

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

**BÁO CÁO HỌC THUẬT**

**NĂM HỌC 2022 – 2023**

**NGHIÊN CỨU CƠ SỞ KHOA HỌC CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO ĐỘ  
ỔN ĐỊNH BỜ MỎ LỘ THIÊN QUẢNG NINH VIỆT NAM**

**Người báo cáo: GVC TS Vương Trọng Kha**

**Đơn vị : Bộ môn Trắc địa mỏ**

**Khoa Trắc địa – Bản đồ và Quản lý đất đai**

**Hà Nội 06- 2023**

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

**BÁO CÁO HỌC THUẬT**  
**NĂM HỌC 2022 – 2023**

**NGHIÊN CỨU CƠ SỞ KHOA HỌC CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO ĐỘ**  
**ỔN ĐỊNH BỜ MỎ LỘ THIÊN QUẢNG NINH VIỆT NAM**

**Phòng KHCN**

**Bộ môn**

**Người báo cáo**

**GVC TS. Vương Trọng Kha**

**Hà Nội 06- 2023**

# MỤC LỤC

MỤC LỤC.....	1
DANH MỤC HÌNH VẼ.....	2
DANH MỤC BẢNG BIỂU.....	3
MỞ ĐẦU.....	4
1. TỔNG QUAN VỀ DỊCH CHUYỂN BIẾN DẠNG BỜ MỎ VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP QUAN TRẮC TRẮC ĐỊA.....	7
1.1 Dịch chuyển biến dạng bờ mỏ lộ thiên.....	7
1.1.1 Nguyên nhân dịch chuyển và biến dạng bờ mỏ.....	7
1.1.2 Độ ổn định và biến dạng bờ mỏ.....	8
1.1.3 Các dạng biến dạng bờ mỏ.....	9
1.2 Các phương pháp quan trắc trắc địa bờ mỏ.....	11
1.2.1 Khái niệm về quan trắc bờ mỏ.....	11
1.2.2 Phương pháp quan trắc toàn bộ bờ mỏ.....	12
1.2.3 Phương pháp quan trắc sườn dốc các tầng công tác.....	16
2. CƠ SỞ KHOA HỌC ĐÁNH GIÁ ĐỘ ỔN ĐỊNH BỜ MỎ VÀ CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO ĐỘ ỔN ĐỊNH BỜ MỎ LỘ THIÊN.....	18
2.1 Các phương pháp xác định mặt trượt ở bờ mỏ.....	18
2.1.1 Xác định mặt trượt theo phương pháp đồ giải.....	18
2.1.2 Xác định mặt trượt theo kết quả quan trắc bề mặt bờ mỏ.....	19
2.2 Các phương pháp đánh giá độ ổn định bờ mỏ lộ thiên.....	20
2.2.1. Phương pháp đại số tuyến tính (cộng đại số).....	21
2.2.2. Phương pháp đại số véc tơ lực (phương pháp đa giác lực).....	22
2.2.3. Tính độ ổn định mái dốc khi không có mặt yếu có hướng bất lợi.....	24
2.2.4. Phương pháp đồ giải tính toán độ ổn định bờ mỏ.....	27
2.3. Các biện pháp duy trì độ ổn định bờ mỏ.....	28
2.3.1 Điều chỉnh độ dốc bờ tầng.....	29
2.3.2 Để lại trụ bảo vệ.....	30
2.3.3 Cắt giảm tải bờ dốc.....	30
2.3.4 Giải tỏa nguy cơ trượt lở.....	31
3. THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ NGUYÊN NHÂN TRƯỢT LỞ BỜ TRỤ NAM, VĨA CHÍNH MỎ ĐÈO NAI VÀ CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO ỔN ĐỊNH BỜ MỎ.....	33
3.1. Hiện trạng biến dạng bờ Trụ Nam của mỏ.....	33
3.2. Quan trắc biến dạng bờ Trụ Nam.....	38
3.2.1. Kết quả quan trắc trước năm 2013.....	38
3.2.2. Kết quả quan trắc năm 2013-2014.....	40
3.3. Nguyên nhân trượt lở bờ Trụ Nam.....	60
3.3.1. Trình tự khai thác mỏ Đèo Nai.....	60
3.3.2. Đánh giá hiện trạng ổn định bờ Trụ Nam.....	61
3.3.3. Đánh giá ổn định bờ Trụ Nam theo thiết kế.....	65
3.3.4. Nguyên nhân trượt lở bờ Trụ Nam.....	66
3.4. Phân tích các giải pháp xử lý đã được kiến nghị.....	69
3.5. Kết luận và kiến nghị.....	70
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	71

## DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 2.1: Phương pháp đồ giải xác định vị trí mặt trượt .....	19
Hình 2.2 Xây dựng mặt trượt theo kết quả quan trắc .....	19
Hình 2.3: Sơ đồ lực tác dụng lên mặt trượt .....	21
Hình 2.4: Phương pháp cộng đại số .....	21
Hình 2.5: Phương pháp đa giác lực .....	23
Hình 2.6. Đồ thị liên hệ $\Delta F$ và $F(n)$ .....	24
Hình 2.7. Xây dựng mặt trượt trong bờ mở đồng nhất .....	25
Hình 2.8 Sơ đồ tính toán ổn định mái dốc đẳng hướng .....	26
chứa nước bằng phương pháp đa giác lực .....	26
Hình 2.9 Phương pháp đồ giải tính toán độ ổn định mái dốc bờ mở .....	28
Hình 2.10. Sơ đồ điều chỉnh góc dốc bờ tầng .....	30
Hình 3.1: Các khe nứt trượt kéo theo (thứ cấp) xuất hiện tại sân .....	33
Hình 3.2: Trượt bờ Trụ Nam khu vực chân bờ .....	34
Hình 3.3: Xuất lộ ranh giới trượt trên cùng trùng với đứt gãy K .....	34
Hình 3.4: Khe nứt trượt phát triển tại khu vực trung tâm trên cao trình +240÷260m .....	35
Hình 3.5: Sụt lún và nứt nẻ bề mặt khu vực trung tâm từ +200÷260m .....	35
Hình 3.6: Xúc bốc xử lý trượt lở từ mức +72 ÷ +150m .....	36
Hình 3.7: Mặt trượt thứ cấp theo tiếp xúc lớp khu vực chân bờ Trụ Nam .....	37
Hình 3.8: Các tầng cắt vào Trụ bị chập chỉ sau 12 tháng .....	37
Hình 3.9: Đường vận tải mức +75mm cắt chân lớp đá Trụ .....	38
Hình 3.10: Biểu đồ độ lún tuyến 1 sau 3 lần quan trắc .....	53
Hình 3.11: Biểu đồ biến dạng ngang tuyến 1 sau 3 lần quan trắc .....	53
Hình 3.12: Biểu đồ véc tơ dịch chuyển tuyến 1 sau 3 lần quan trắc .....	53
Hình 3.13: Biểu đồ tốc độ dịch chuyển tuyến 1 sau 3 lần quan trắc .....	53
Hình 3.14: Biểu đồ độ lún tuyến 2 sau 3 lần quan trắc .....	54
Hình 3.15: Biểu đồ biến dạng ngang tuyến 2 sau 3 lần quan trắc .....	54
Hình 3.16: Biểu đồ véc tơ dịch chuyển tuyến 2 sau 3 lần quan trắc .....	54
Hình 3.17: Biểu đồ tốc độ dịch chuyển tuyến 2 sau 3 lần quan trắc .....	54
Hình 3.18: Biểu đồ độ lún tuyến 1 sau 2 lần quan trắc .....	55
Hình 3.19: Biểu đồ biến dạng ngang tuyến 1 sau 2 lần quan trắc .....	55
Hình 3.20: Biểu đồ véc tơ dịch chuyển tuyến 1 sau 2 lần quan trắc .....	55
Hình 3.21: Biểu đồ tốc độ dịch chuyển tuyến 1 sau 2 lần quan trắc .....	55
Hình 3.22: Biểu đồ độ lún tuyến 2 sau 2 lần quan trắc .....	56
Hình 3.23: Biểu đồ biến dạng ngang tuyến 2 sau 2 lần quan trắc .....	56
Hình 3.24: Biểu đồ véc tơ dịch chuyển tuyến 2 sau 2 lần quan trắc .....	57
Hình 3.25: Biểu đồ tốc độ dịch chuyển tuyến 2 sau 2 lần quan trắc .....	57
Hình 3.26: Biểu đồ độ lún tuyến 1 sau 5 lần quan trắc .....	58
Hình 3.27: Biểu đồ biến dạng ngang tuyến 1 sau 5 lần quan trắc .....	58
Hình 3.28: Biểu đồ véc tơ dịch chuyển tuyến 1 sau 5 lần quan trắc .....	58
Hình 3.29: Biểu đồ tốc độ dịch chuyển tuyến 1 sau 5 lần quan trắc .....	58
Hình 3.30: Biểu đồ độ lún tuyến 2 sau 5 lần quan trắc .....	59
Hình 3.31: Biểu đồ biến dạng ngang tuyến 2 sau 5 lần quan trắc .....	59
Hình 3.32: Biểu đồ véc tơ dịch chuyển tuyến 2 sau 5 lần quan trắc .....	59
Hình 3.33: Biểu đồ tốc độ dịch chuyển tuyến 2 sau 5 lần quan trắc .....	59
Hình 3.34: Khoan xử lý bốc xúc sườn tầng +150÷+75m .....	60

## DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1: Phân loại các biến dạng bờ mỏ và nguyên nhân của nó.....	10
Bảng 3.1: Tổng hợp số liệu quan trắc bờ trụ Nam từ năm 1993 đến 2002 .....	39
Bảng 3.2: Tọa độ các điểm quan trắc của tuyến QT.T1 và QT.T2.....	40
Bảng 3.3: Tọa độ các điểm quan trắc của tuyến QT.T1 và QT.T2.....	41
Bảng 3.4: Tọa độ các điểm quan trắc của tuyến QT.T1 và QT.T2.....	42
Bảng 3.5: Tọa độ các điểm quan trắc của tuyến QT.T1 và QT.T2.....	43
Bảng 3.6: Tọa độ các điểm quan trắc của tuyến QT.T1 và QT.T2.....	44
Bảng 3.7: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T1 .....	46
Bảng 3.8: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T2.....	46
Bảng 3.9: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T1 .....	47
Bảng 3.10: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T2 .....	47
Bảng 3.11: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T1 .....	48
Bảng 3.12: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T2 .....	48
Bảng 3.13: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T1 .....	49
Bảng 3.14: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T2 .....	49
Bảng 3.15: Tổng hợp kết quả quan trắc tuyến 1 từ 30/8/2013 đến 20/7/2014 .....	51
Bảng 3.16 : Tổng hợp kết quả quan trắc tuyến 2 từ 30/8/2013 đến 20/7/2014 .....	52
Bảng 3.17: Các tham số tầng khai thác .....	62
Bảng 3.18: Tổng hợp kết quả tính toán ổn định bờ Trụ Nam hiện trạng .....	63
Bảng 3.19: Kết quả tính toán độ ổn định bờ Trụ Nam hiện trạng .....	64
Bảng 3.20: Tổng hợp kết quả tính toán ổn định bờ Trụ Nam đến mức -330 m theo thiết kế ..	66
Bảng 3.21: Kết quả tính ổn định theo thiết kế bám trụ đến kền kết thúc.....	66

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Đảm bảo độ ổn định bờ mỏ là một trong những vấn đề cấp thiết ở các mỏ lộ thiên vì nó liên quan đến dây chuyền sản xuất, đảm bảo an toàn mỏ, kỹ thuật khai thác, độ sâu giới hạn của mỏ, đến khối lượng đất bốc và cuối cùng là đến các chỉ tiêu kinh tế chủ yếu. Tăng góc nghiêng bờ công trình chỉ  $1^0$  ở mỏ lộ thiên có độ sâu 300m thì có thể giảm được khối lượng đất bốc đến gần  $3.000.000m^3$  cho mỗi km chiều dài bờ công trường. Rõ ràng vấn đề rất có ý nghĩa về kinh tế. Hiện nay đang có xu hướng mở rộng công tác khai thác lộ thiên nhất là tăng độ sâu khai thác của mỏ nên vấn đề lại có ý nghĩa hơn nữa.

Tất cả các dạng biến dạng bờ mỏ ở mức độ này hay mức độ khác là vì có sự thay đổi trạng thái ứng suất tự nhiên của đá mỏ. Trong điều kiện nguyên trạng đá mỏ ở trong điều kiện cân bằng lực từ các phía. Khi tiến hành công tác khai thác lộ thiên làm xuất hiện trạng thái lực nén từ các phía không đều. Điều này dẫn đến làm tăng ứng suất tiếp tuyến trong vùng đá gần bờ mỏ và dễ đạt đến giá trị giới hạn thì xuất hiện hiện tượng trượt và sụt đổ bờ tầng công trường.

