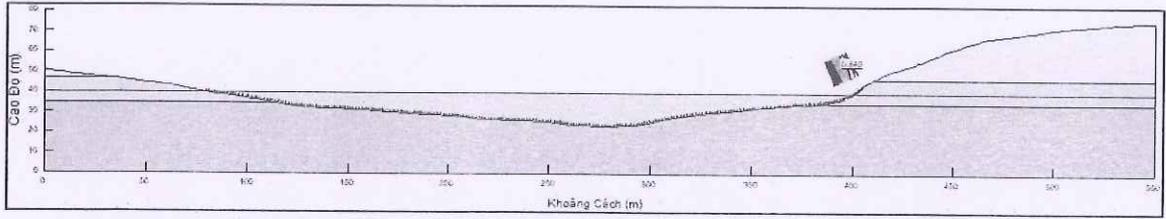
Hình 200: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (b)



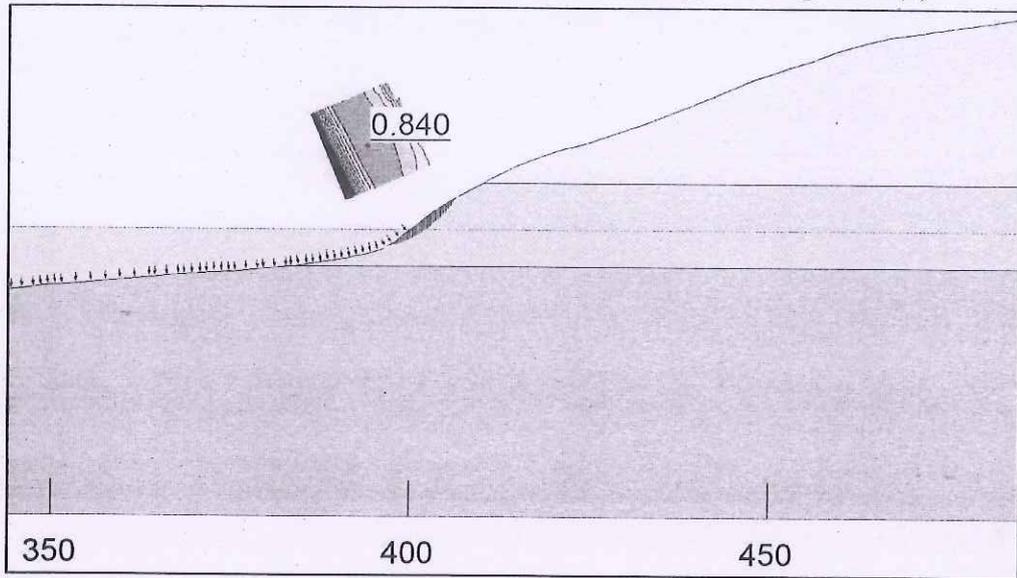
Hình 201: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (a)



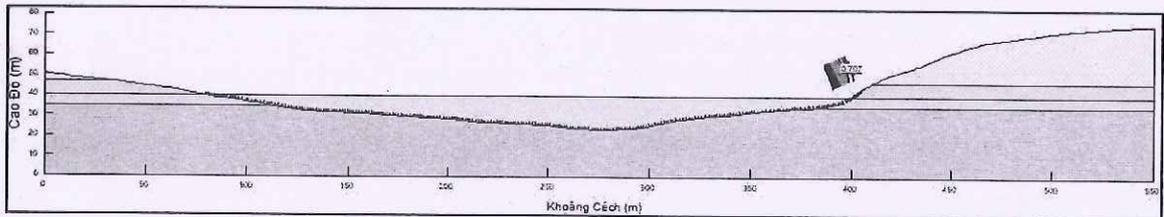
Hình 202: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (b)



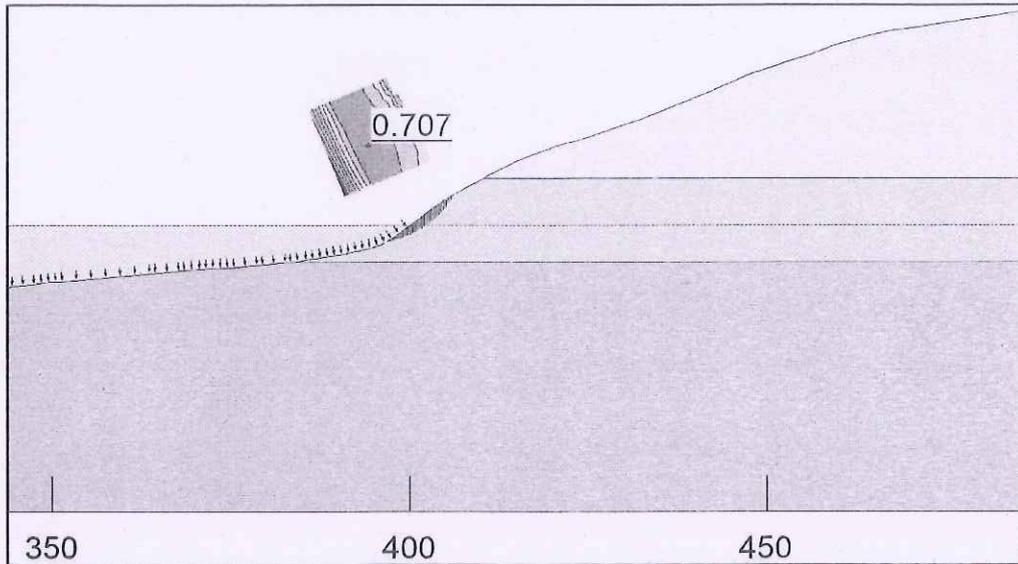
Hình 203: Cao trình mực nước 40.0m, không xét rung chấn (a)



Hình 204: Cao trình mực nước 40.0m, không xét rung chấn (b)

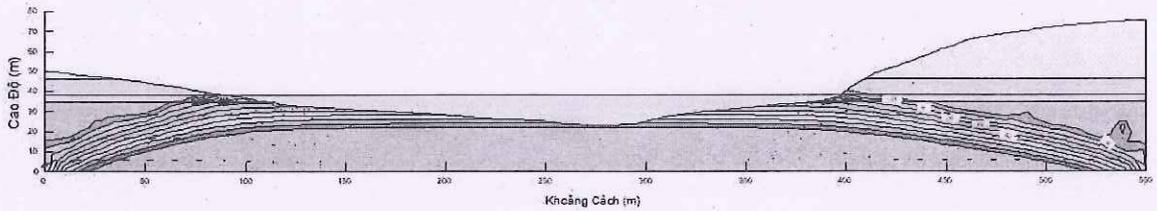


Hình 205: Cao trình mực nước 40.0m, xét rung chấn (a)

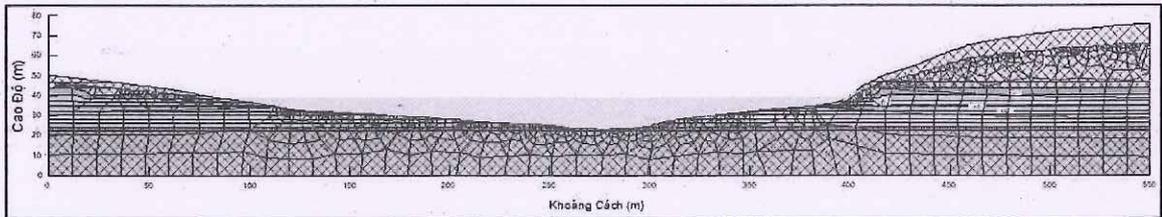


Hình 206: Cao trình mực nước 40.0m, xét rung chấn (b)

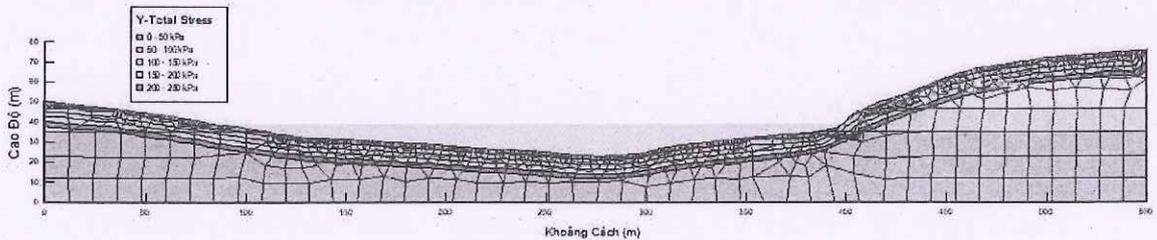
### H.2 Phân tích thấm



### H.3 Phân tích ứng suất

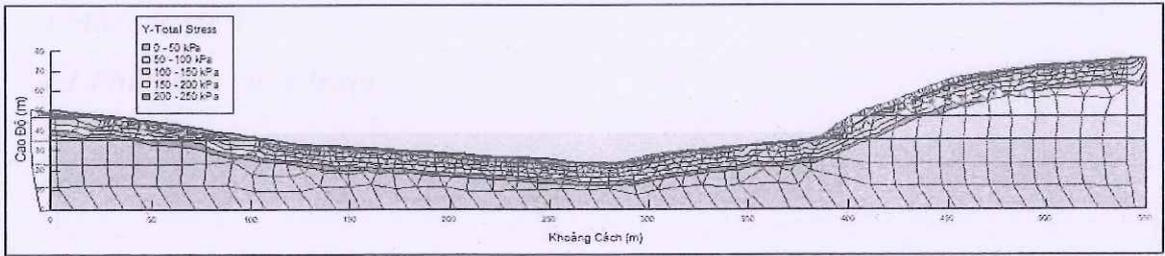


Hình 207: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC7 không xét đến hoạt tải

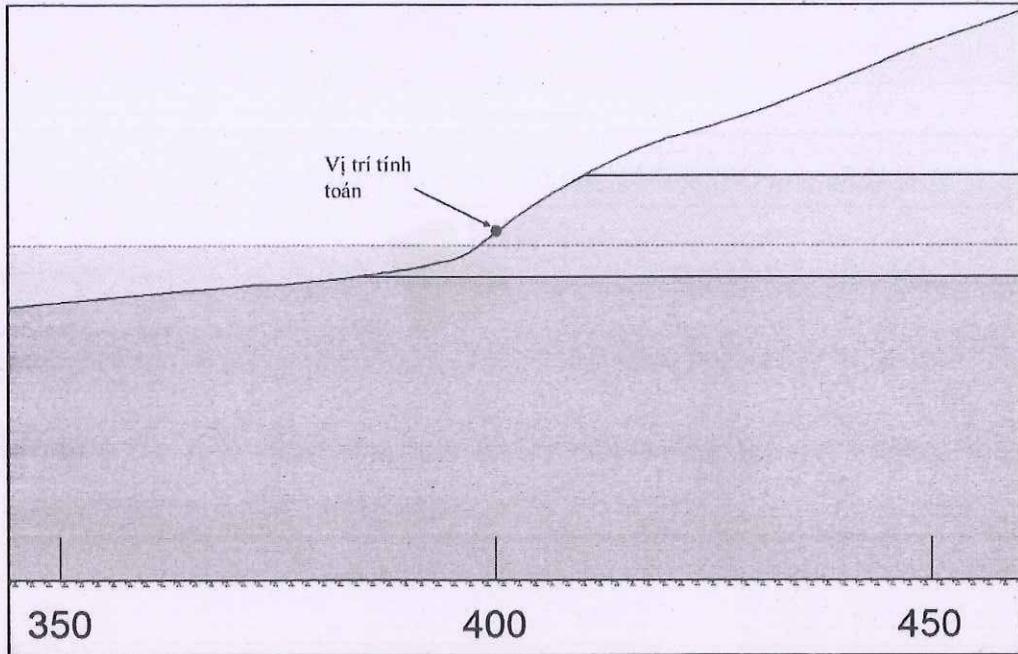


Hình 208: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC7 có xét đến hoạt tải

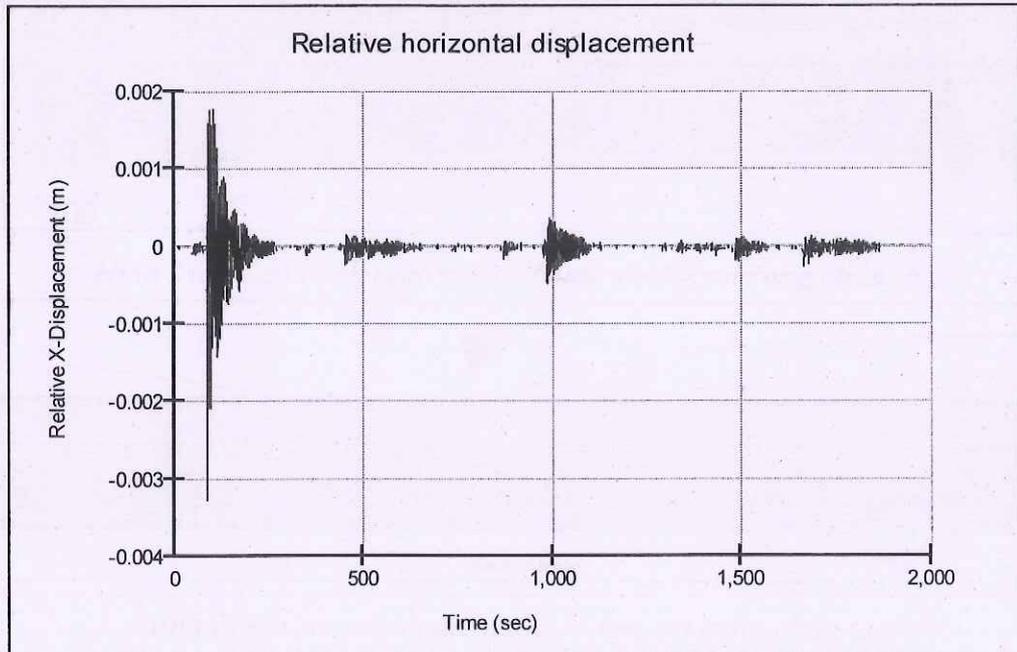
### H.4 Phân tích tải trọng động



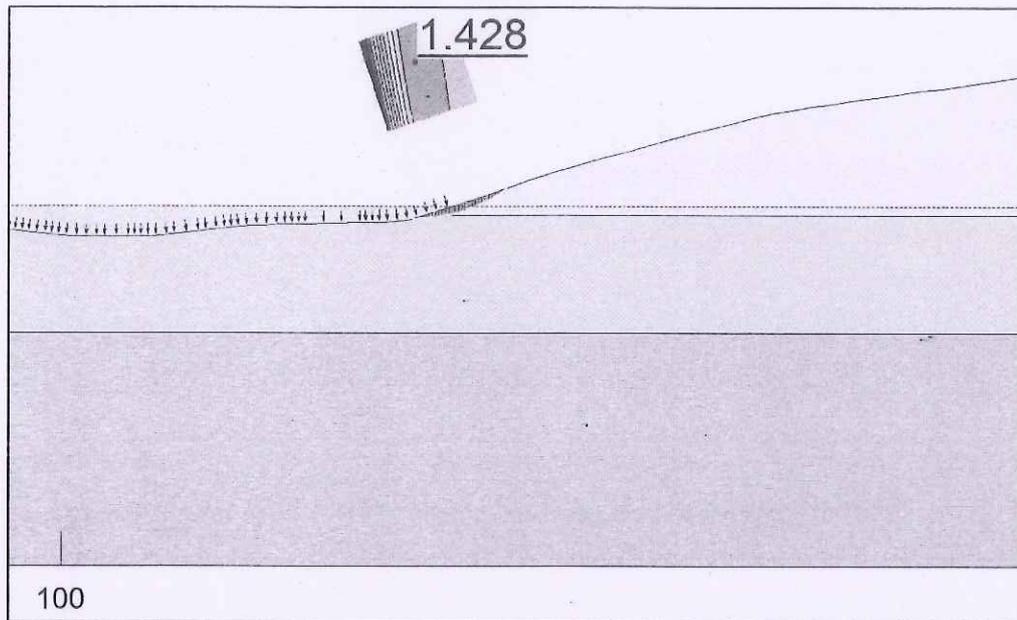
Hình 209: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến MC7



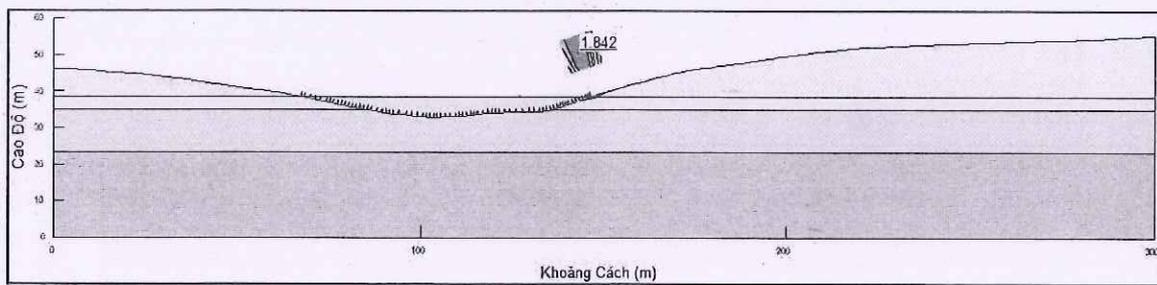
Hình 210: Vị trí tính chuyển vị tương đối



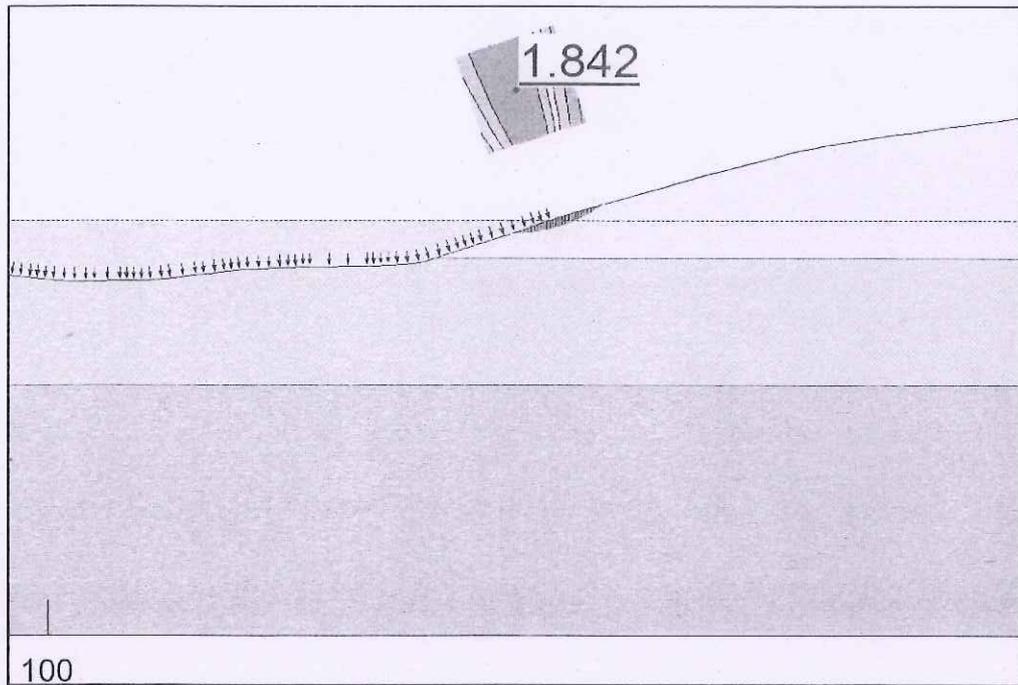
Hình 211: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến MC7



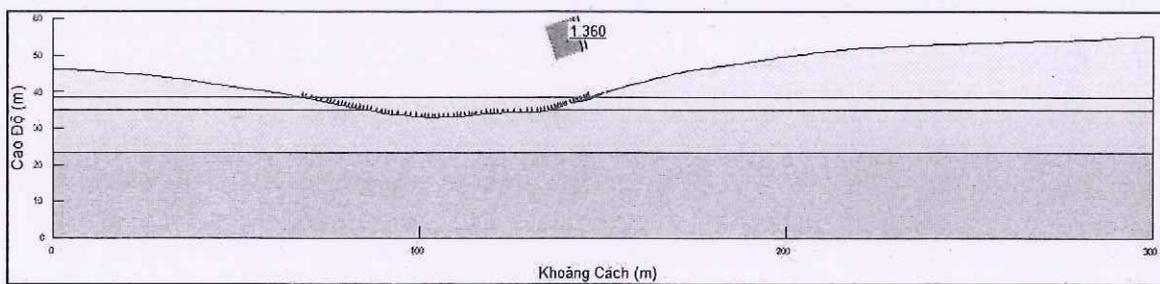
Hình 215: Cao trình mực nước 36.0m, xét rung chấn (b)



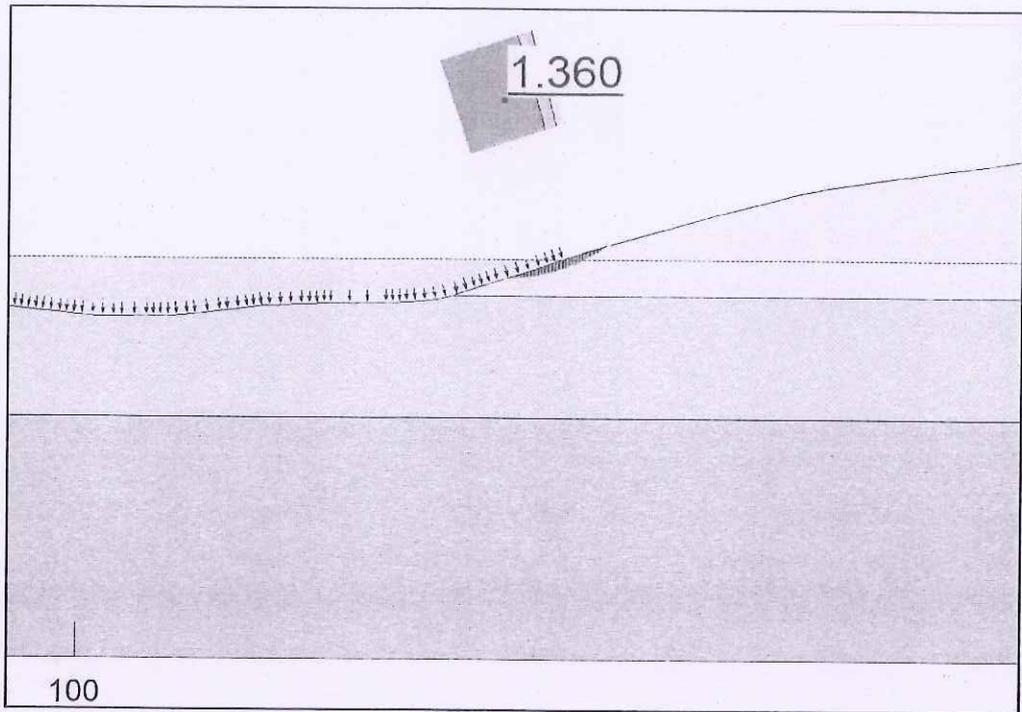
Hình 216: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (a)