Do độ ổn định bờ mỏ phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: điều kiện địa chất mỏ, hệ thống mở vỉa, công nghệ- kỹ thuật khai thác,... nên khi bờ mỏ xuất hiện biến dạng thì cần nghiên cứu xác định chính xác yếu tố chính gây ra sự biến dạng để có cơ sở đề xuất giải pháp hiệu quả bảo vệ bờ mỏ.

Phương pháp quan trắc thực địa được ứng dụng khá rộng rãi để nghiên cứu xác định các đại lượng dịch chuyển và biến dạng bờ mỏ như: tốc độ, hướng và cường độ dịch chuyển; dạng trượt, quy mô và ranh giới khối trượt; sự biến thiên các đại lượng đó theo thời gian và không gian; mối tương quan giữa các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định bờ mỏ. Quan trắc dịch động thường được tiến hành thông qua các tuyến mốc quan trắc bố trí trên bề mặt tầng, thông qua các lỗ khoan vào khối đá ở các tầng bờ mỏ. Kết quả đo đạc cho phép tính toán dự báo vị trí mặt trượt cũng như quy luật dịch chuyển ở đới phá hủy. Kết quả nghiên cứu bằng phương pháp quan trắc là cơ sở tin cậy nhất để tính toán đánh giá độ ổn định bờ mỏ, xác định nguyên nhân gây trượt và đưa ra các giải pháp phòng

chống trượt lở bờ dốc nhằm đảm bảo an toàn quá trình khai thác và bảo vệ các công trình.

Bờ Trụ Nam vỉa chính mỏ than Đèo Nai hiện tại có đáy mỏ ở mức -130m, chiều cao bờ mỏ  $H = 380 \div 410\text{m}$ , góc dốc chung của bờ  $\alpha = 20 \div 25^\circ$ . Trong quá trình khai thác những năm qua bờ Trụ Nam liên tục bị biến dạng. Tại đây, trước năm 2000 đã xây dựng 3 tuyến quan trắc dịch động, kết quả quan trắc trong nhiều năm cho thấy khu vực trung tâm của bờ Trụ bị dịch chuyển mạnh, tại một số mốc tốc độ dịch chuyển đạt đến từ 1,6÷8,7mm/nđ gây mất ổn định bờ mỏ và uy hiếp an toàn khai thác.

Xuất phát từ những luận giải trên đây cho phép tác giả lựa chọn đề tài báo cáo: *“Nghiên cứu cơ sở khoa học các giải pháp nâng cao ổn định bờ mỏ lộ thiên Quảng Ninh Việt Nam”*

## **2. Mục tiêu của đề tài**

Xác lập được cơ sở khoa học các giải pháp nâng cao ổn định bờ mỏ lộ thiên Quảng Ninh Việt Nam.

## **3. Nhiệm vụ, nội dung nghiên cứu**

Để đạt được mục tiêu nghiên cứu, đề tài đã xác định các nội dung và nhiệm vụ nghiên cứu sau:

- Nghiên cứu tổng quan về phương pháp quan trắc dịch chuyển biến dạng trên bề mặt của bờ mỏ lộ thiên;
- Nghiên cứu điều kiện địa chất- khai thác ở các mỏ than lộ thiên Quảng ninh;
- Nghiên cứu các phương pháp xác định khối trượt và đánh giá độ ổn định bờ mỏ lộ thiên;
- Xác định nguyên nhân trượt bờ mỏ và các giải pháp nâng cao ổn định bờ mỏ lộ thiên Quảng Ninh Việt Nam.

## **4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

Đối tượng nghiên cứu và phạm vi nghiên cứu: Khối đá mỏ ở các bờ mỏ lộ thiên ở vùng than Quảng ninh bị dịch chuyển biến dạng do ảnh hưởng khai thác.

## **5. Các phương pháp nghiên cứu**

- Phương pháp phân tích tổng hợp: được áp dụng để xử lý, phân tích các dữ liệu địa chất mỏ, khai thác nhằm đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến độ ổn định bờ mỏ.

- Phương pháp toán học: để xử lý các kết quả quan trắc đã thực hiện ở các mỏ than lộ thiên.

- Phương pháp kế thừa, chuyên gia, thực nghiệm: kế thừa các phương pháp xác định mất trượt, thực nghiệm xử lý kết quả quan trắc ở bờ mỏ để chứng minh cho các luận chứng khoa học đã đưa ra.

## **6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn đề tài**

- Ý nghĩa khoa học: Đã đề xuất được cơ sở khoa học và phương pháp luận trong việc đánh giá độ ổn định bờ mỏ lộ thiên và các giải pháp nâng cao ổn định bờ mỏ lộ thiên Quảng Ninh, Việt Nam.

- Ý nghĩa thực tiễn: Làm căn cứ để xác định được nguyên nhân chính gây mất độ ổn định bờ mỏ và áp dụng các giải pháp nâng cao ổn định bờ dốc do ảnh hưởng quá trình khai thác lộ thiên xuống sâu.

## **7. Bố cục báo cáo của báo cáo**

Mở đầu

1. Tổng quan về dịch chuyển biến dạng bờ mỏ và các phương pháp quan trắc trắc địa;
2. Cơ sở khoa học đánh giá độ ổn định bờ mỏ và các giải pháp nâng cao độ ổn định bờ mỏ lộ thiên;
3. Thực nghiệm đánh giá nguyên nhân trượt lở bờ trụ Nam, vỉa chính mỏ Đèo nai và các giải pháp nâng cao ổn định bờ mỏ.

Kết luận và kiến nghị



# 1. TỔNG QUAN VỀ DỊCH CHUYỂN BIẾN DẠNG BỜ MỎ VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP QUAN TRẮC TRẮC ĐỊA

## 1.1 Dịch chuyển biến dạng bờ mỏ lộ thiên

### 1.1.1 Nguyên nhân dịch chuyển và biến dạng bờ mỏ

Như chúng ta đã biết mọi biến đổi trạng thái ứng suất của vật liệu đều dẫn đến biến dạng. Khi tăng ứng suất tiếp tuyến thì có biến dạng dưới dạng dịch chuyển trượt. Đại lượng dịch chuyển tương đối phụ thuộc vào mô đun dịch chuyển của đá đó và đại lượng ứng suất tiếp tuyến.

$$\gamma = \frac{1}{G} \tau \quad (1.1)$$

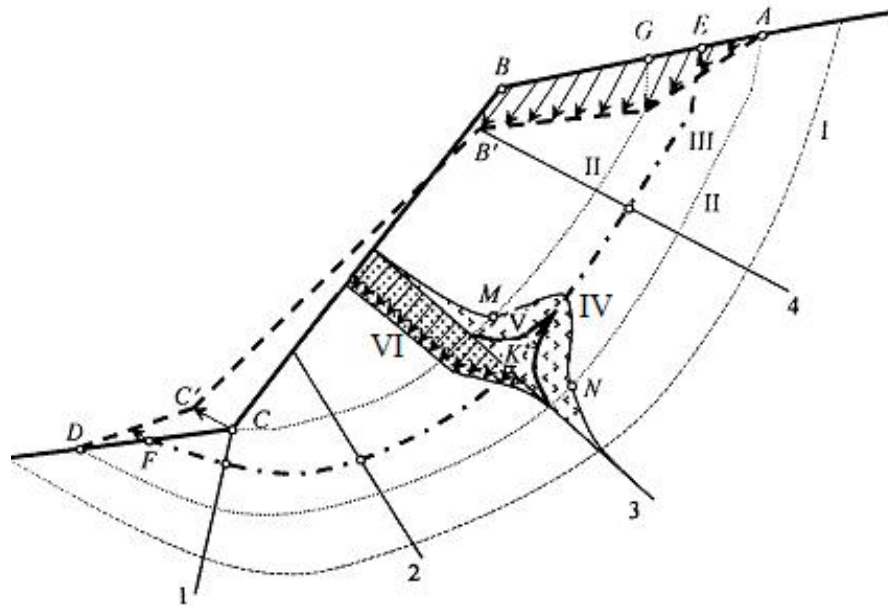
Mô đun dịch chuyển có giá trị bằng ứng suất tiếp tuyến mà ứng suất đó gây nên dịch chuyển tương đối bằng đơn vị.

$$G = \frac{E}{2}(1 + \mu) \quad (1.2)$$

Sự biến đổi ứng suất tiếp tuyến trong khối đá mỏ khi khai thác lộ thiên thường chiếm cả một vùng khá rộng và tất nhiên ở mỗi điểm đều khác nhau. Ở hình 1.1 đường ABCD chỉ giới hạn bờ công trường trước khi biến dạng còn đường AB'C'D - một thời gian sau khi khai thác. Các mũi tên mô tả véc tơ dịch chuyển từng điểm riêng của nó, còn đường cong AB' mô tả dịch chuyển mặt đất gần mép tầng khai thác lộ thiên.

Nếu trên đường 3 là đường thẳng góc với bờ công trường ta kẻ những đoạn thẳng (thẳng góc đường 3) có tung độ bằng ứng suất tiếp tuyến tại những điểm đó thì ta có đường cong IV với giá trị cực đại nằm cách mặt tầng một khoảng cách nào đó. Trong đoạn MN của đường cong ấy ứng suất trượt giới hạn đàn hồi  $\tau_y$  (đối với đá mỏ thì giới hạn rã đặc trưng hơn ta có thể coi gần giới hạn đàn hồi) dưới tác dụng của những ứng suất xảy ra biến dạng dẻo. Chuyển dịch được mô tả bằng đường cong V và phân tích nó ta sẽ có đường cong dịch chuyển VI.

Các điểm có ứng suất cực đại tương ứng với biến dạng cực đại cũng có ở những mặt cắt khác (1, 2, 4). Nếu nối chúng với nhau thành đường cong trơn ta có bề mặt yếu nhất và khi ứng suất tới hạn sẽ thành bề mặt trượt.



Hình 1.1. Sơ đồ biến dạng khối đá nguyên gần mép tầng

Nghiên cứu biến dạng bờ dốc trên mô hình bằng vật liệu tương đương cho thấy các vectơ dịch chuyển gần bờ dốc của khối đá gần mặt trượt song song với mặt ấy và giá trị của nó dọc theo mặt trượt chỉ giảm chút ít từ trên xuống dưới.

### 1.1.2. Độ ổn định và biến dạng bờ mở

Độ ổn định bờ dốc được đặc trưng bằng hệ số an toàn bền vững  $n$  là tỷ số giữa tổng lực chống trượt  $\sum S$  với tổng lực trượt  $\sum T$  tác động dọc theo bề mặt yếu nhất.

$$n = \frac{\sum S}{\sum T} \quad (1.3)$$

Độ ổn định bờ mở và tính chất trượt lở bờ mở phụ thuộc bởi các yếu tố sau:

- Tính chất cơ lý của đất đá (trọng khối, lực dính kết, góc nội ma sát v.v.)
- Góc dốc bờ mở (tầng).

- c) Cấu trúc địa chất (cấu tạo địa tầng, các yếu tố thể nằm của vữa và đất đá, các mặt đứt gãy v.v.)
- d) Độ sâu của mỏ.
- e) Có các bãi thải và công trình trên bờ mỏ.
- f) Các điều kiện phức tạp về địa chất thuỷ văn.

Các yếu tố trên có ý nghĩa quan trọng trong nghiên cứu ổn định bờ mỏ và xử lý trượt lở. Đó cũng là cơ sở cần thiết để tham gia vào tính chiều cao tầng và góc dốc bờ mỏ.

Các số liệu thu thập được từ các yếu tố đó kết hợp với các số liệu quan trắc thực địa sẽ giúp cho việc nghiên cứu dịch chuyển, biến dạng, phát hiện nguồn gốc trượt lở và xây dựng phương án khắc phục, đảm bảo an toàn và thuận lợi cho tiến trình khai thác.

### ***1.1.3 Các dạng biến dạng bờ mỏ***

Để đánh giá độ ổn định bờ mỏ thì việc nghiên cứu các dạng và tính chất xuất hiện các hiện tượng rất có ý nghĩa. Nó cho phép chúng ta kết hợp với số liệu đo đạc địa chất tìm ra nguyên nhân biến dạng bờ mỏ, chọn sơ đồ tính toán độ ổn định bờ mỏ trong điều kiện địa chất cụ thể nào đó và chọn biện pháp hợp lý để đề phòng biến dạng phát triển.

Việc nghiên cứu các dạng dịch chuyển và biến dạng bờ mỏ chủ yếu thực hiện bằng phương pháp quan trắc thực địa

Tất cả các hiện tượng biến dạng bờ tầng và bờ mỏ có thể chia thành 5 dạng: lở, sập lở, trượt, sụt lún, trượt chảy (trôi).