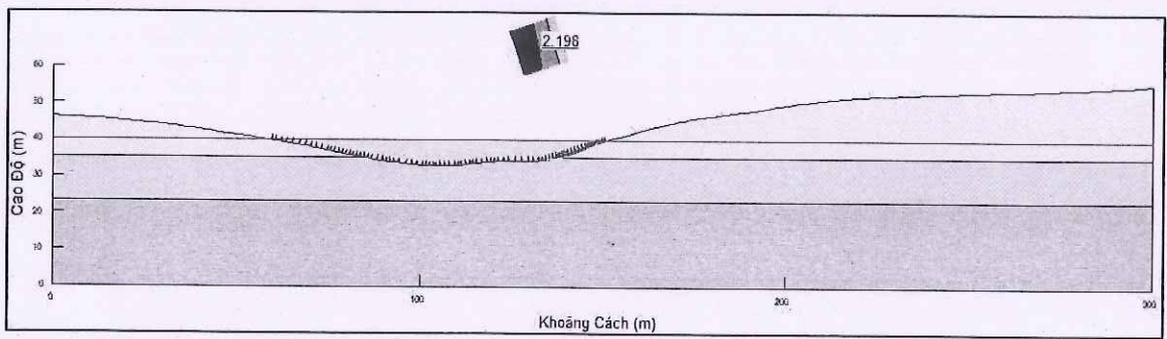
Hình 217: Cao trình mực nước 38.6m, không xét rung chấn (b)



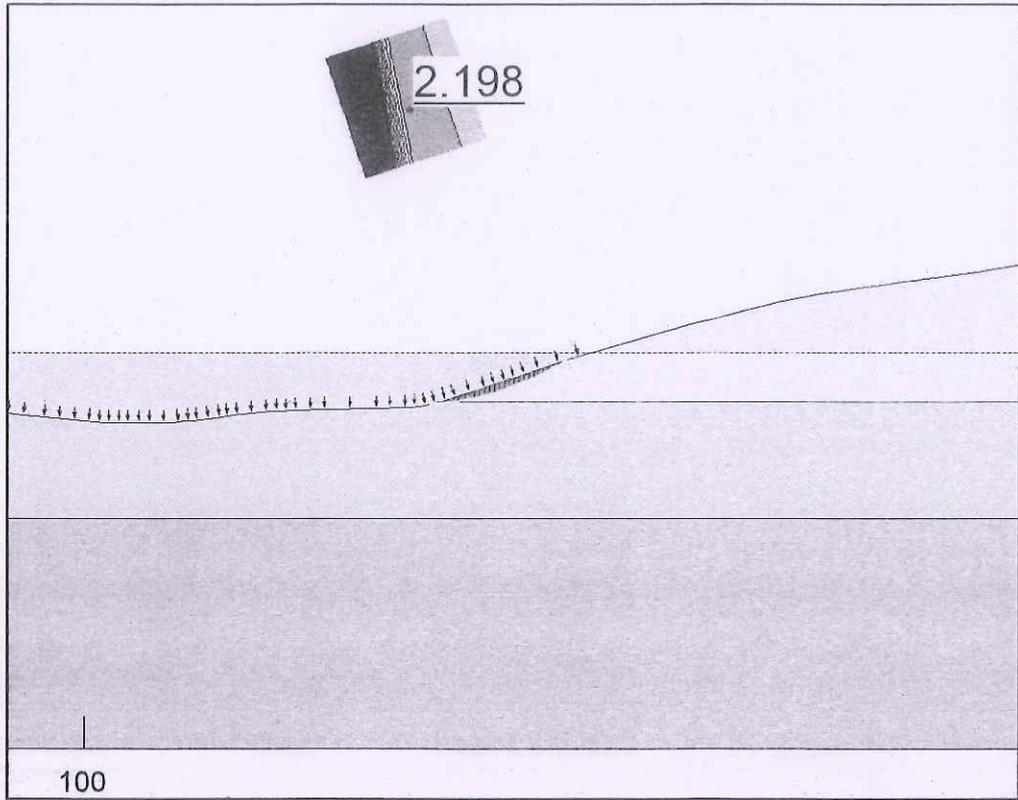
Hình 218: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (a)



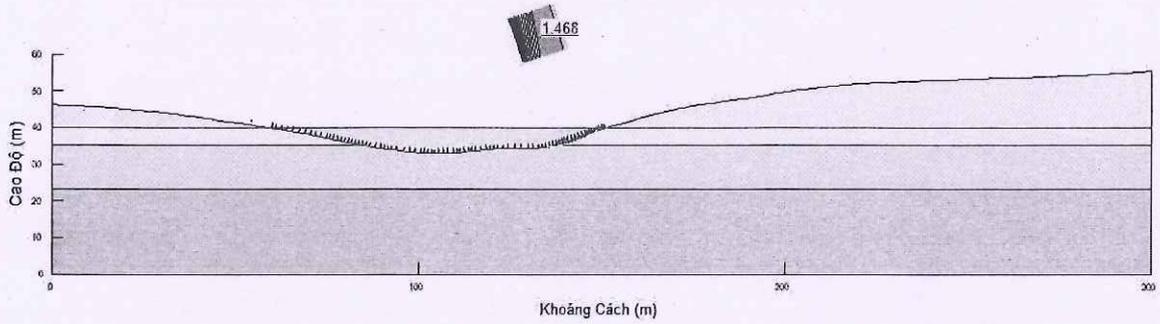
Hình 219: Cao trình mực nước 38.6m, xét rung chấn (b)



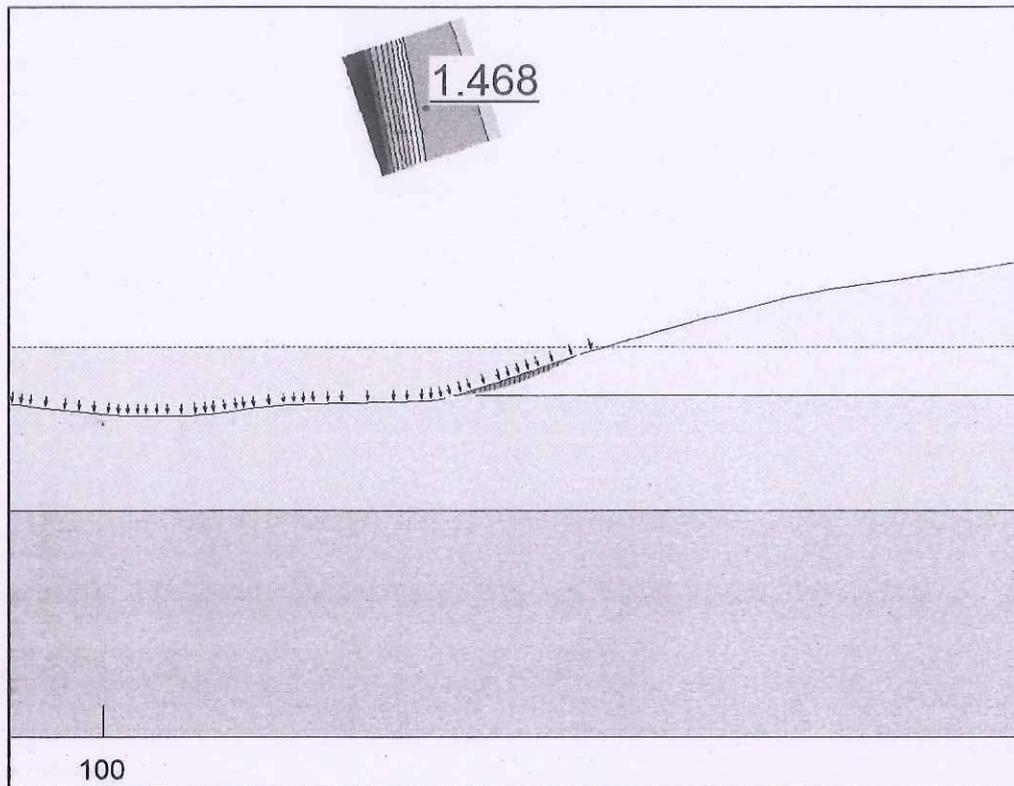
Hình 220: Cao trình mực nước 40m, không xét rung chấn (a)



Hình 221: Cao trình mực nước 40m, không xét rung chấn (b)

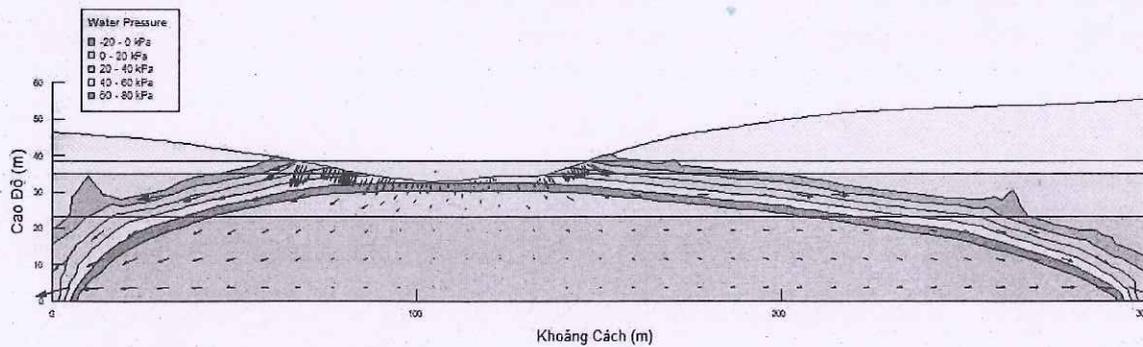
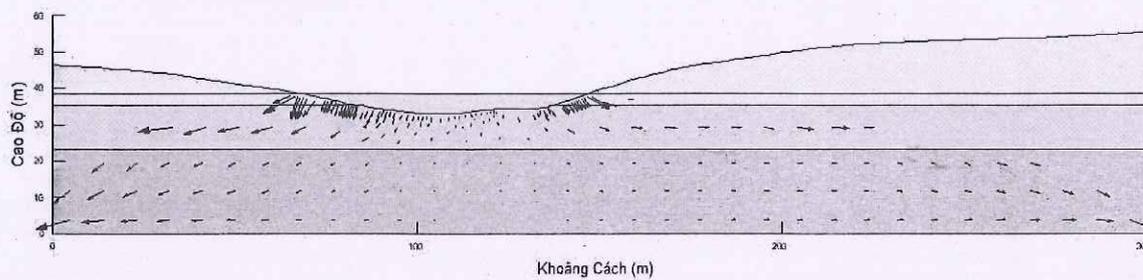


Hình 222: Cao trình mực nước 40m, xét rung chấn (b)

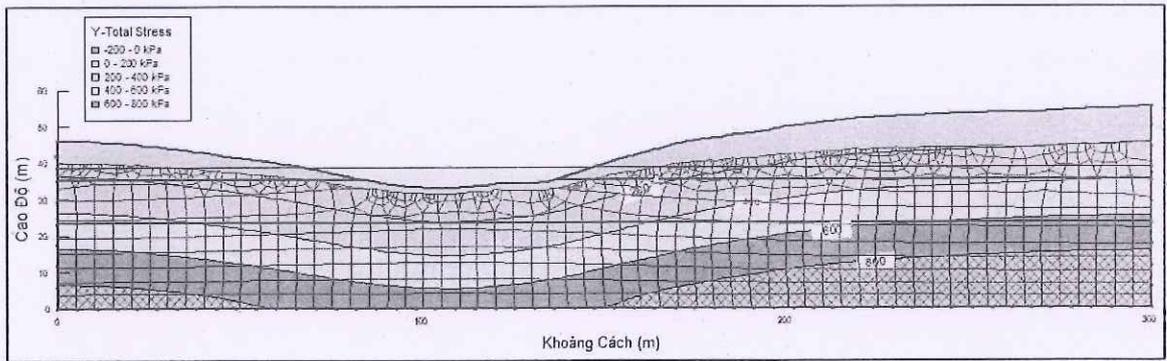


Hình 223: Cao trình mực nước 40m, xét rung chấn (b)

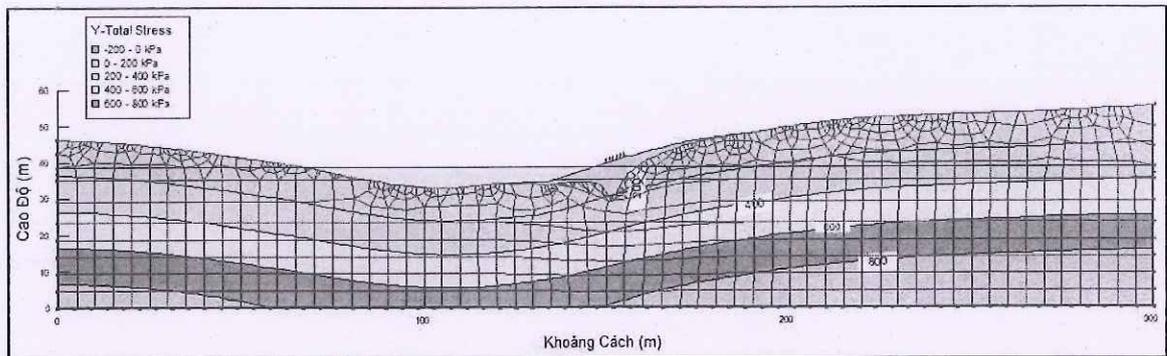
### I.2 Phân tích thấm



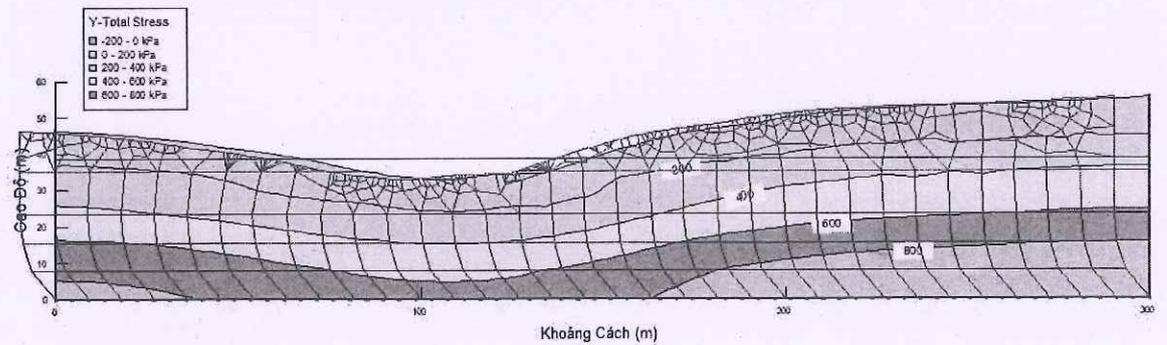
### I.3 Phân tích ứng suất



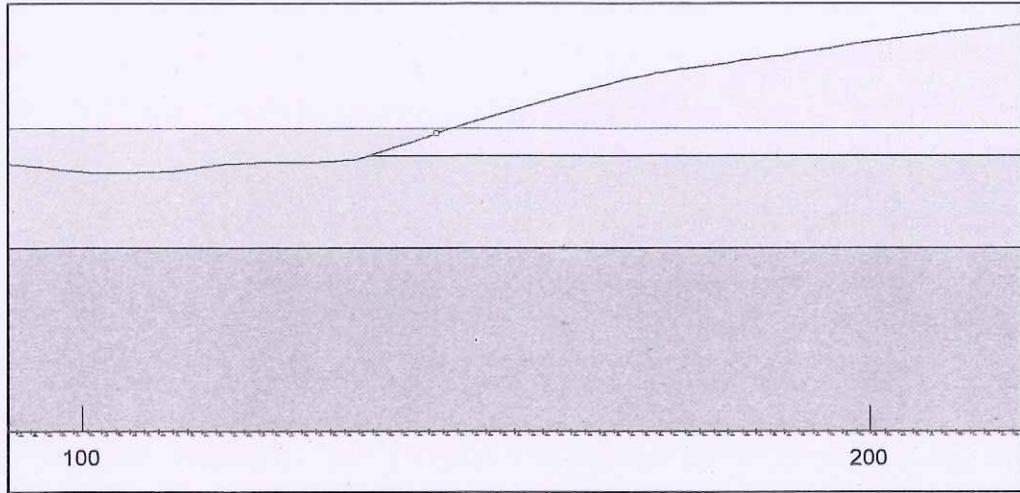
Hình 224: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC9 không xét đến hoạt tải



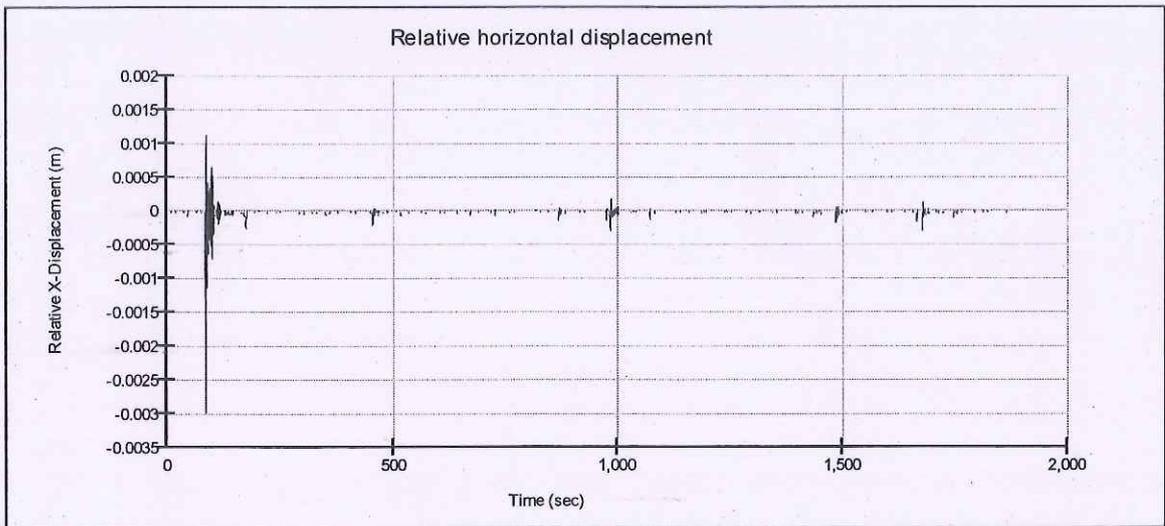
Hình 225: Phân tích SIGMA/W cho mặt cắt tuyến MC9 có xét đến hoạt tải  
**I.4 Phân tích tải trọng động**