Bảng 1.1: Phân loại các biến dạng bờ mỏ và nguyên nhân của nó

Loại và tính chất biến dạng	Loại sập lở, trượt và trượt chảy	Điều kiện và nguyên nhân phát sinh biến dạng
<i>Lở</i> : Sự lăn các cục, khối đá riêng rẽ xuống chân bờ dốc.	Sự lở sườn dốc đá mềm và kém liên kết. Sự lở của bờ dốc đá không liên kết.	Do ảnh hưởng của phong hoá ở sườn dốc đứng. Lở sẽ xảy ra mạnh khi không bạt bờ dốc của tầng.
	Lở sườn dốc đá cứng nứt nẻ.	Do ảnh hưởng của nổ mìn buồng, không bạt bờ dốc bằng các lỗ khoan nghiêng và do phong hoá.
<i>Sập lở</i> : khối đá lớn trượt nhanh theo bề mặt trượt dốc đứng.	Sự sập lở theo mặt tiếp giáp của các lớp, của các đứt gãy, các mặt phân phiến.	Khi góc dốc của các vỉa (lớp) và đứt gãy địa chất dốc về phía công trường lớn hơn 25 - 30°.
	Sự sập lở theo bề mặt yếu của các kẽ nứt.	Khi góc dốc của kẽ nứt dốc về phía moong lớn hơn 35 - 40°.
	Sự sập lở theo các bề mặt cong.	Khi góc dốc và chiều cao tầng quá lớn.
	Sự sập lở theo các bề mặt cong yếu phức tạp.	Khi đã có sẵn các bề mặt yếu.
<i>Trượt khối</i> : khối đá lớn dịch chuyển chậm theo mặt trượt dốc thoải	Sự trượt của khối đá đồng nhất.	Do dòng nước ngầm chảy qua sườn dốc có nước mưa tích tụ lại.
	Trượt do thấm nước.	Do dòng nước thấm qua xói mòn các phần đá liên kết yếu.
	Trượt khối đất đá phủ trên.	Khi có mặt đất đá rời phủ trên mặt nghiêng của đá cứng mà không tiến hành thường xuyên việc thoát nước mưa.
	Sự trượt theo mặt tiếp giáp.	Do đã cắt đứt chân của các lớp đá sét và các đứt gãy kiến tạo chứa sét mà sũng nước ở chỗ tiếp giáp.
	Sự trượt sâu của đá phân lớp phía trụ.	Có mặt các lớp đá sét dẻo và áp lực nước.
	Sự trượt ngang.	Có các mặt tiếp giáp yếu hay các lớp đá sét dẻo đã bị mở vĩa.

<b>Loại và tính chất biến dạng</b>	<b>Loại sập lở, trượt và trượt chảy</b>	<b>Điều kiện và nguyên nhân phát sinh biến dạng</b>
	Sự trượt đùn ra.	Có các lớp sét dẻo chưa mở; diện tích tầng và giải đất đá gần mép bị ngấm nước.
	Trượt bãi thải phía trên nền	Nền vững chắc và đá thải yếu, kèm theo độ ẩm cao (đặc biệt là ở nền bãi thải).
	Ở nền bãi thải (mặt tiếp giáp)	Nền là đá phân lớp nghiêng.
	Phía dưới nền (đùn ra)	Đá thải cứng, nền yếu và có áp lực nước ở nền bãi thải.
<i>Trượt chảy:</i> Sự chảy của khối đá rời, bão hòa nước (đá đã bị phá hủy kiến trúc).	Sự trượt chảy vì dẻo quánh.	Đá rời bão hòa nước, đất đá có độ rỗng và có độ dính tốt (hoàng thổ á sét v.v.) đến chảy dẻo quánh.
	Sự trượt do ngấm nước.	Sự trượt liên quan đến việc mang đi những phần cát do nước ngấm.
<i>Sụt lún:</i> sự sụt xuống theo hướng thẳng đứng của khối đá rời gần bờ công trường và không tạo nên bề mặt trượt liên tục.	Sự sụt lún của đá có kiến trúc tự nhiên.	Lớp đá có độ rỗng lớn bị ẩm, ngấm nước, (hoàng thổ, á sét hoàng thổ, đá khử kiềm).
	Sự sụt lún của đá bị phá hủy kiến trúc của nó (đá thải). Sự sụt lún do đùn ra ở chân bờ dốc.	Sự nén chặt của đá thải rời (càng tăng khi ẩm). Có mặt các lớp đá dẻo ở chân dốc.

## 1.2 Các phương pháp quan trắc trắc địa bờ mỏ

### 1.2.1 Khái niệm về quan trắc bờ mỏ

Dịch chuyển và biến dạng đất đá bờ mỏ lộ thiên xảy ra ở nhiều trường hợp có dạng khác nhau như đã nêu ở trên. Để xác định được chúng và phát hiện các vùng trượt lở trên bờ mỏ, tính chất và cường độ dịch chuyển và biến dạng, cần thiết phải xây dựng các trạm quan trắc trắc địa.

Việc quan trắc phải tiến hành thường xuyên và công việc này có thể chia thành hai giai đoạn:

- Thăm dò và phát hiện vùng trượt lở.
- Quan trắc trượt lở và lập phương án khắc phục.

Việc chuyển dịch không ngừng của khối đất đá mái dốc bờ mở đòi hỏi phải tổ chức một chương trình quan trắc đặc biệt. Các mốc quan trắc trên mái dốc bờ mở không thể tồn tại lâu dài, nhất là đối với bờ công tác. Thời gian tồn tại tối đa không quá 3 ÷ 5 tháng. Do vậy việc quan trắc phải thực hiện đúng trong khoảng thời gian đó. Phân biệt hai dạng quan trắc chính sau đây:

- Quan trắc biến dạng thấy được của bờ mở hoặc tầng để xác lập dạng trượt lở, tính chất và sự phát triển của nó theo thời gian và không gian.
- Quan trắc các khu vực biến dạng không thấy được của khu mở và tầng, ở đó sẽ xuất hiện những nguy cơ trượt lở nghiêm trọng gây tổn thất lớn cho mở.

Mục đích của dạng quan trắc này là xác định chuyển dịch cực nhỏ và sự phát triển của nó để lập phương án xử lý kịp thời. Dạng quan trắc này thực hiện bằng công nghệ đo đạc trắc địa, là nhiệm vụ hàng đầu của trắc địa ở mở lộ thiên vì nó có khả năng dự báo các khả năng trượt lở.

Dạng quan trắc bằng công nghệ đo đạc trắc địa có thể phân ra:

- Quan trắc toàn bộ bờ mở để xác định độ ổn định của bờ.
- Quan trắc trong phạm vi tầng, nơi phát hiện có nguy cơ trượt lở nhằm mục đích xác định độ ổn định của tầng.
- Quan trắc sâu bờ mở để dự báo sớm nguy cơ trượt lở

### ***1.2.2 Phương pháp quan trắc toàn bộ bờ mở***

Kết quả quan trắc cho phép ta xác lập được tính chất chuyển dịch đất đá bờ mở cụ thể là:

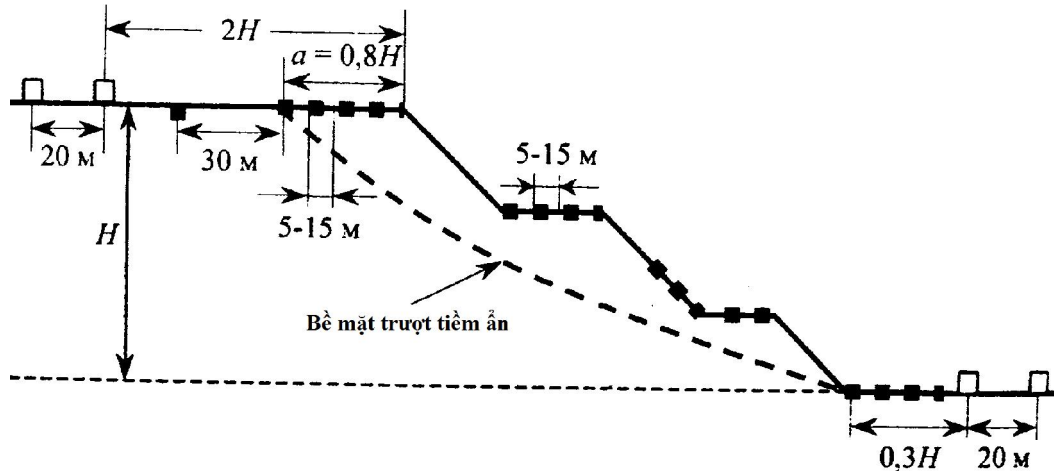
- a) Dịch chuyển của từng điểm trên khối đất đá bờ theo thời gian và không gian.
- b) Kích thước của khối đất đá dịch chuyển.
- c) Các thời kỳ dịch chuyển mạnh hoặc tắt dần dịch chuyển.
- d) Mức độ nguy hiểm của chuyển dịch đất đá bờ mở đối với công tác khai thác hoặc các công trình trên bề mặt mở.

Để quan trắc dịch chuyển và biến dạng đất đá bờ mở cần thành lập trạm quan trắc và tiến hành quan trắc thường xuyên theo chu kỳ ấn định bằng máy móc dụng cụ trắc địa (hình 1.2).

Trạm quan trắc là hệ thống các mốc bố trí trên sườn dốc bờ mở thành tuyến. Mỗi trạm quan trắc có từ một đến nhiều tuyến quan trắc. Các tuyến quan trắc bố trí vuông góc với đường phương của bờ mở.

Trên bản vẽ thiết kế mặt bằng trạm quan trắc cần thể hiện:

- Tình trạng công tác khai thác tại thời điểm lập thiết kế trạm quan trắc.
- Kế hoạch phát triển khai thác tiếp theo sau thời điểm lập quan trắc.
- Các công trình chính có trên bờ mở.



Hình 1.2: Trạm quan trắc bờ mở lộ thiên

d) Phân bố vị trí các tuyến quan trắc trong bản thiết kế và các mốc quan trắc trên từng tuyến.

Cùng với bình đồ trạm quan trắc là các mặt cắt địa chất theo các tuyến. Trên đó biểu hiện đầy đủ các lớp đất đá, các đứt gãy kiến tạo (nếu có) và các bề mặt yếu khác.

Phương án thành lập trạm phải chứa đựng những nội dung sau:

- Khái quát về tình hình địa chất và khai thác ở mỏ và trong khu vực trạm quan trắc.
- Các tính toán về thành lập trạm như: số lượng các mốc, chiều dài tuyến, khoảng cách giữa các mốc.
- Phương pháp quan trắc.
- Chu kỳ quan trắc.

- Thời gian quan trắc.
- Máy móc và dụng cụ quan trắc.
- Cấu tạo các loại mốc (mốc không chế đầu tuyến, mốc quan trắc).
- Đo nối tới các mốc không chế mặt bằng và độ cao trong mạng lưới nhà nước hay mạng không chế cơ sở của mỏ.
- Các dự toán cần thiết.

Tuyến quan trắc cần thiết lập tại những vị trí có điều kiện địa chất khai thác khác nhau bởi vì phải tính đến từng yếu tố ảnh hưởng khác nhau, đến độ ổn định bờ mỏ.

Trước hết các tuyến quan trắc cần đặt ở những chỗ mà khả năng trượt lở có thể xảy ra, độ ổn định bờ dự đoán là yếu nhất và ở những chỗ có các yếu tố tác động làm suy giảm độ ổn định bờ mỏ hoặc tầng (góc dốc sườn tầng hoặc bờ quá lớn, độ sâu vượt quá mức cho phép, chân tầng, chân bờ các lớp đất đá bị cắt xén, đứt gãy kiến tạo ngập nước v.v.).

Hai hoặc một đầu của tuyến quan trắc phải nằm ở ngoài vùng bị dịch chuyển.

Chiều dài tuyến phụ thuộc vào độ sâu và bề rộng của mỏ.

Trong trường hợp độ sâu lớn tuyến quan trắc có thể chạy qua suốt cả mỏ nhưng phần lớn thì tuyến bố trí cho từng bờ độc lập nhau.

Trên tuyến quan trắc có hai loại mốc: Mốc cố định không chế hai đầu tuyến và mốc quan trắc.

Trên một tuyến quan trắc ở mỗi đầu phải có ít nhất hai mốc cố định không chế đầu tuyến.

Khoảng cách giữa các mốc quan trắc phụ thuộc vào chiều sâu mỏ và các thông số của tầng. Tại mỗi một tầng có ít nhất là hai mốc, một mốc ở gần mép tầng, mốc kia trên mặt tầng.

Nói chung các mốc này bố trí sao cho việc đo đạc được thuận lợi và an toàn.

Khoảng cách giữa các mốc thường được chọn như sau:

Chiều sâu mỏ đến 100m, khoảng cách chọn từ 5 ÷ 10m.

Chiều sâu mỏ từ 100 ÷ 200m, khoảng cách chọn từ 10 ÷ 20m.

Chiều sâu trên 200m, khoảng cách chọn từ 20 ÷ 50m.



Các mốc khống chế đầu tuyến được chọn cùng với việc bố trí các mốc quan trắc trong tuyến, sau này các mốc này được đo nối tới các mốc của mạng lưới khống chế cơ sở của mỏ.

Trên cơ sở phương án thiết kế trạm quan trắc sẽ tiến hành bố trí ra thực địa bằng phương pháp đo đạc trắc địa thông thường.

Cấu trúc mốc và việc chôn mốc cần đơn giản nhưng đảm bảo độ vững chắc và thời gian tồn tại cần thiết của từng loại mốc đủ đáp ứng thời hạn quan trắc của một trạm và thuận lợi trong đo đạc.

Cấu trúc của mốc tùy thuộc vào điều kiện thực tế tại chỗ, thời gian tồn tại cần cho quan trắc và vật liệu hiện có.

Sau khi chôn mốc cần thiết lập bản vẽ chi tiết vị trí các mốc khống chế đầu tuyến tương quan liên hệ với địa vật cố định và các mốc khống chế cơ sở thuộc mạng lưới của mỏ dùng để đo nối và khởi tính sau này.

Việc quan trắc được bắt đầu bằng công tác đo nối với các điểm của mạng lưới khống chế cơ sở mỏ và sau đó là quan trắc các điểm trong tuyến để xác định các đại lượng dịch chuyển và biến dạng tương tự như quan trắc đối với các trạm mỏ hầm lò.

Sau khi chôn mốc trong các tuyến xong, khoảng 4÷5 ngày khi mốc đã ổn định ta tiến hành quan trắc lần đầu tiên.

Sau đó theo chu kỳ ấn định, tùy thuộc vào tính chất và yêu cầu của trạm lần lượt tiến hành các đợt quan trắc tiếp theo.

Căn cứ vào số liệu, số liệu quan trắc và tính toán, tài liệu địa chất, khai thác mà lập hồ sơ sau:

- a) Bình đồ trạm quan trắc tỉ lệ: 1:500 ÷ 1:2000 trên đó biểu hiện các tuyến quan trắc và tất cả các mốc trên các tuyến. Biến động bờ mỏ và trạng thái địa hình bề mặt mỏ.
- b) Mặt cắt đứng lập theo các tuyến quan trắc tỷ lệ đứng và ngang 1:1000 trên đó biểu hiện đường viền bờ mỏ ở thời điểm quan trắc lần đầu sau khi lập trạm và ở thời điểm của chu kỳ quan trắc.

c) Biểu đồ vectơ dịch chuyển các mốc trong tuyến tỷ lệ 1:1, 1:5, 1:10, 1:20 trong mặt phẳng đứng.

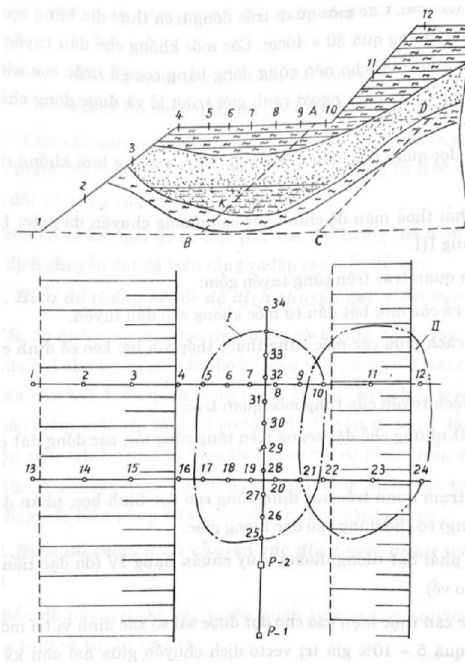
d) Biểu đồ tốc độ dịch chuyển các mốc theo hướng của các vectơ.

Sau khi xử lý kết quả quan trắc và tập hợp tất cả tài liệu địa chất, khai thác cần thiết, lập báo cáo nghiên cứu trượt lở.

### **1.2.3 Phương pháp quan trắc sườn dốc các tầng công tác**

Quan trắc sườn dốc các tầng công tác được tiến hành bằng các tuyến quan trắc đặc biệt gồm các mốc quan trắc chôn trên một đường thẳng theo hướng có độ dốc trượt lở lớn nhất hoặc theo hướng phán đoán là có trượt lở.

Trước khi lập trạm quan trắc, trên tầng người ta khoanh vùng dự đoán có trượt lở căn cứ vào tài liệu khoan và đo vẽ địa chất. Trên hình 1.3 vùng dự đoán có trượt lở ký hiệu là I,II.



*Hình 1.3: Trạm quan trắc bờ tầng công tác*

Tổ chức quan trắc thực hiện như sau:

a) Trên thực địa cắm ranh giới phạm vi vùng trượt lở bằng phương pháp trắc địa thông thường. Độ chính xác cắm ranh giới không lớn hơn  $0.2 \div 0.3m$ .

b) Trong vùng trượt lở lập các tuyến quan trắc, số lượng tuyến tùy thuộc vào kích thước của vùng trượt lở. Khoảng cách giữa các tuyến quan trắc không lớn hơn một nửa bề rộng mặt tầng. Số lượng tuyến cũng phải đảm bảo được tối thiểu là 3 trong đó hai tuyến vuông góc với phương của tầng và một tuyến dọc theo phương của tầng. Các mốc quan trắc đóng trên thực địa bằng cọc gỗ hay cọc sắt có chiều dài không quá 30÷40cm. Các mốc không chế đầu tuyến P-1 và P-2 không sử dụng lâu dài cho nên cũng đóng bằng cọc gỗ hoặc cọc sắt và nằm ngoài ranh giới trượt lở và được đóng chắc chắn hơn.

c) Tiến hành đợt quan trắc đầu tiên và đo nối với mạng lưới khống chế trắc địa của mỏ.

Đo nối cần phải thỏa mãn độ chính xác của đường chuyền đa giác 1:15000 và thủy chuẩn hạng III.

Chương trình quan trắc trên từng tuyến gồm:

- Cao đạc tất cả các mốc bắt đầu từ mốc khống chế đầu tuyến.
- Đo khoảng cách giữa các mốc.
- Đo khoảng lệch tuyến của từng mốc quan trắc.
- Đo vẽ chi tiết những chỗ đặc trưng trên tầng công tác, các đóng đất đá, các kẽ nứt v.v..

Công việc quan trắc có thể coi là đạt kết quả nếu thỏa mãn các yêu cầu về độ chính xác:

1. Trong cao đạc hình học, hiệu các chênh cao của hai lần đo đạc < 5mm.
2. Khi đo chiều dài khoảng cách giữa các mốc, hiệu giữa hai trị đo và hai trị tính khoảng cách nằm ngang không vượt quá 2mm
3. Trong cao đạc lượng giác, hiệu giữa hai trị đo độ lập của cùng một chênh cao và khoảng cách nằm ngang < 5÷8mm phụ thuộc bởi chiều dài và góc nghiêng.

## 2. CƠ SỞ KHOA HỌC ĐÁNH GIÁ ĐỘ ỔN ĐỊNH BỜ MỎ VÀ CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO ĐỘ ỔN ĐỊNH BỜ MỎ LỘ THIÊN

### 2.1 Các phương pháp xác định mặt trượt ở bờ mỏ

#### 2.1.1 Xác định mặt trượt theo phương pháp đồ giải

Để kiểm tra độ ổn định bờ mỏ cần xác lập trong mái dốc vị trí mặt trượt. Mặt này bắt đầu trong mái dốc ở độ sâu xác định theo công thức sau:

$$H_{90} = \frac{2C}{\gamma} \text{Ctg}(45^\circ - \varphi/2), \quad (2.1)$$

trong đó: C - lực dính kết theo các mặt phân lớp ( $T/m^2$ );

$\varphi$  - góc nội ma sát giữa các mặt tiếp xúc (mặt phân lớp) các lớp đá (độ);

$\gamma$  - tỷ trọng đất đá ( $T/m^3$ ).

Để tìm vị trí mặt trượt nguy hiểm nhất có thể thực hiện một trình tự xây dựng như sau (hình 2.1):

1. Trên bản vẽ mái dốc bờ mỏ ta vạch đường BD ở độ sâu  $H_{90}$  đồng thời kẻ đường AB.
  2. Trên đường BD chọn một điểm D bất kỳ rồi qua điểm này vạch đường DC dưới một góc  $(45^\circ + \varphi/2)$ . Từ điểm C cũng vạch một góc như vậy dựng đường BC.
  3. Từ điểm cuối cùng của mái dốc M dựng góc  $(45^\circ - \varphi/2)$  tạo bởi bề mặt mái dốc MA với đường thẳng MK.
  4. Trên đường thẳng MK từ điểm M đặt các đoạn bằng MP, PP', P'P'', còn trên đoạn thẳng DC từ điểm C trở xuống đặt các đoạn CC', C'C'', C''C<sub>0</sub>.
  5. Từ các điểm P, P', P'' vạch các đường thẳng song song với mặt mái dốc MA và từ các điểm C', C'', C<sub>0</sub> vạch các đường thẳng song song với BC.
- Các giao điểm của các đường song song đó với nhau F, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> nối lại với nhau sẽ có được đường thẳng, kéo dài đường thẳng đó cắt đường thẳng MK tại điểm O ta có FO.
6. Từ điểm O vạch đường thẳng song song với DC cắt BD tại E.



d) Nếu có kẽ nứt phát hiện thấy ở mặt tầng và ở chân tầng thì đó là vết lộ của mặt trượt. Từ vết lộ đó bắt đầu từ trên xuống hoặc dưới lên dựng các đoạn thẳng song song với vector tương ứng đối với từng đường vuông góc ở mục c nói trên.

Nếu không có các kẽ nứt thì trình tự dựng mặt trượt thay đổi như sau:

Giữa hai điểm, trong đó một điểm không có vector dịch chuyển, điểm kia có vector dịch chuyển, ta chọn điểm khởi đầu để từ đó xây dựng mặt trượt. Trên hình 2.2, các điểm khởi đầu của mặt trượt nằm giữa các điểm 2-3 và 10-11 (đó là các điểm a và h). Tiếp đó theo các trình tự như đã nêu ở mục c và d

Xây dựng mặt trượt từ điểm a xuống và từ điểm b lên.

Từ điểm a xuống ta được đường abcdeg. Còn từ điểm h lên ta được đường hikl.

Hai đường này sẽ gặp nhau ở khoảng giữa.

Mặt cắt bờ mỏ chúng có thể không khép với nhau mà lệch nhau một khoảng lg

Để giải quyết việc này ta chuyển dịch a sang A và điểm h sang B. Trong đó:  $aA = hB = lg/2$

e) Từ điểm A và B ta vạch một đường cong tròn theo hướng với đường mặt trượt gấp khúc đã xây dựng ta sẽ có được vị trí mặt trượt gần đúng ACB

## 2.2 Các phương pháp đánh giá độ ổn định bờ mỏ lộ thiên

Các phương pháp hiện tại tính toán độ ổn định mái dốc dựa trên lý thuyết cân bằng giới hạn “môi trường rời” và cũng bao gồm lý thuyết cân bằng giới hạn của môi trường liên kết có ma sát như môi trường đất đá.

Điều kiện cơ bản cân bằng giới hạn theo một diện tích bất kỳ trong mái dốc đất đá mỏ có dạng:

$$\tau = F(\sigma_N), \quad (2.2)$$

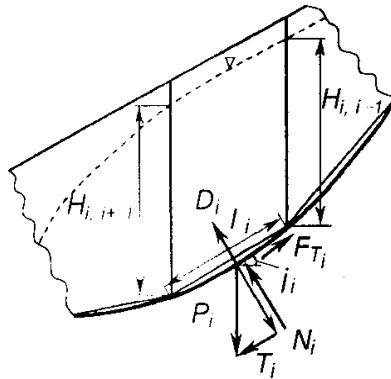
Trong đó:  $\tau$  và  $\sigma_N$  - ứng suất tiếp tuyến và pháp tuyến theo diện tích đã cho.

Trong mái dốc đồng nhất diện tích mặt trượt đơn vị xuất hiện từ chiều sâu  $H_{90}$  tính theo công thức 2.1

Trong mái dốc không đồng nhất chúng xuất hiện với ứng suất:

$$\sigma_1 = \sigma_0 = 2C \operatorname{ctg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.3)$$

Trong đó:  $\sigma_0$  - Độ bền nén đất đá đơn trục;  $C$  - Lực dính kết đất đá;  $\varphi$  - Góc ma sát trong của đất đá;

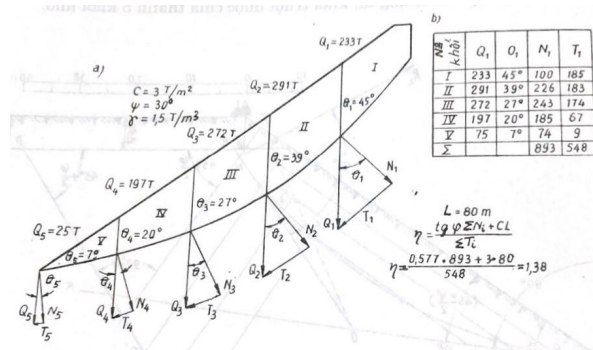


Hình 2.3: Sơ đồ lực tác dụng lên mặt trượt

Độ bền và điều kiện thể nằm của đất đá, hướng mặt yếu tự nhiên lớn trong khối đất đá tương đối với đường phương mái dốc quyết định đặc điểm biến dạng bờ mỏ lộ thiên, hình dạng mặt trượt dự kiến và việc lựa chọn sơ đồ tính toán độ ổn định của chúng.