Hình 226: Phân tích QUAKE/W cho mặt cắt tuyến MC9

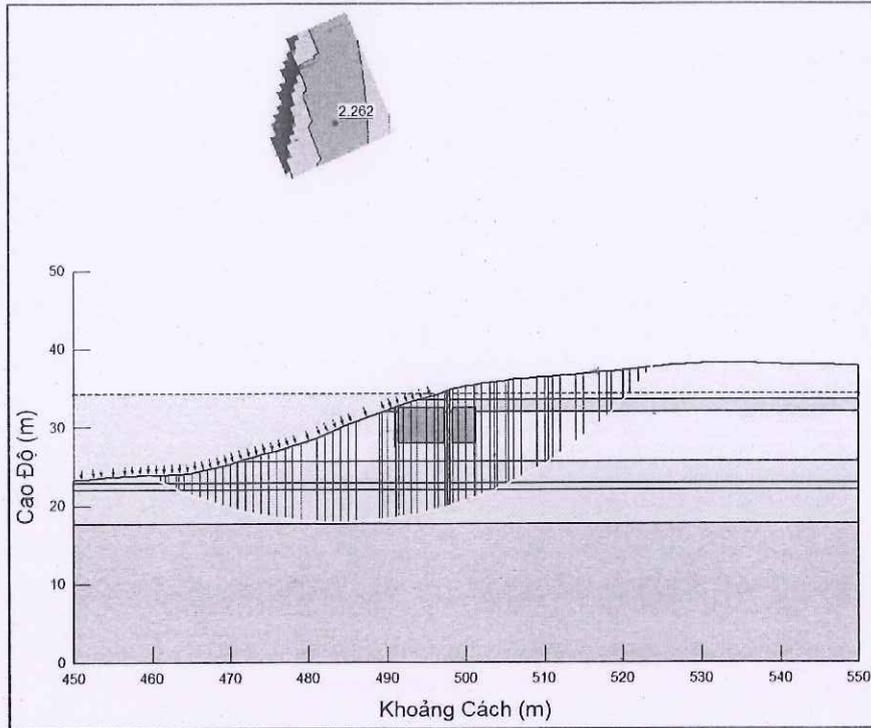


Hình 227: Vị trí tính chuyển vị tương đối

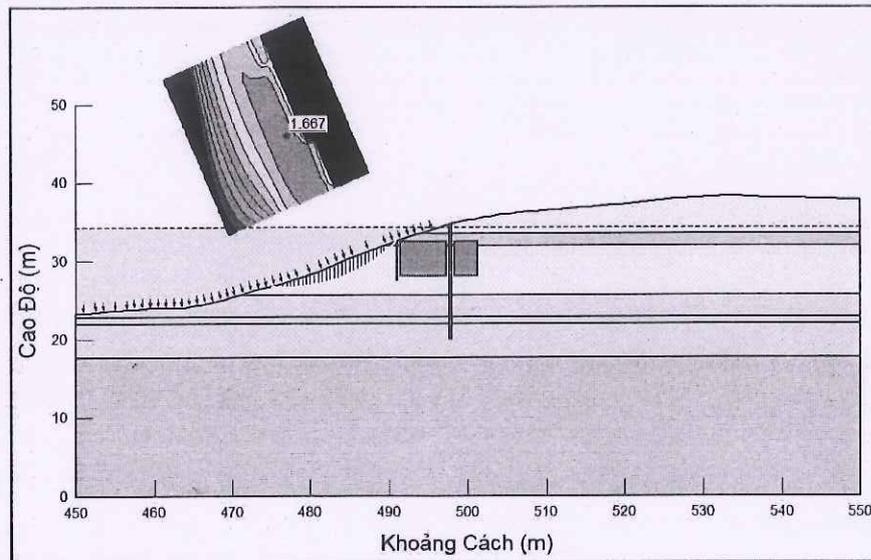


Hình 228: Chuyển vị ngang tương đối trong phân tích QUAKE/W cho tuyến MC9

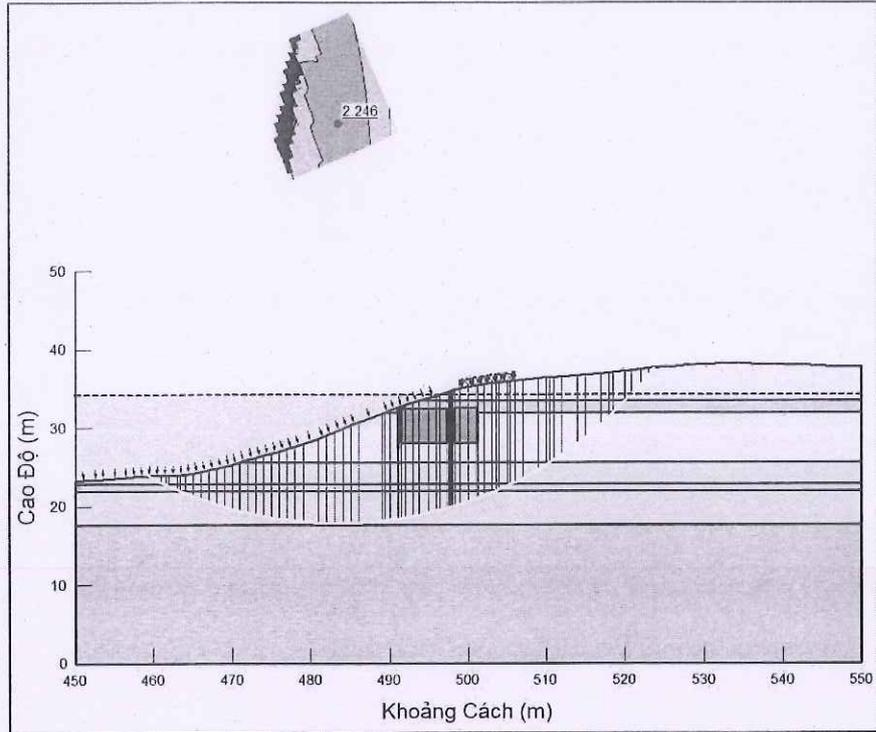
**H. Tuyến L4, L8 và L1 sau gia cố**



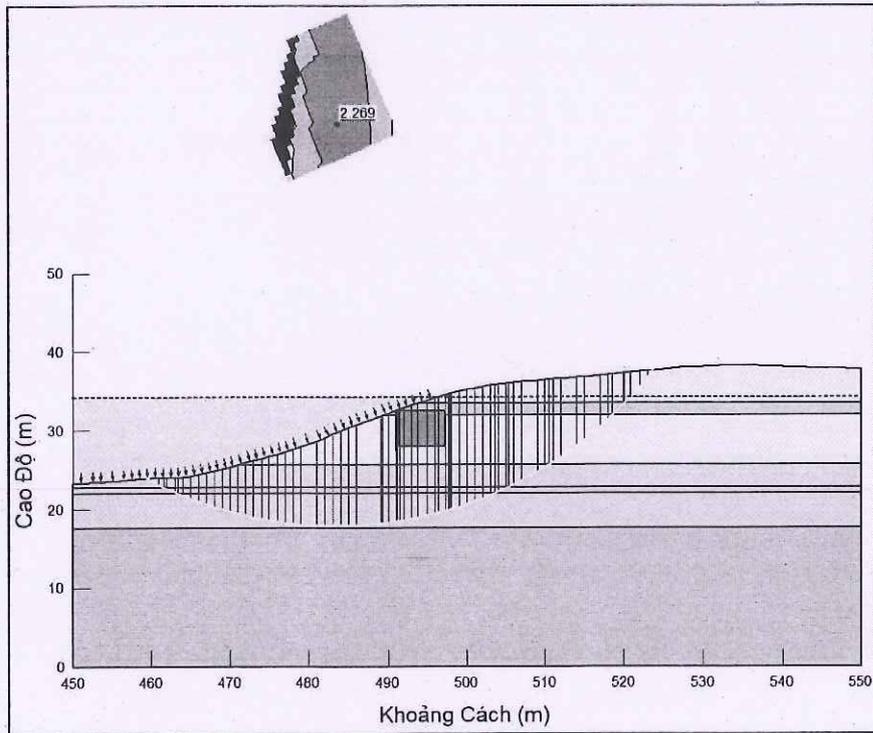
Hình 229: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L4 theo PA1



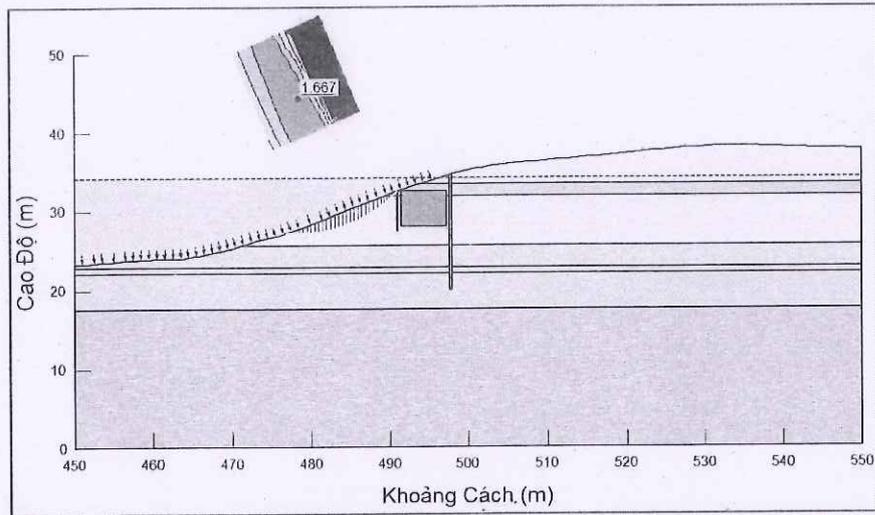
Hình 230: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L4 theo PA1



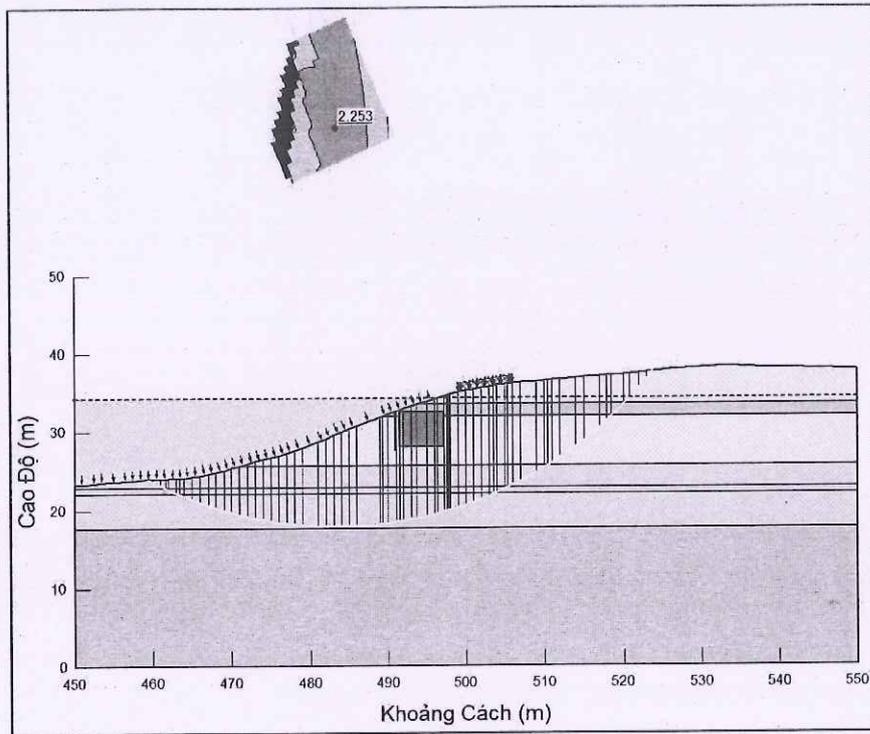
Hình 231: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L4 theo PA1 có xét đến hoạt tải



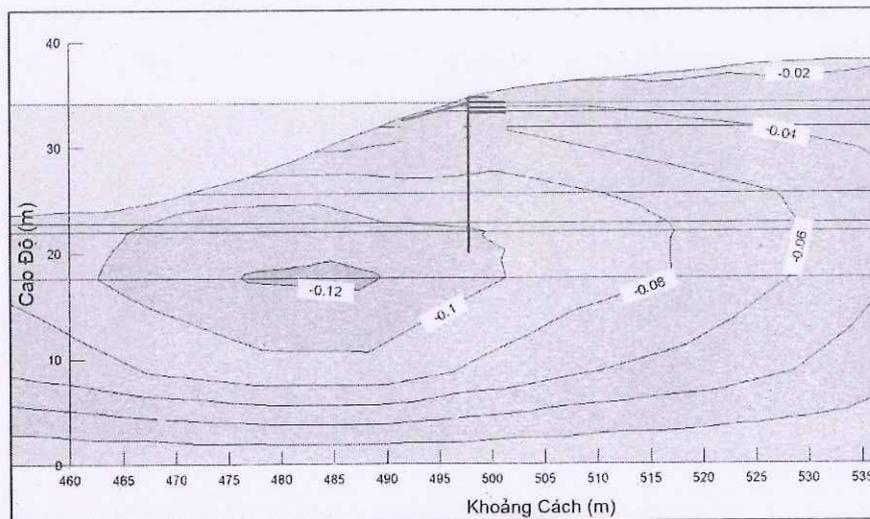
Hình 232: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L4 theo PA2



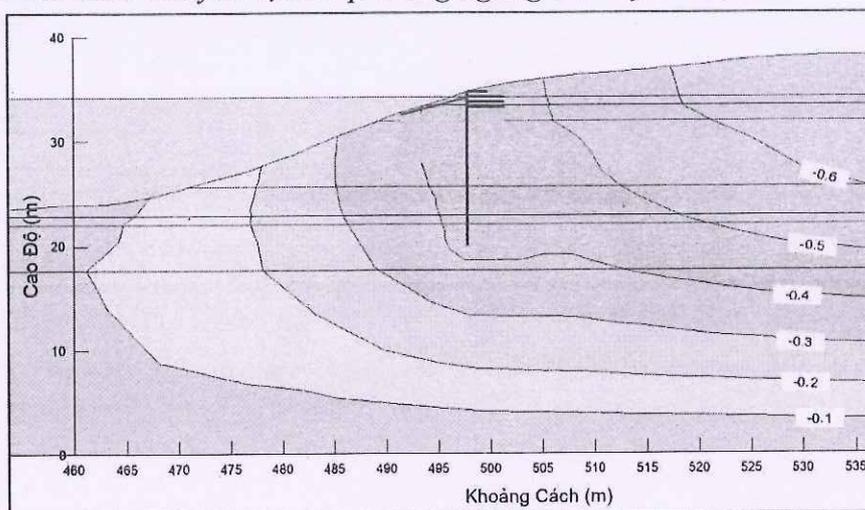
Hình 233: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L4 theo PA2



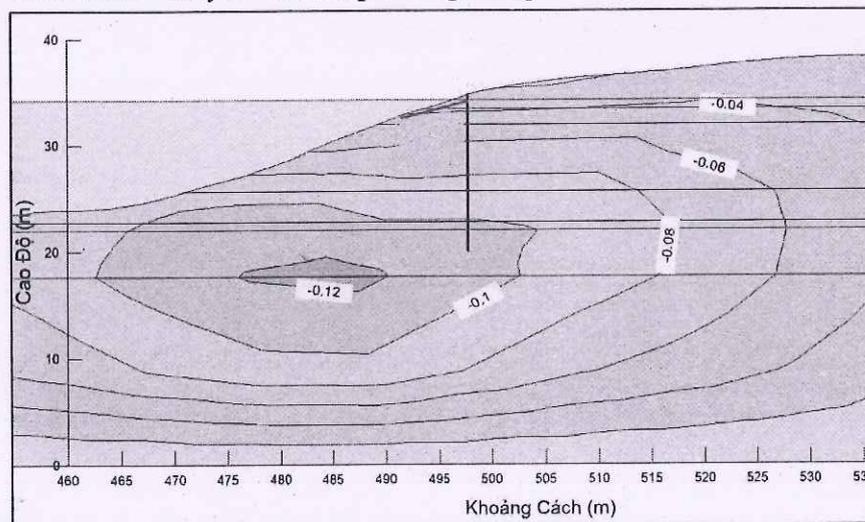
Hình 234: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L4 theo PA2 có xét đến hoạt tải