Các phương pháp tính toán dựa trên lý thuyết cân bằng giới hạn được phân biệt phụ thuộc vào hướng cạnh ranh giới của các khối tính toán các lực và phương pháp tổng hợp lực của chúng.

### 2.2.1. Phương pháp đại số tuyến tính (cộng đại số)



Hình 2.4: Phương pháp cộng đại số

Dựa trên tổng đại số các lực giữ và lực trượt theo mặt trượt yếu nhất (hình 2.4).

Khi đó những lực sau được đưa vào tính toán:

$N_i, T_i$  – tương ứng thành phần pháp tuyến và tiếp tuyến của trọng lượng bloc được tính:  $N_i = P_i \cos j_i; T_i = P_i \sin j_i$ ;

$D_i$  - Áp lực thủy tĩnh, hướng của nó vuông góc với đáy bloc tính toán và bằng tích giá trị trung bình áp lực thủy tĩnh  $\gamma_n H_{tb}$  với chiều dài phần bloc ngập nước  $\ell'_i$ :

$$D_i = \gamma_n H_{tb_i} \ell'_i, \quad (2.4)$$

Trong đó: 
$$\gamma_n H_{tb_i} = \gamma_n \frac{H_{i,j-1} + H_{i,j+1}}{2}; \quad (2.5)$$

$F_{Ti}$  - lực chống cắt (trượt) theo đáy bloc:

$$F_{Ti} = N_i \operatorname{tg} \varphi_i + C_i l_i, \quad (2.6)$$

Trong đó  $\varphi_i, C_i$  - các chỉ tiêu tính toán độ bền đất đá.

Phương pháp cân bằng chung được xác định là hiệu số các lực giữ và các lực trượt theo mặt trượt yếu nhất, theo phương pháp cộng đại số các lực có dạng:

$$\Delta T = \sum_i [(N_i - D_i) \operatorname{tg} \varphi_i + C_i l_i - T_i] \quad (2.7)$$

Nếu như theo mặt trượt yếu nhất hiệu số các lực giữ và lực trượt  $\Delta T$  bằng không, thì khối bờ mỏ ở trạng thái cân bằng giới hạn. Hệ số dự trữ ổn định mái dốc  $n$  theo phương pháp cộng đại số các lực được xác định cho mặt trượt yếu nhất theo công thức :

$$n = \frac{\sum_i [(N_i - D_i) \operatorname{tg} \varphi_i + C_i l_i]}{\sum_i T_i} \quad (2.8)$$

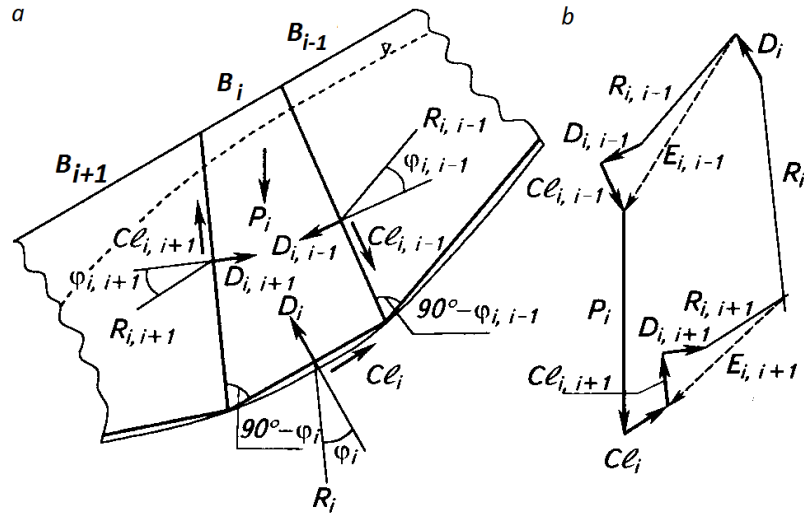
Phương pháp cộng đại số có thể được sử dụng, nếu như mặt trượt yếu nhất có dạng mặt cong trơn đều. Phương pháp này không tính phản lực giữa các bloc và coi rằng, lăng trụ trượt biến dạng như là một khối đồng nhất. Điều này chứng tỏ rằng hệ số an toàn được tính bằng phương pháp cộng đại số nhỏ hơn thực tế, mức độ không phù hợp này phụ thuộc vào chiều cao mái dốc, góc dốc của nó và góc ma sát trong của đất đá, và sai số có thể từ 3 đến 20%.

Khi chiều cao mái dốc không lớn (dưới 100m) và giá trị góc nội ma sát không lớn ( $\varphi < 20^\circ$ ), phương pháp này cho kết quả đủ tin cậy.

### **2.2.2. Phương pháp đại số véc tơ lực (phương pháp đa giác lực)**



Phương pháp tổng hợp hơn để đánh giá độ ổn định bờ mở, mái dốc trong điều kiện địa chất mở thực tế là phương pháp *đại số véc tơ lực* (phương pháp đa giác lực), có tính đến phản lực giữa các bloc, mà các bloc này được phân chia trong lăng trụ trượt theo dấu hiệu địa chất kĩ thuật cụ thể.



Hình 2.5: Phương pháp đa giác lực

a – Những lực tác dụng lên khối đất đá tính toán; b - Đa giác lực.

Khi tính toán bằng phương pháp đa giác lực, độ chính xác tính toán phụ thuộc vào vị trí ranh giới giữa các bloc và hướng các phản lực giữa chúng. Độ chính xác đầy đủ của các tính toán đạt được khi mà biên giới giữa các bloc tương tự vị trí họ mặt trượt thứ hai, trong tính toán bằng phương pháp trạng thái ứng suất giới hạn, nghĩa là với góc  $(90^0 - \varphi)$  so với họ mặt trượt đầu tiên (hình 2.5). Khi đó những lực sau đây được đưa vào tính toán:

$P_i$  - trọng lượng bloc đang xét;

$Cl_{i,i+1}$ ,  $Cl_{i,i-1}$ ,  $Cl_i$  - các lực dính kết có hướng song song với biên giới bloc tương ứng ;

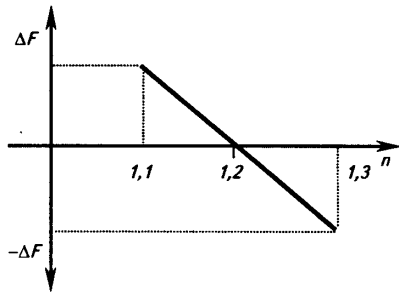
$R_{i,i+1}$ ,  $R_{i,i-1}$ ,  $R_i$  - phản lực tại biên giới bloc;

$D_{i,i+1}$ ,  $D_{i,i-1}$ ,  $D_i$  - áp lực đẩy thủy tĩnh tại biên giới các bloc.

Các lực thủy tĩnh được tính toán theo công thức (2.4), (2.5). Tổng cộng véc tơ tất cả các lực tác động lên lăng trụ trượt, phân chia thành các bloc tính toán, có

thể thực hiện ở dạng giải tích hoặc đồ họa. Thí dụ về tổng hợp véc tơ bằng phương pháp đồ họa (xây dựng đa giác lực) và xác định dư lực  $\Delta F$  trình bày trên hình 2.5

Đối với mái dốc ở trạng thái ổn định giới hạn với hệ số an toàn đã cho, đa giác lực được xây dựng theo mặt trượt yếu nhất cho lăng trụ trượt cần phải khép kín. Điều đó có nghĩa là, độ ổn định của nó được đảm bảo với hệ số ổn định gần với hệ số an toàn đã đưa vào các chỉ tiêu tính toán độ bền đất đá.



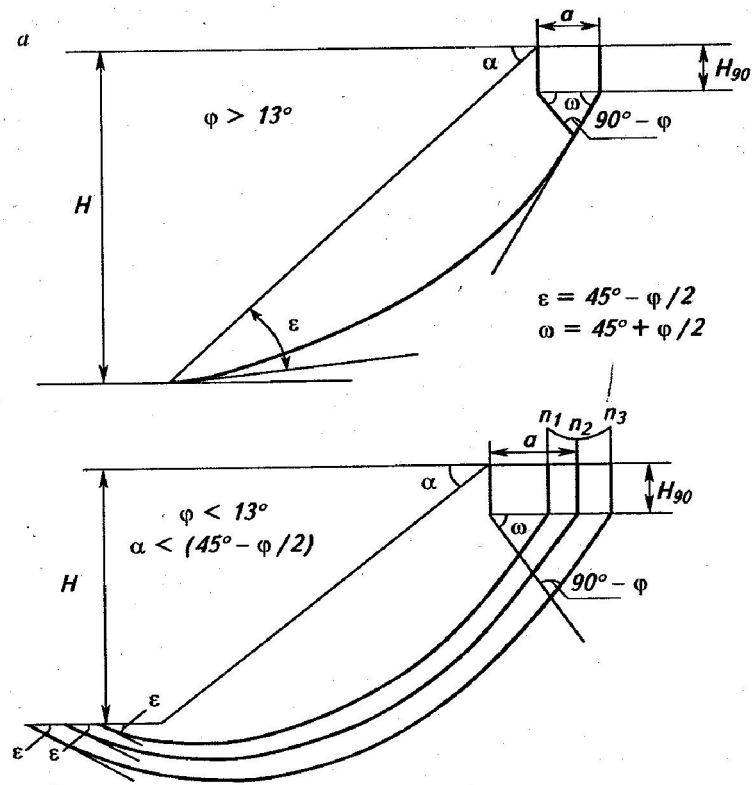
Hình 2.6. Đồ thị liên hệ  $\Delta F$  và  $F(n)$

Nếu như khi tính toán đa giác lực không khép kín, nghĩa là tồn tại đoạn dư lực  $\Delta F$ , thì độ ổn định bờ mỏ không phù hợp với hệ số an toàn đã cho. Để xác định hệ số ổn định mái dốc trong trường hợp này cần phải lặp lại các tính toán theo mặt trượt yếu

nhất với giá trị hệ số an toàn khác được đưa vào các chỉ tiêu độ bền đất đá. Điều đó cho phép xây dựng biểu đồ phụ thuộc đoạn hở  $\Delta F$  vào hệ số an toàn  $n$  (hình 2.6) và nhận được hệ số an toàn phải tìm.

### 2.2.3. Tính độ ổn định mái dốc khi không có mặt yếu có hướng bất lợi

Trong bờ mỏ đồng nhất, mặt trượt mà theo đó so sánh các lực giữ và lực đẩy có dạng đường cong tròn đều, gần giống hình lăng trụ tròn. Việc xây dựng mặt trượt như thế (hình vẽ 2.7,a) dựa trên cơ sở là bề mặt trượt phát triển ở độ sâu  $H_{90}$  - theo công thức (2.1) và nghiêng với góc  $(45^\circ + \varphi/2)$  so với phương nằm ngang; mặt trượt lộ ra và tạo với bề mặt mái dốc với góc  $(45^\circ - \varphi/2)$ .



Hình 2.7. Xây dựng mặt trượt trong bờ mỏ đồng nhất

Trong đất đá có góc nội ma sát  $\varphi < 13^0$  và góc dốc mái dốc  $\alpha < (45^0 - \varphi/2)$  (mái dốc ở trạng thái cân bằng giới hạn) mặt trượt lộ ra ở chân mái dốc với góc  $(45^0 - \varphi/2)$  cách chân mái dốc một khoảng cách nào đó (xem hình 2.7,b).

Vị trí mặt trượt yếu nhất, theo đó tỷ số các lực giữ và lực gây trượt nhỏ nhất, được xác định qua tính toán, ít nhất theo 3 mặt trượt.

Trước khi xây dựng mặt trượt, cần hiệu chỉnh (đưa vào) các chỉ tiêu ban đầu về độ bền đất đá giá trị hệ số an toàn.

Việc tính toán độ ổn định mái dốc đồng nhất có thể được tiến hành bằng phương pháp cộng đại số (hình 2.5,a) khi  $\varphi < 20^0$  hoặc bằng phương pháp đa giác lực (hình 5.5,b). Thí dụ tính toán mái dốc đồng nhất chứa nước bằng phương pháp đa giác lực được giới thiệu trên hình 2.8



$$H_b = H_{90} \left( 1 + \sqrt{\frac{\sigma_{pn}}{C_n} \operatorname{ctg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi_n}{2} \right)} \right) \quad (2.9)$$

Trong đó:  $H_{90} = \frac{2C_n}{\gamma} \operatorname{ctg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi_n}{2} \right)$  - chiều sâu khe nứt đứt, m;  $C_n$  - giá trị tính toán lực dính kết, T/m<sup>2</sup>;  $\gamma$  - trọng lượng thể tích của đất đá trong nguyên khối T/m<sup>3</sup>;  $\varphi_n$  - Giá trị tính toán góc ma sát trong, độ;  $\sigma_{pn}$  - Giá trị tính toán lực chống tách riêng (đơn vị) của đất đá T/m<sup>2</sup>.