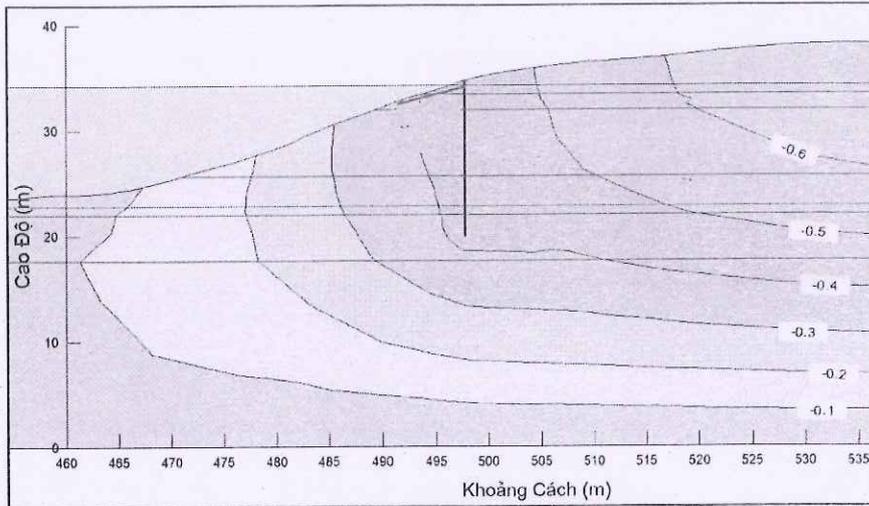
Hình 235: Chuyển vị theo phương ngang cho tuyến L4, PA1



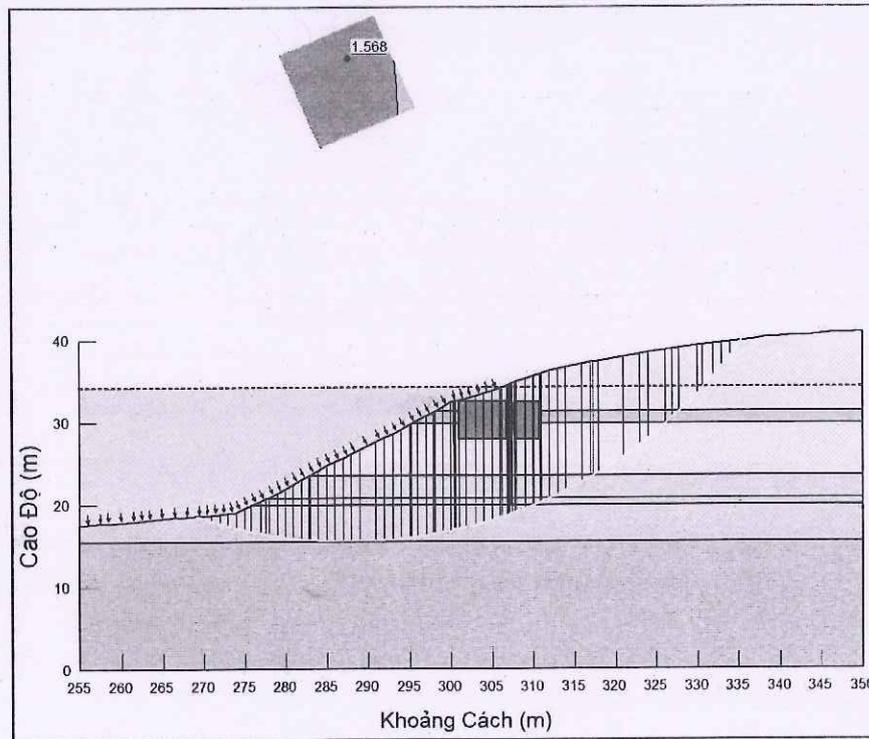
Hình 236: Chuyển vị theo phương đứng cho tuyến L4, PA1



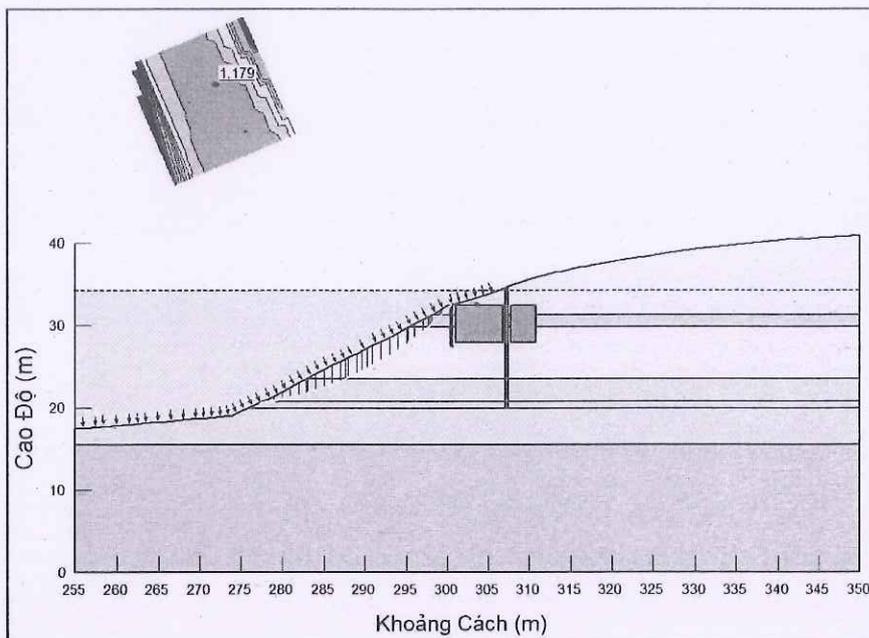
Hình 237: Chuyển vị theo phương ngang cho tuyến L4, PA2



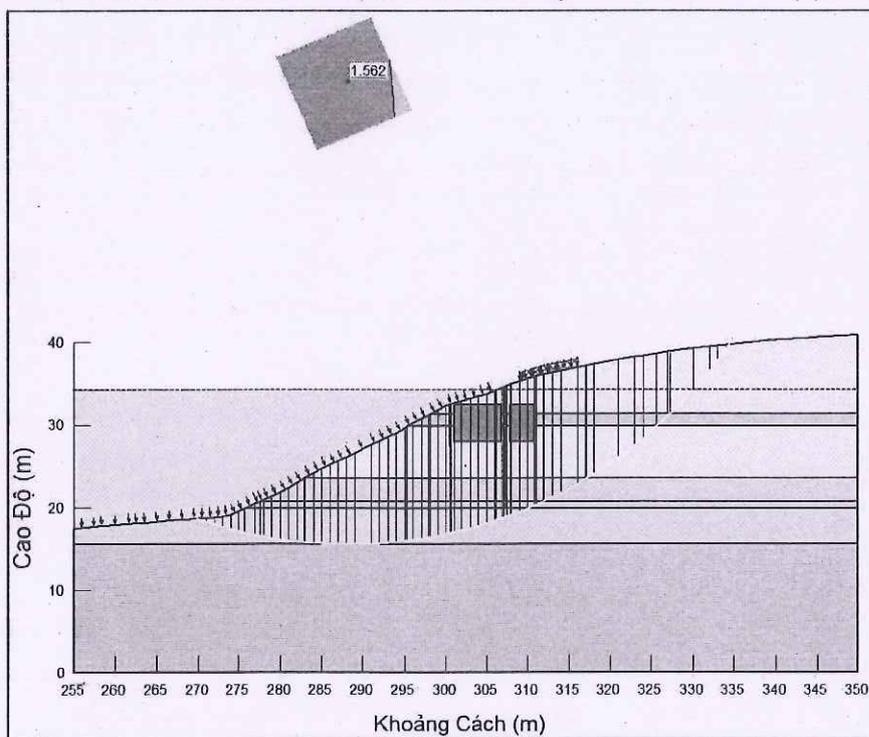
Hình 238: Chuyển vị theo phương đứng cho tuyến L4, PA2



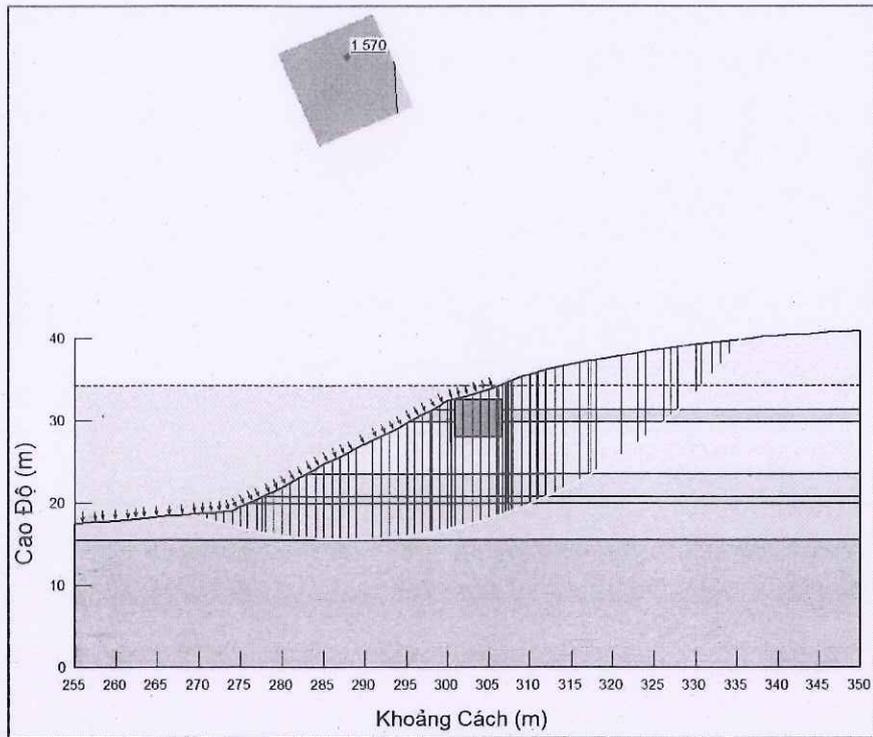
Hình 239: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L8 theo PA1 (a)



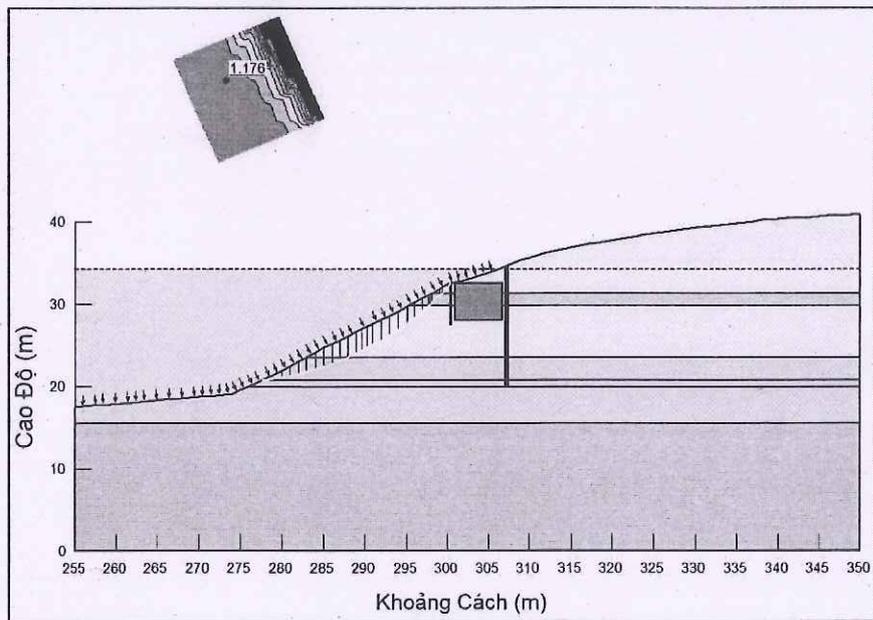
Hình 240: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L8 theo PA1 (b)



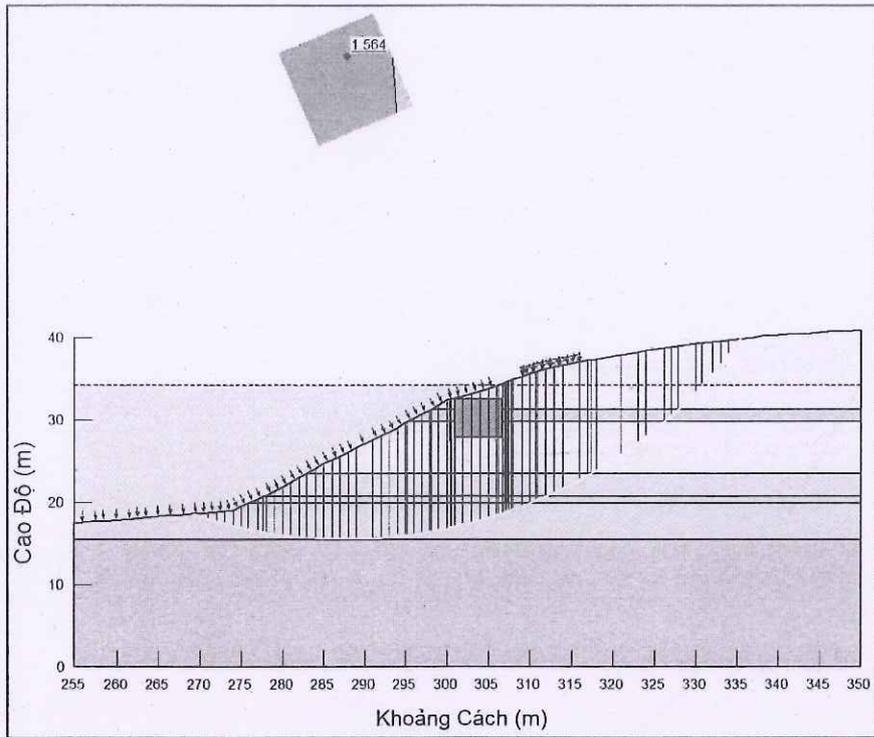
Hình 241: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L8 theo PA1 có xét đến hoạt tải



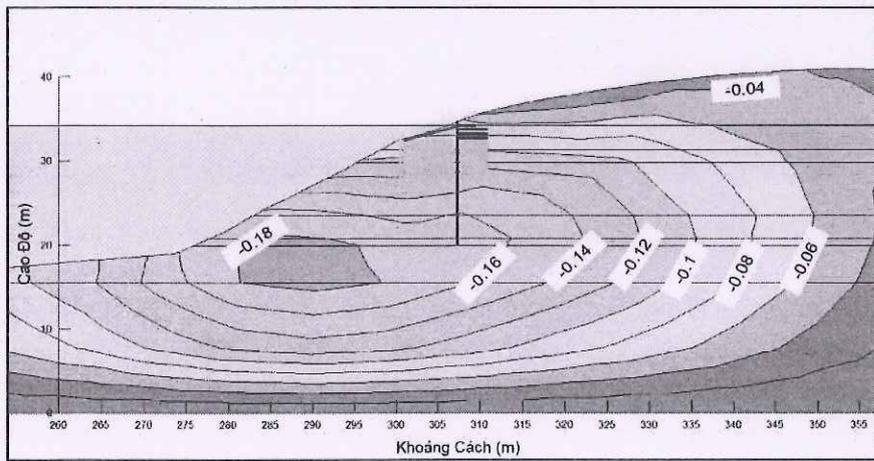
Hình 242: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L8 theo PA2 (a)



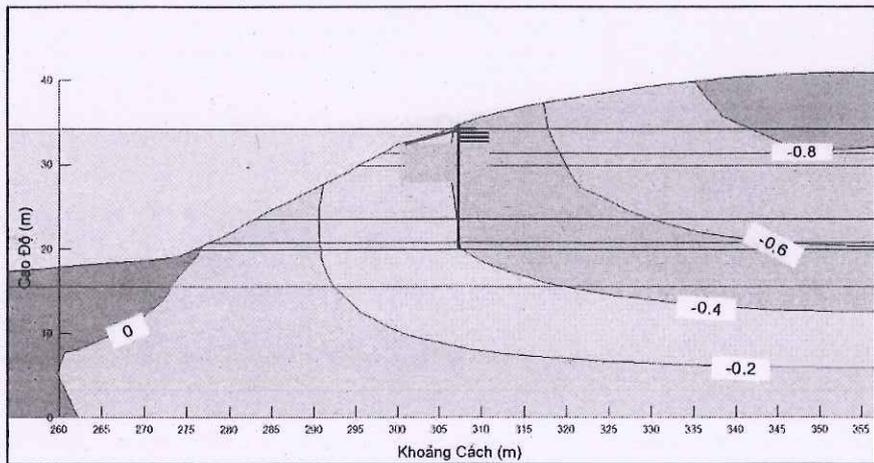
Hình 243: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L8 theo PA2 (b)



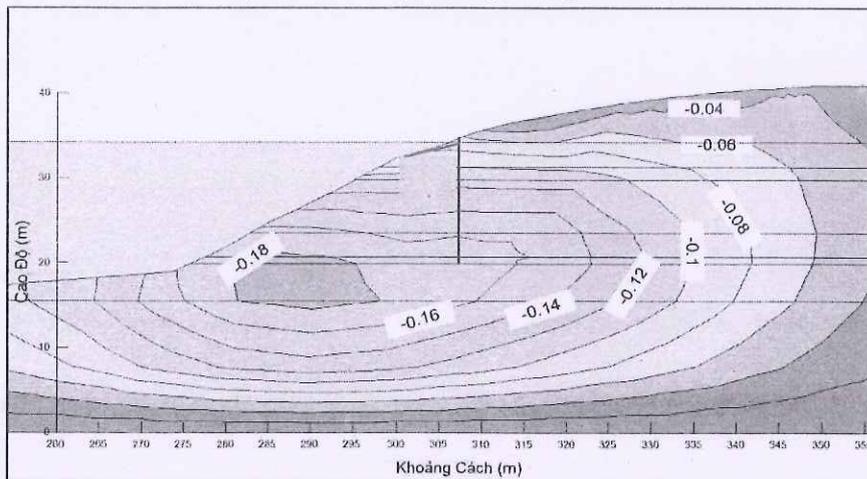
Hình 244: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L8 theo PA2 có xét đến hoạt tải



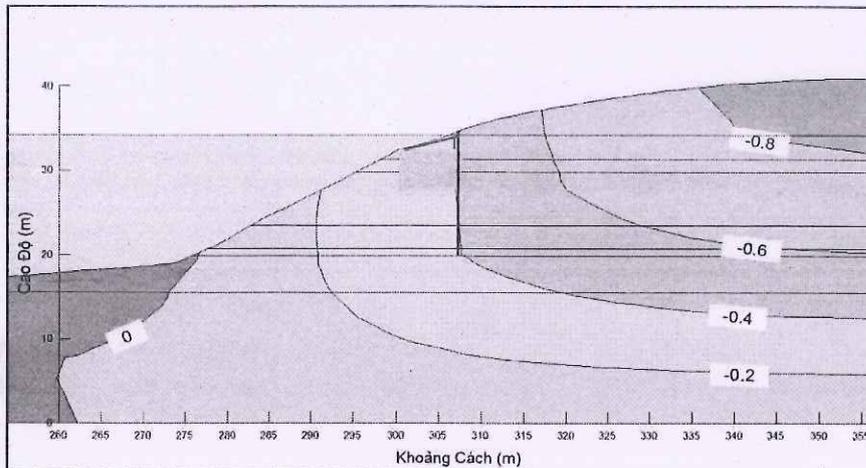
Hình 245: Chuyển vị theo phương ngang cho tuyến L8, PA1



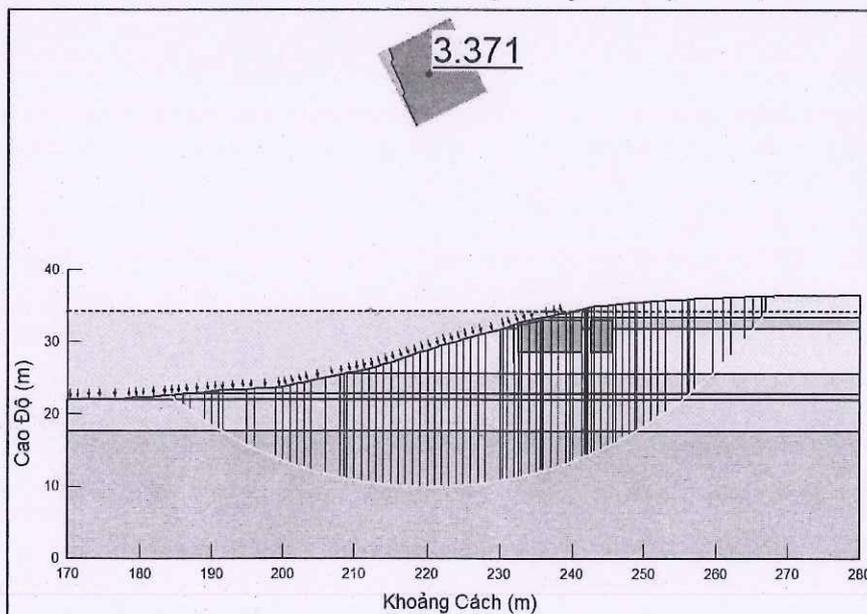
Hình 246: Chuyển vị theo phương đứng cho tuyến L8, PA1



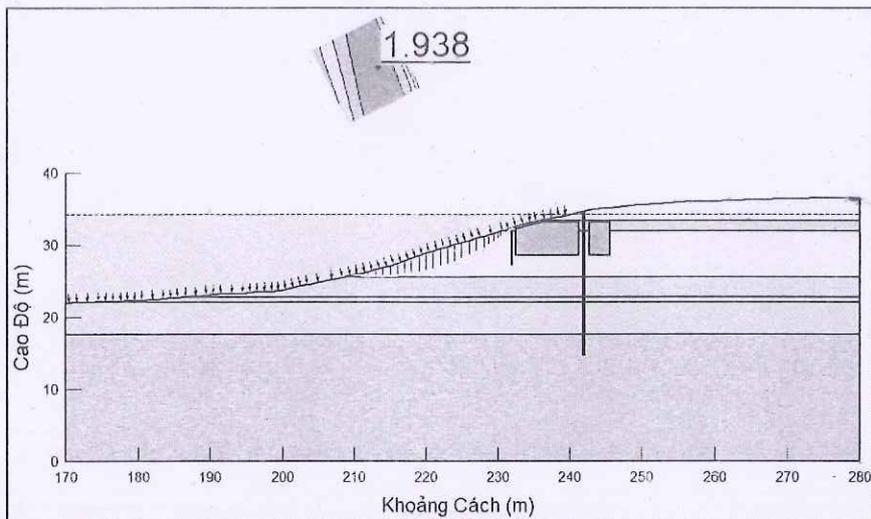
Hình 247: Chuyển vị theo phương ngang cho tuyến L8, PA2