Chiều rộng tính toán lăng trụ trượt của mái dốc đứng được xác định theo công thức:

$$a = H_{90} \sqrt{\frac{\sigma_{pn}}{C_n} \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi_n}{2} \right)} \quad (5.10)$$

#### 2.2.4. Phương pháp đồ giải tính toán độ ổn định bờ mở

Để kiểm tra độ ổn định mái dốc bờ mở ta phân chia các khối trượt đã được xác định theo mục 2.1 theo đường dây dọi thành từng khối nhỏ (hình 2.9). Trên hình vẽ, khối trượt được chia thành 5 khối nhỏ. Để kiểm tra độ ổn định bờ tầng được thực hiện theo trình tự sau:

1. Đo diện tích của từng khối nhỏ  $S_i$
2. Xác định trọng lượng đất đá của từng khối trên 1 mét chiều dày theo công thức sau:

$$Q = S_i \times \gamma \times 1, \quad (t); \quad (2.11)$$

3. Kéo dài các đường phân chia khối về phía dưới. Tại giao điểm các đường này với đường cong mặt trượt dựng các đường vuông góc. Ở mỗi khối nhỏ ta nhận được các đường  $Q_i$  và  $N_i$ , giữa chúng ta đo được góc  $\varphi_i$ .

4.  $N_i$  và  $T_i$  xác định theo công thức sau:

$$\begin{aligned} N_i &= Q_i \times \cos \varphi_i \\ T_i &= Q_i \times \sin \varphi_i \end{aligned} \quad (2.12)$$



- Một số các biện pháp khác.

Khi thiết kế phương án chống trượt lở cần phân biệt hai trường hợp khi mặt trượt biểu hiện rõ trên thực địa và khi biểu hiện không rõ ràng.

Trường hợp thứ nhất mặt trượt có thể là bề mặt tiếp xúc yếu nhất của các lớp đất đá cắm thuận về phía khai trường. Mặt yếu cũng có thể là các lớp đá yếu, các nứt nẻ, bề mặt đứt gãy kiến tạo,...

Trường hợp thứ hai là mặt trượt không phát hiện được bằng mắt thường và chỉ có thể xác định được trên cơ sở quan trắc thực địa. Trong trường hợp này không thể xác lập một cách hoàn toàn chính xác vị trí mặt trượt. Tuy vậy nếu xác định được gần đúng cũng cho khả năng đánh giá được tính chất trượt lở.

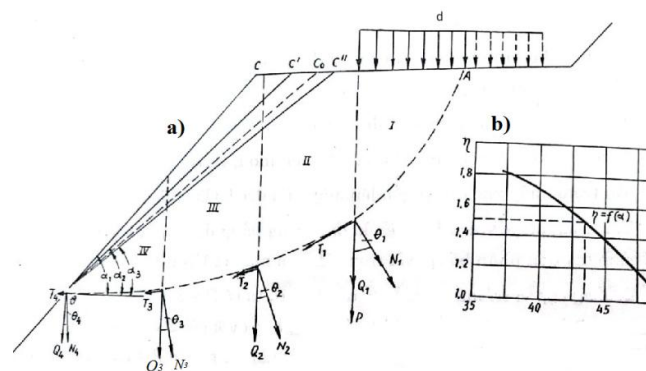
### 2.3.1 Điều chỉnh độ dốc bờ tầng

Phương pháp này có mục đích ngăn ngừa trượt lở xảy ra bằng cách giảm góc dốc bờ tầng. Trình tự thực hiện như sau:

1- Xây dựng mặt cắt vuông góc với bờ tầng trên đó biểu hiện vị trí mặt trượt và chia mặt trượt ABC (hình 2.10-a) ra từng khối nhỏ I, II, III, IV, ... Giả thiết các thiết bị làm việc ở trên mặt tầng có trọng lượng là P và được phân bố đều trên một chiều rộng.

2- Lần lượt dựng các góc dốc bờ mở với các giá trị  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ , nhận được các đường BC, BC' và BC'' thể hiện mái dốc dự kiến của bờ mở.

3- Tính trọng lượng của từng khối I, II, III, IV,... bằng phương pháp đồ giải đo diện tích của từng khối rồi nhân với 1 mét chiều dài (bề dày khối) và trọng lượng của khối đất đá. Ở những khối có ảnh hưởng tải trọng của các thiết bị hoạt động trên mặt tầng (P) thì cộng thêm vào.



Hình 2.10. Sơ đồ điều chỉnh góc dốc bờ tầng

4- Tính lực giữa và lực trượt trong phạm vi từng khối đá theo công thức:

$$T_i = (P+Q_i)\sin\Theta_i \text{ và } N_i = (P + Q_i).\cos\Theta_i, \quad (2.14)$$

Trong đó : P- Tải trọng phụ của của các thiết bị hoạt động ở trên mặt tầng;

$Q_i$ - Trọng lượng của khối cột đá thứ i;

$\Theta_i$ - Góc giữa pháp tuyến với mặt trượt và đường dây dọi tại điểm ranh giới phân chia khối trên đường cong mặt trượt;

5- Tính hệ số ổn định mái dốc bờ mở (tầng) theo giá trị góc dốc  $\alpha_i$

$$n = \frac{tg\varphi \sum N + CL + A}{\sum T + B} \quad (2.15)$$

Trong đó:  $(tg\varphi \sum N + CL)$  – tổng các lực ma sát và dính kết, chống trượt, t/m<sup>2</sup>;  
C – lực dính kết đất đá, t/m<sup>2</sup>;  $\varphi$  – góc ma sát trong, độ; N – áp lực vuông góc với mặt trượt, t/m<sup>2</sup>; L – chiều dài cung trượt, m;  $\sum T$ - tổng lực tiếp tuyến gây trượt bờ mở, t/m<sup>2</sup>; A- các lực khác giữ sườn dốc ổn định, t/m<sup>2</sup>; B- các lực gây trượt khác, t/m<sup>2</sup>

Hệ số n được tính lần lượt cho các giá trị của các góc dốc bờ mở  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ;

6- Theo các giá trị  $n_i$  tính được dựng biểu đồ biểu diễn quan hệ  $n = f(\alpha)$  như hình 2.10-b. Trên biểu đồ, căn cứ theo hệ số ổn định  $n_0$  đã được xác định theo kinh nghiệm hoặc cho trước để tìm ra góc dốc bờ tầng đảm bảo ngăn ngừa trượt lở.

### 2.3.2 Để lại trụ bảo vệ

Đây là một trong những biện pháp phổ biến mặc dầu không kinh tế và không mấy hiệu quả. Thực tế cho thấy để ngăn ngừa trượt lở một khối đất đá 20÷40 nghìn m<sup>3</sup> thì phải để lại hàng nghìn tấn than làm trụ bảo vệ nhưng không ngăn được hoàn toàn sự trượt lở. Tuy vậy phương pháp này vẫn được sử dụng trong một số trường hợp đặc biệt như xử lý các trường hợp trượt lở cục bộ không liên quan đến các tầng khác vẫn đem lại hiệu quả và ít tổn thất khoáng sản.

### 2.3.3 Cắt giảm tải bờ dốc



Khi tiến hành khai thác trong vùng đang có trượt lở sâu hoặc trong vùng có khả năng xảy ra trượt lở như vậy thì cần thiết phải phân chia khối trượt ra hai phần:

- Khối thứ nhất làm chức năng để tựa.
- Khối thứ hai có hoạt tính áp lực.

Trong trường hợp xuất hiện nứt tách ở phần trên thì cần phải giảm trọng lượng khối thứ hai bằng cách cắt bớt phần trên của bờ dốc và tăng trọng lượng khối thứ nhất bằng cách đắp đê quai ở phía dưới chân của khối tựa.

Sự phát triển chậm của trượt lở bờ mỏ có góc dốc nhỏ hơn  $20^{\circ}$  -  $25^{\circ}$  sẽ cho phép khả năng hoàn thành một khối lượng lớn công việc trong khi tốc độ chuyển dịch khối đá không lớn và có thể sau đó hoàn toàn chấm dứt được sự chuyển dịch.

#### **2.3.4 Giải toả nguy cơ trượt lở**

Phương pháp này được sử dụng khi độ dốc của các lớp đất đá và khoáng sản trên  $18^{\circ}$  -  $20^{\circ}$  và khả năng xuất hiện trượt theo mặt phân lớp hoặc các mặt yếu là khó tránh khỏi. Bên cạnh việc tiến hành giải toả trượt lở, cần thiết phải áp dụng các biện pháp ngăn ngừa sụp đổ và trượt các tầng có cấu trúc đất đá tối xấp bờ rời ở phía trên.

Khi máy xúc hoạt động tiến gần sát vùng trượt lở nguy hiểm cần điều chỉnh góc dốc bờ mỏ giảm dần cho đến khi giải toả được khối đất đá có khả năng trượt theo mặt yếu hoặc theo các mặt phân lớp bị cắt chân.

Giá trị góc dốc trong trường hợp độ ổn định đất đá không đảm bảo (dưới giới hạn cho phép) có thể tính theo công thức thực nghiệm sau:

$$\alpha_0 = \arctg \left[ \frac{H^2 \gamma}{H^2 \gamma + Pl + A} \right] \quad (2.16)$$

Trong đó: H - chiều cao bờ tầng, tính từ mặt trên của tầng đến điểm nguy hiểm nhất trên mặt trượt;

$\gamma$  - tỷ trọng của đất đá ( $T/m^3$ )

P - áp lực của trọng lượng máy xúc ( $T/m^2$ )

l- bề rộng phân bố tải trọng trên phạm vi khối trượt (m)

$$A = \frac{2cL}{n \sin \theta - \cos \theta \operatorname{tg} \varphi} \quad (2.17)$$

Trong đó: C - Lực dính kết đất đá theo mặt yếu hoặc mặt phân lớp ( $T/m^2$ )

L- chiều dài mặt trượt từ mặt tầng đến điểm nguy hiểm của mặt trượt (m);

n - hệ số ổn định

$\theta$  - góc dốc của lớp đất đá yếu (mặt yếu), độ;

$\varphi$  - góc nội ma sát của đất đá trong mặt yếu hoặc mặt phân lớp.

Nói chung việc điều khiển quá trình biến dạng được thực hiện bằng nhiều phương pháp và việc áp dụng những phương pháp nào có hiệu quả còn tùy thuộc vào điều kiện thực tế của bờ mỏ, điều kiện cấu trúc địa chất, cơ lí đất đá, địa chất thủy văn, kích thước khối đất đá trượt lở, ...

Ngoài các biện pháp nêu trên còn có các biện pháp mang lại hiệu quả cao như gia cố sườn tầng hoặc bờ mỏ bằng nhiều phương pháp khác nhau, tháo khô bờ mỏ, ...

Điều khiển biến dạng bờ mỏ là một quá trình linh hoạt, đa dạng cần được nghiên cứu một cách chi tiết cho từng trường hợp cụ thể để có cơ sở đề xuất các biện pháp chống trượt lở hợp lý, đảm bảo tính kỹ thuật và kinh tế.

### 3. THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ NGUYÊN NHÂN TRƯỢT LỞ BỜ TRỤ NAM, VIA CHÍNH MỎ ĐÈO NAI VÀ CÁC GIẢI PHÁP NÂNG CAO ỔN ĐỊNH BỜ MỎ

#### 3.1. Hiện trạng biến dạng bờ Trụ Nam của mỏ

Bờ Trụ Nam via chính hiện tại đáy mỏ ở mức -130m, chiều cao bờ mỏ  $H = 380 \div 410m$ , góc dốc chung của bờ  $\alpha = 20 \div 25^0$ . Trong quá trình khai thác những năm qua bờ Trụ Nam liên tục bị biến dạng. Kết quả khảo sát hiện trường cho thấy biến dạng phát triển trên toàn bộ diện tích bờ Trụ Nam từ đỉnh bờ khu vực nhà điều hành sản xuất (hình 3.1) đến đáy mỏ (hình 3.2).



*Hình 3.1: Các khe nứt trượt kéo theo (thứ cấp) xuất hiện tại sân và góc nhà điều hành ở cao trình +284m.*

Đứt gãy K là giới hạn trên cùng của khối trượt bờ Trụ Nam, theo bản đồ địa hình kết thúc tháng 6/2013, đứt gãy K cắt via GI tại cao trình +50m (Điểm F.1), đứt gãy K phát triển sang phía tây trùng với Trụ via G.I (Điểm F.2), sau đó cắt vào địa hình mặt bằng xường sàng ở mức +264m (Điểm F.3) kéo dài đến tận điểm F.4 tại cao trình +275m. Vị trí ranh giới trượt bờ Trụ Nam trùng với đứt gãy K được thể hiện trên bản vẽ: VM-ĐCM-XLTL.BTN.ĐN-03 và hình 3.3.