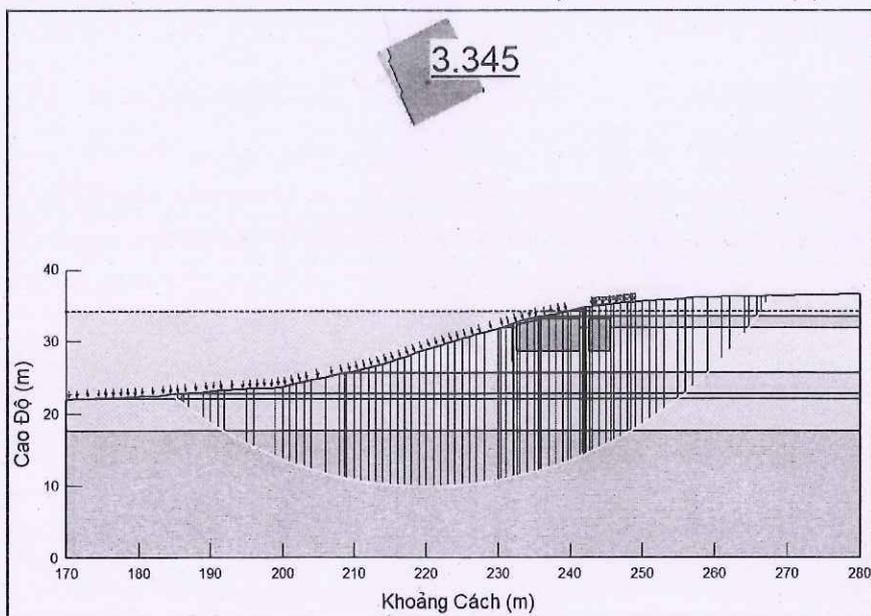
Hình 248: Chuyển vị theo phương đứng cho tuyến L8, PA2



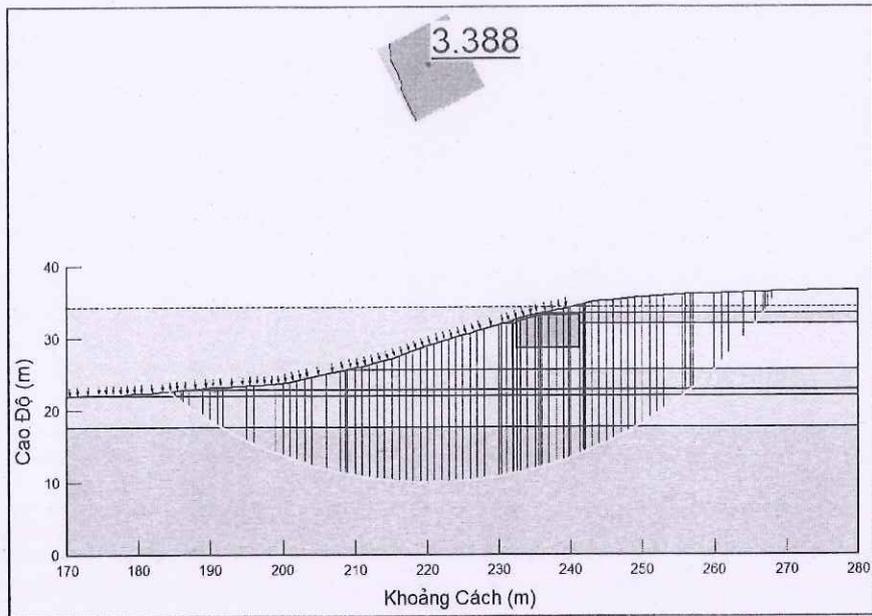
Hình 249: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L1 theo PA1 (a)



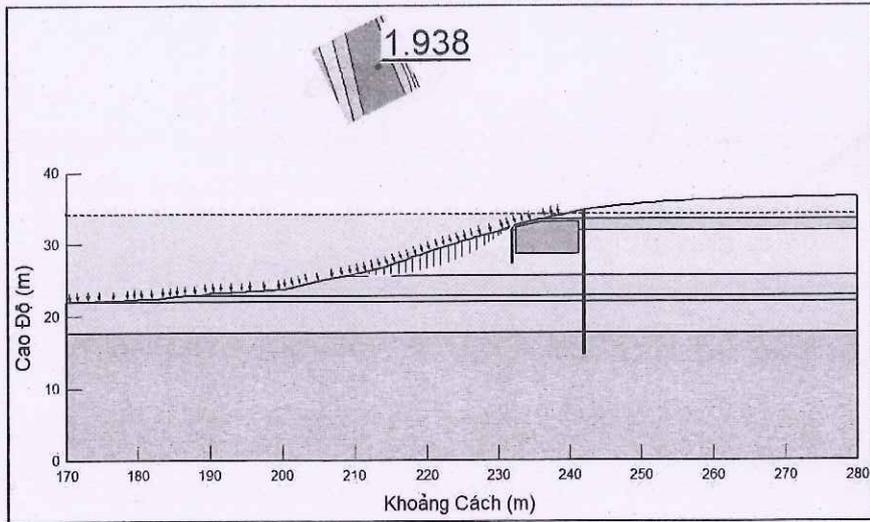
Hình 250: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L1 theo PA1 (b)



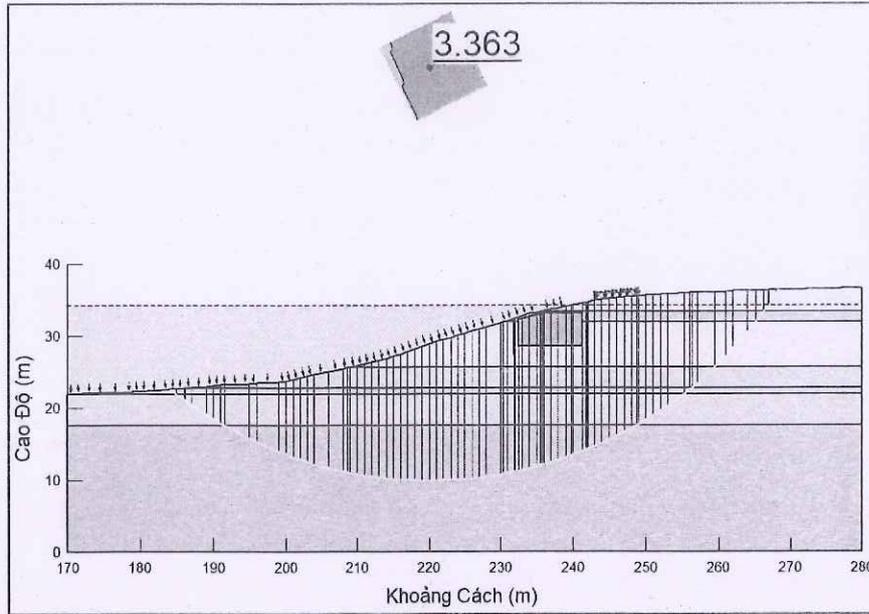
Hình 251: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L1 theo PA1 có xét đến hoạt tải



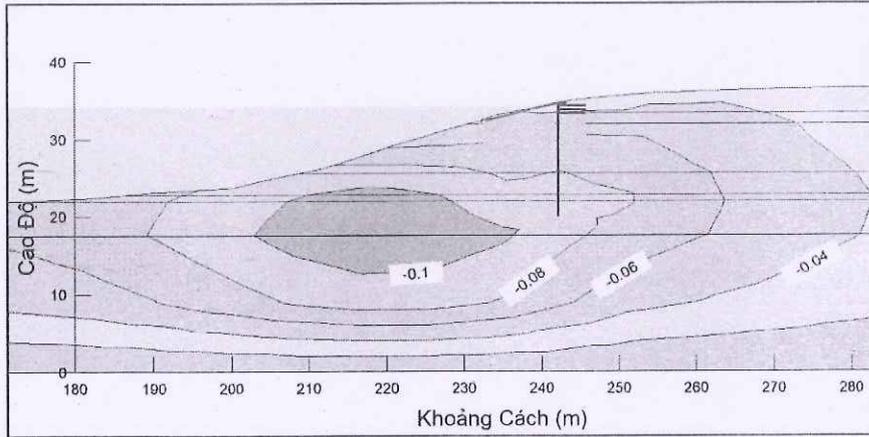
Hình 252: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L1 theo PA2 (a)



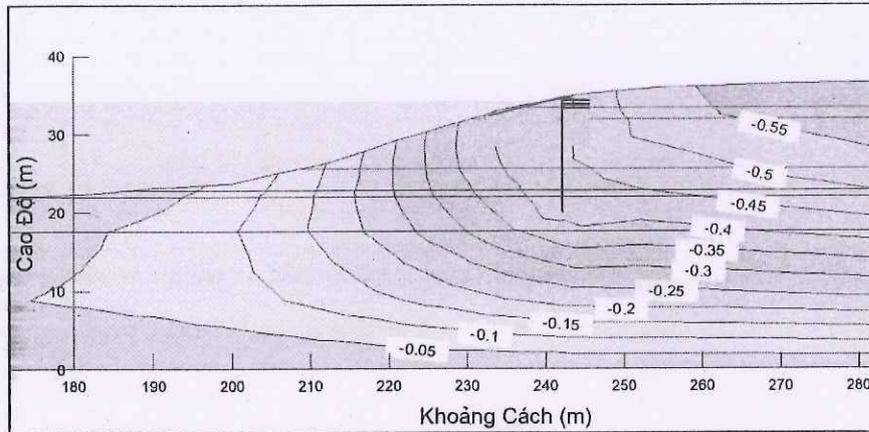
Hình 253: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L1 theo PA2 (b)



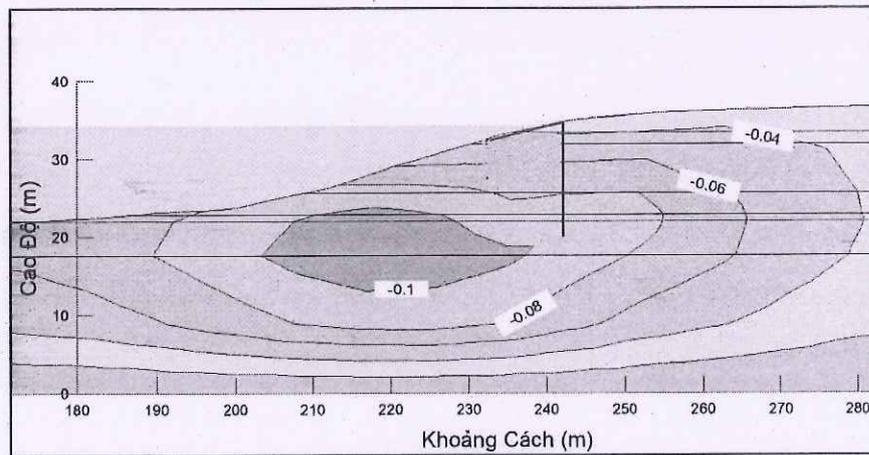
Hình 254: Phân tích SLOPE/W cho tuyến L1 theo PA2 có xét hoạt tải



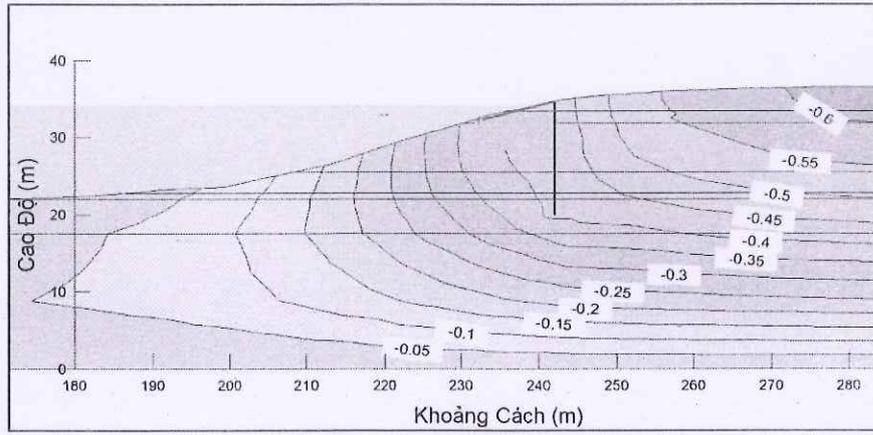
Hình 255: Chuyển vị theo phương ngang cho tuyến L1, PA1



Hình 256: Chuyển vị theo phương đứng cho tuyến L1, PA1



Hình 257: Chuyển vị theo phương ngang cho tuyến L1, PA2



Hình 258: Chuyển vị theo phương đứng cho tuyến L1, PA2