*Hình 3.2: Trượt bờ Trụ Nam khu vực chân bờ*



*Hình 3.3: Xuất lộ ranh giới trượt trên cùng trùng với đứt gãy K*

Tại khu vực trung tâm của bờ từ mức +70 đến +260m các khe nứt trượt phát triển theo phương gần Đông Tây bao trùm bờ Trụ Nam, Các khe nứt kéo dài đến 100m, chiều rộng từ 1÷2m, sâu 3÷5m (hình 3.4).

Trong phạm vi từ đứt gãy K (+260m) đến cao trình +200m các khe nứt phát triển dày đặc phá huỷ toàn bộ bề mặt địa hình, toàn bộ địa hình phía Bắc F.K bị lún thấp từ 3÷5m. (hình 3.5).



Hình 3.4: Khe nứt trượt phát triển tại khu vực trung tâm trên cao trình +240÷260m



Hình 3.5: Sụt lún và nứt nẻ bề mặt khu vực trung tâm từ +200÷260m

Trong các năm 2011-2012 khu vực từ mức +150m trở xuống đáy mỏ, bờ bị trượt lở mạnh theo dạng bóc lớp với chiều dày lớp từ 2÷3 m, mặt trượt theo tiếp xúc giữa các phân lớp đá bột kết. Đất đá khối trượt bị đẩy xuống mặt tầng +72m. Để duy trì đường vận tải Nam mức +72m trong năm 2012 và đầu năm 2013 mỏ đã phải xử lý khoảng 100 ngàn m<sup>3</sup> (hình 3.6).

Bờ Trụ Nam trong những năm qua từ mức +72m xuống đáy, bờ bị trượt hoàn toàn theo mặt lớp. Kết quả khảo sát thực tế tại hiện trường (từ tháng 4÷8/2013) cho thấy: Trên chiều dài theo phương Tây Nam - Đông Bắc khoảng 500m hình thành các lớp trượt thứ cấp theo mặt phân lớp trong đá bột kết và theo tiếp xúc giữa các lớp đá bột kết - cát kết; cát kết - sạn kết, sạn kết - bột kết.



Hình 3.6: Xúc bốc xử lý trượt lở từ mức +72 ÷ +150m

Lớp trượt thứ nhất theo tiếp xúc giữa cát kết và sạn kết (mặt trượt xuất lộ là sạn kết) chiều dày lớp từ 8÷10m bao gồm đoạn địa tầng từ trụ via G.I đến vách lớp sạn kết, địa tầng là các lớp bột kết cát kết xen kẽ nhau, lớp này phần phía Tây Nam đã bị trượt hết (hình 3.7). Hiện tại mặt Trụ đang được duy trì liên tục từ mức +65÷-105m với chiều cao  $H = 170\text{m}$ , góc dốc chung  $\alpha = 26^{\circ}14'$

Lớp trượt thứ 2 từ Trụ lớp 1 đến Trụ lớp sạn kết, lớp sạn kết có chiều dày thay đổi từ 5÷18m, chiều dày lớp có xu hướng giảm dần từ Đông sang Tây, chiều dày lớp trượt thứ 2 trung bình khoảng 6m, mặt trượt xuất lộ là đá bột kết. Tại khu vực này theo hướng dốc mặt Trụ duy trì liên tục từ mức +75 đến mức - 62m, đoạn bờ Trụ này có chiều cao  $H = 137\text{m}$ , góc dốc  $\alpha = 26^{\circ}$ . Theo kết quả khảo sát trong nhiều năm cho thấy bề mặt Trụ (mặt trượt) khu vực này trong 3 năm qua khá ổn định.

Tại khu vực chân bờ phía Đông tiếp giáp trực tiếp với Trụ via trong thời gian qua mỏ đã “thử nghiệm” cắt một số tầng từ mức -50 ÷ +60m vào trụ với các thông số tầng như sau:  $h_t = 15\text{m}$ ; góc dốc sườn tầng  $\alpha_t = 60^{\circ}$ ; chiều rộng mặt tầng  $b_t = 25\text{m}$ , nhưng sau một thời gian ngắn (khoảng 12 tháng) các tầng bị trượt, gây chập từ 2÷3 tầng hình thành mặt trụ mới theo mặt lớp (hình 3.8).

Khảo sát chi tiết đoạn bờ Trụ từ mức -52 (Trụ via) đến cao trình +52m (tuyến T.3) cho thấy trong đoạn bờ này có: Chiều cao  $H = 104\text{m}$ ,  $\alpha = 29^{\circ}$  hiện tồn tại 3 tầng:

Tầng thứ nhất từ +29÷+52m;  $h_1 = 23\text{m}$ ;  $\alpha_1 = 34^{\circ}$ ;

Tầng thứ 2 từ -15÷+29m;  $h_2 = 44\text{m}; \alpha_2 = 37^0; b_2 = 32\text{m}$

Tầng thứ 3 từ -52÷-15m;  $h_3 = 37\text{m}; \alpha_3 = 32^0; b_3 = 23\text{m}$

Từ đó cho thấy trong đoạn bờ, Trụ via các tầng bị chập (2÷3 tầng) góc dốc sườn giảm từ  $60^0$  xuống  $34\div 37^0$ , chiều cao tầng tăng từ 15m lên  $27\div 44\text{m}$ . Hiện tại các tầng này chưa ổn định, trong thời gian tới còn tiếp tục bị chập, sẽ tạo thành 2 tầng với chiều cao  $h = 50\text{m}$  và góc dốc sườn tầng  $\alpha = 28\div 30^0$ .

Từ thực tế trên cho thấy việc cắt tầng vào Trụ chỉ thực hiện được khi không cắt chân lớp và tạo góc dốc sườn tầng bằng góc dốc của lớp ( $\alpha=\beta$ )



*Hình 3.7: Mặt trượt thứ cấp theo tiếp xúc lớp khu vực chân bờ Trụ Nam*



*Hình 3.8: Các tầng cắt vào Trụ bị chập chỉ sau 12 tháng*

Tại bờ Trụ Nam trong quá trình khai thác đã cắt 3 tầng vận tải chính ở các mức +195; +145; +72m. Hiện tại chỉ có tầng +72m đang hoạt động, các tầng +145;

+195m đã bị chập chura được cải tạo lại, sườn tầng bị nứt nẻ biến dạng, Khe nứt trượt chính trên cùng phát triển trùng với mặt trượt của đứt gãy K và kéo dài sang phía Tây Nam cắt qua mặt bằng xưởng sàng cũ mức (+265m). Quá trình biến dạng đã ảnh hưởng đến cả khu vực nhà điều hành sản xuất tại cao trình +283m (hình 3.1).

Quá trình mở các tầng vận tải cắt vào Trụ không được thực hiện theo mặt lớp, cắt chân lớp (hình 3.9) và các thông số tầng không phù hợp với tính chất bền của đất đá cấu tạo bờ mở dẫn tới gia tăng trượt lở bờ Trụ Nam trong quá trình khai thác xuống sâu.



Hình 3.9: Đường vận tải mức +75mm cắt chân lớp đá Trụ

## **3.2. Quan trắc biến dạng bờ Trụ Nam**

### **3.2.1. Kết quả quan trắc trước năm 2013**

Tại bờ Trụ Nam trước năm 2000 đã xây dựng 3 tuyến quan trắc dịch động, kết quả quan trắc trong nhiều năm cho thấy khu vực trung tâm của bờ Trụ (đáy mỏ ở mức +00m) bị dịch chuyển mạnh, tại một số mốc tốc độ dịch chuyển đạt đến từ 1,6÷8,7mm/nd. Quá trình biến dạng xảy ra tại khu vực từ +180÷80m. Trong các năm từ 2001÷2003 công tác quan trắc vẫn được duy trì trên 2 tuyến Cn và En. Kết quả quan trắc cho thấy tốc độ dịch chuyển lớn nhất đến 7,4mm/nd tại khu vực +80m, phạm vi biến dạng có xu hướng phát triển đến cao trình +230, +240m [8].



Tốc độ dịch chuyển theo kết quả quan trắc từ năm 1993÷2002 theo tuyến En tại khu vực trung tâm bờ trụ Nam từ cao trình +280÷100m được tổng hợp trong bảng 3.1.

*Bảng 3.1: Tổng hợp số liệu quan trắc bờ trụ Nam từ năm 1993 đến 2002*

Mốc quan trắc	Tốc độ dịch chuyển lớn nhất theo năm V, mm/ng									
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
IIIe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
IIE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Ie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0
B.30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2e	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
4e	0,8	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4
5e	0,7	0,3	0,4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	1,7	0,4
6e	0,6	0,3	0,4	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	1,7	0,4
7e	0,6	0,3	0,1	1,3	0,1	0,2	0,1	0,1	1,7	0,4
8e	0,6	0,3	0,4	0,3	0,1	0,3	0,7	0,1	1,4	0,6
12e	1,2	0,4	0,7	1,5	0,6	0,7	1,6	0,1	2,0	0,7
13e	1,7	1,1	1,3	1,1	0,7	1,4	3,9	0,4	2,4	0,6
14e	1,8	1,1	1,3	1,2	0,8	5,8	5,8	1,5	2,1	0,0
15e	2,0	1,2	1,5	0,2	1,8	4,7	6,5	3,2	5,0	0,9
16e	2,2	1,3	1,4	2,1	2,0	5,1	7,8	3,9	5,5	0,7
17e	2,2	1,1	1,5	2,1	2,0	5,2	7,8	4,2	5,7	1,2
18e	3,5	1,2	1,4	2,6	2,0	5,2	8,7	4,5	6,0	0,7
19e	3,6	1,3	1,5	1,1	2,1	5,6	8,5	4,9	6,6	0,7
20e	3,6	1,2	1,6	0,9	2,1	5,6	9,0	5,5	6,8	0,0
21e	3,6	1,2	1,6	2,6	2,1	5,9	8,1	5,6	7,4	0,8
22e	3,5	0,9	1,4	2,2	2,1	5,5	8,0	4,7	7,8	2,6
23e	3,7	0,9	1,4	2,2	2,2	5,5	-	2,7	9,2	2,8

Từ năm 2005, tốc độ khai thác xuống sâu được đẩy mạnh và phát triển sang phía Đông dẫn đến phạm vi biến dạng mở rộng, tốc độ dịch chuyển gia tăng, phần

lớn các mốc quan trắc trên các tuyến Cn, En bị mất gần hết, công tác quan trắc bị dừng lại cho đến tận năm 2013.

### 3.2.2. Kết quả quan trắc năm 2013-2014

Năm 2013, để đánh giá quá trình biến dạng bờ Trụ Nam đã tiến hành xây dựng 2 tuyến quan trắc tại khu vực trung tâm của bờ Trụ, các tuyến quan trắc được đặt vuông góc với bờ Trụ và kéo dài từ đỉnh bờ mức +287m đến gần chân bờ mức +68m (Tuyến QT-T1) và +64,85m (Tuyến QT-T2).

Tuyến QT-T.1 có chiều dài  $L = 662,79\text{m}$ , bao gồm 13 mốc trong đó có 2 mốc cố định và 11 mốc quan trắc.

Tuyến QT-T.2 có chiều dài  $L = 538\text{m}$  với 12 mốc trong đó có 2 mốc cố định và 10 mốc quan trắc.

Công tác quan trắc được thực hiện 5 đợt: Đợt 1 vào ngày 30/8/2013 (ngay sau khi tuyến được xây dựng); Đợt 2 vào ngày 7/10/2013; Đợt 3 vào ngày 15/11/2013. Đợt 4 vào ngày 5/5/2014, Đợt 5 vào ngày 20/7/2014 Tọa độ các điểm quan trắc theo các đợt được thể hiện chi tiết từ bảng 3.2 đến 3.6

#### 3.2.2.1. Tọa độ các điểm quan trắc

a. Tọa độ các điểm quan trắc lần 1 trên các tuyến QT.T1 và QT.T2 ngày 30 tháng 8 năm 2013.

Tọa độ các điểm quan trắc đợt 1 được thể hiện trong bảng 3.2

*Bảng 3.2: Tọa độ các điểm quan trắc của tuyến QT.T1 và QT.T2*

Tuyến quan trắc	STT	Điểm	Tọa độ các điểm		
			X(m)	Y(m)	H(m)
QT.T1	1	BN01	2324849,194	454187,523	278,257
	2	BN02	2324894,683	454203,958	281,760
	3	BN03	2324913,852	454210,094	281,318
	4	BN04	2324951,139	454223,915	262,986
	5	BN05	2324999,669	454241,866	261,407
	6	BN06	2325071,798	454268,555	236,591
	7	BN07	2325135,962	454292,186	205,246
	8	BN08	2325192,616	454313,311	187,158
	9	BN09	2325288,200	454348,688	153,892
	10	BN10	2325373,437	454382,387	111,829
	11	BN11	2325469,692	454420,318	68,027

Tuyến quan trắc	STT	Điểm	Tọa độ các điểm		
			X(m)	Y(m)	H(m)
QT.T2	1	TN1	2324861,254	454391,012	248,492
	2	TN2	2324938,561	454418,447	242,233
	3	TN3	2324981,728	454433,893	244,133
	4	TN4	2325033,285	454452,359	220,804
	5	TN5	2325086,880	454471,509	191,274
	6	TN6	2325136,590	454489,268	169,648
	7	TN7	2325209,833	454516,295	136,021
	8	TN8	2325253,075	454532,887	115,965
	9	TN9	2325292,237	454547,358	99,913
	10	TN10	2325364,071	454580,894	64,706

b. Tọa độ các điểm quan trắc lần 2 trên các tuyến QT.T1 và QT.T2 ngày 08 tháng 10 năm 2013.

Tọa độ các điểm quan trắc đợt 2 được thể hiện trong bảng 3.3

*Bảng 3.3: Tọa độ các điểm quan trắc của tuyến QT.T1 và QT.T2*

Tuyến quan trắc	STT	Điểm	Tọa độ các điểm		
			X(m)	Y(m)	H(m)
QT.T1	1	BN01	2324849,194	454187,524	278,257
	2	BN02	2324894,683	454203,958	281,760
	3	BN03	2324913,854	454210,096	281,318
	4	BN04	2324951,159	454223,938	262,986
	5	BN05	2324999,745	454241,946	261,348
	6	BN06	2325071,889	454268,661	236,573
	7	BN07	2325135,962	454292,186	205,246
	8	BN08	2325192,593	454313,378	187,172
	9	BN09	2325288,163	454348,753	153,893
	10	BN10	2325373,398	454382,459	111,837
	11	BN11	2325469,775	454420,477	67,946

Tuyến quan trắc	STT	Điểm	Tọa độ các điểm		
			X(m)	Y(m)	H(m)
QT.T2	1	TN1	2324861,255	454391,015	248,492
	2	TN2	2324938,513	454418,446	242,231
	3	TN3	2324981,710	454433,964	244,117
	4	TN4	2325033,300	454452,485	220,782
	5	TN5	2325086,880	454471,619	191,26
	6	TN6	2325136,571	454489,354	169,620
	7	TN7	2325209,776	454516,378	136,028
	8	TN8	2325253,024	454532,964	115,968
	9	TN9	2325292,180	454547,446	99,922
	10	TN10	2325364,037	454580,979	64,705

c. Tọa độ các điểm quan trắc lần 3 trên các tuyến QT.T1 và QT.T2 ngày 15 tháng 11 năm 2013.

Tọa độ các điểm quan trắc đợt 3 được thể hiện trong bảng 3.4

*Bảng 3.4: Tọa độ các điểm quan trắc của tuyến QT.T1 và QT.T2*

Tuyến quan trắc	STT	Điểm	Tọa độ các điểm		
			X(m)	Y(m)	H(m)
QT.T1	1	BN01	2324849,189	454187,522	278,257
	2	BN02	2324894,683	454203,958	281,760
	3	BN03	2324913,854	454210,098	281,334
	4	BN04	2324951,164	454223,916	262,997
	5	BN05	2324999,770	454241,913	261,346
	6	BN06	2325071,926	454268,605	236,581
	7	BN07	2325135,962	454292,186	205,246
	8	BN08	2325192,591	454313,230	187,169
	9	BN09	2325288,183	454348,544	153,894
	10	BN10	2325373,398	454382,459	111,837
	11	BN11	2325469,878	454420,209	67,946

Tuyến quan trắc	STT	Điểm	Tọa độ các điểm		
			X(m)	Y(m)	H(m)
QT.T2	1	TN1	2324861,255	454391,012	248,492
	2	TN2	2324938,585	454418,457	242,229
	3	TN3	2324981,794	454433,951	244,123
	4	TN4	2325033,403	454452,456	220,784
	5	TN5	2325087,012	454471,555	191,259
	6	TN6	2325136,701	454489,242	169,617
	7	TN7	2325209,918	454516,220	136,017
	8	TN8	2325253,165	454532,781	115,972
	9	TN9	2325292,327	454547,252	99,918
	10	TN10	2325364,210	454580,720	64,697

d. Tọa độ các điểm quan trắc lần 4 trên các tuyến QT.T1 và QT.T2 ngày 05 tháng 05 năm 2014. Tọa độ các điểm quan trắc đợt 4 được thể hiện ở bảng 3.5

*Bảng 3.5: Tọa độ các điểm quan trắc của tuyến QT.T1 và QT.T2*

Tuyến Quan trắc	STT	Điểm	Tọa độ các điểm		
			X(m)	Y(m)	H(m)
QT.T1	1	BN01	2324849,189	454187,522	278,257
	2	BN02	2324894,678	454204,010	281,771
	3	BN03	2324913,813	454210,151	281,188
	4	BN05	2325000,106	454242,306	260,934
	5	BN06	2325072,424	454269,162	236,389
	6	BN08	2325192,631	454313,575	187,052
	7	BN09	2325288,162	454348,983	153,754
	8	BN11	2325470,851	454421,578	66,497
QT.T2	1	TN1	2324861,338	454390,986	248,432
	2	TN2	2324938,718	454418,312	242,272
	3	TN3	2324982,156	454434,019	243,926
	4	TN4	2325033,929	454452,818	220,437
	5	TN5	2325087,501	454471,842	190,998
	6	TN6	2325136,974	454489,448	169,412
	7	TN7	2325210,043	454516,476	135,832

e. Tọa độ các điểm quan trắc lần 5 trên các tuyến QT.T1 và QT.T2 ngày 20 tháng 07 năm 2014. Tọa độ các điểm quan trắc đợt 5 được thể hiện ở bảng 3.6

Bảng 3.6: Tọa độ các điểm quan trắc của tuyến QT.T1 và QT.T2

Tuyến quan trắc	STT	Điểm	Tọa độ các điểm		
			X(m)	Y(m)	H(m)
QT.T1	1	BN01	2324849,183	454187,518	278,254
	2	BN02	2324894,683	454204,002	281,769
	3	BN03	2324913,824	454210,157	281,179
	4	BN05	2325000,162	454242,342	260,876
	5	BN06	2325072,458	454269,188	236,352
	6	BN08	2325192,659	454313,598	187,026
	7	BN09	2325288,195	454349,009	153,730
	8	BN11	2325470,903	454421,607	66,461
QT.T2	1	TN1	2324861,352	454390,994	248,424
	2	TN2	2324938,739	454418,328	242,261
	3	TN3	2324982,242	454434,061	243,875
	4	TN4	2325034,031	454452,852	220,383
	5	TN5	2325087,604	454471,884	190,941
	6	TN6	2325137,067	454489,481	169,371
	7	TN7	2325210,122	454516,501	135,793

### 3.2.2.2. Kết quả tính toán các đại lượng dịch chuyển

#### 1. Cơ sở tính toán các đại lượng dịch chuyển

Các đại lượng dịch chuyển được tính toán theo các công thức:

- Trị số độ lún:

$$\eta = H_{(i+1)} - H_{(i)}, \text{ mm} \quad (3.1)$$

- Trị số độ nghiêng:

$$i = \frac{\eta(i+1) - \eta(i)}{d} \quad (3.2)$$

- Trị số độ cong khúc độ K

$$K = \frac{i_{i+1} - i_i}{l_{tb}} \quad (3.3)$$

- Trị số biến dạng ngang

$$\varepsilon = \frac{d_2 - d_1}{d_1^n} \quad (3.4)$$

- *Trị số dịch chuyển ngang*

a. Trị số dịch chuyển theo trục x theo tọa độ

$$\sigma_x = X_{i+1} - X_i \quad (3.5)$$

b. Trị số dịch chuyển theo trục y theo tọa độ

$$\sigma_y = Y_{i+1} - Y_i \quad (3.6)$$

c. Trị số dịch chuyển ngang theo tọa độ

$$b = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}, mm \quad (3.7)$$

- *Trị số dịch chuyển ngang theo tuyến quan trắc*

$$\xi = D_{i+1} - D_i, mm \quad (3.8)$$

- *Véc tơ dịch chuyển toàn phần trên tuyến quan trắc*

$$a = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}, mm \quad (3.9)$$

- *Tốc độ dịch chuyển*

$$v = \frac{a}{\Delta t}, mm/ngđ \quad (3.10)$$

Trong đó:

$H_{i+1}, H_i$ - độ cao các mốc quan trắc tương ứng với lần quan trắc trước và sau đó  
 $\eta_{i+1}, \eta_{i-1}$ - các đại lượng lún trước (theo hướng tính) và sau của một đoạn (đoạn giữa hai mốc kế tiếp nhau).

l- chiều dài của đoạn

$i_{i+1}, i_i$ - giá trị độ nghiêng của đoạn sau và đoạn trước

$l_{tb}$ - trung bình cộng của các đoạn sau và trước:

$$l_{tb} = \frac{l_{i+1} + l_i}{2} \quad (3.11)$$

$d_1, d_2$ - hình chiếu bằng của chính đoạn ấy của 2 lần đo trước và sau

$D_{i+1} D_i$ - chiều dài bằng từ mốc cố định đến mốc quan trắc giữa các lần đo.

Véc tơ dịch chuyển, góc nghiêng của chúng và phương vị tính theo thành phần của các vectơ ( $\eta$ : Thành phần thẳng đứng,  $\xi$ : Thành phần nằm ngang)

$\Delta t$ - khoảng thời gian giữa 2 lần đo trước và sau, đơn vị ngày đêm (ngđ)

2. Kết quả tính toán các đại lượng dịch chuyển theo các chu kỳ quan trắc

a. Các đại lượng dịch chuyển của tuyến quan trắc trong khoảng thời gian từ ngày 30 tháng 8 năm 2013 đến 08 tháng 10 năm 2013 thể hiện ở bảng 3.7 đến 3.8.

- Tuyến quan trắc dịch động QT.T1

Bảng 3.7: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T1

Điểm	$\eta$ (mm)	$\xi$ (mm)	$i$ $10^{-3}$	$k$ $10^{-3}$	Dịch chuyển ngang			a (mm)	v (mm/ng)
					$\sigma_x$	$\sigma_y$	$b_{xy}$		
BN01	0,0				0,00	1,00	1,00		
BN02	0,0	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00
BN03	0,0	0,12	0,00	0,00	2,00	2,00	2,83	2,8	0,07
BN04	0,0	0,61	0,00	0,02	20,00	23,00	30,48	30,5	0,80
BN05	-58,7	1,40	1,13	-0,03	76,00	80,00	110,34	125,0	3,29
BN06	-17,5	0,30	-0,54	0,00	91,00	106,00	139,70	140,8	3,71
BN07	0,0	-1,78	-0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00
BN08	13,9	0,03	-0,23	0,00	-23,00	67,00	70,84	72,2	1,90
BN09	1,2	-0,14	0,12	0,00	-37,00	65,00	74,79	74,8	1,97
BN10	7,7	0,01	-0,07	0,01	-39,00	72,00	81,88	82,2	2,16
BN11	-80,6	1,41	0,85	-0,02	83,00	159,00	179,36	196,6	5,17

- Tuyến quan trắc dịch động QT.T2

Bảng 3.8: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T2

Điểm	$\eta$ (mm)	$\xi$ (mm)	$i$ $10^{-3}$	$k$ $10^{-3}$	Dịch chuyển ngang			a (mm)	v (mm/ng)
					$\sigma_x$	$\sigma_y$	$b_{xy}$		
TN1	0,0				1,00	3,00	3,16		
TN2	-2,5	-0,58	0,03	0,00	-48,00	-1,00	48,01	48,1	1,27
TN3	-16,0	1,15	0,29	0,00	-18,00	71,00	73,25	75,0	1,97
TN4	-22,5	0,91	0,12	0,00	15,00	126,00	126,89	128,9	3,39
TN5	-13,7	-0,34	-0,15	0,01	0,00	110,00	110,00	110,8	2,92
TN6	-28,3	-0,49	0,28	-0,01	-19,00	86,00	88,07	92,5	2,43
TN7	7,4	-0,47	-0,46	0,01	-57,00	83,00	100,69	101,0	2,66
TN8	3,0	0,07	0,10	-0,01	-51,00	77,00	92,36	92,4	2,43
TN9	8,6	-0,04	-0,14	0,00	-57,00	88,00	104,85	105,2	2,77



TN10	-1,3	0,25	0,13	0,00	-34,00	85,00	91,55	91,6	2,41
------	------	------	------	------	--------	-------	-------	------	------

b. Các đại lượng dịch chuyển của tuyến quan trắc trong khoảng thời gian từ ngày 08 tháng 10 năm 2013 đến 15 tháng 11 năm 2013 được thể hiện trong bảng 3.9 đến 3.10.

-Tuyến quan trắc dịch động QT.T1

*Bảng 3.9: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T1*

Điểm	$\eta$ (mm)	$\xi$ (mm)	$i$ $10^{-3}$	$k$ $10^{-3}$	Dịch chuyển ngang			$a$ (mm)	$v$ (mm/ng)
					$\sigma_x$	$\sigma_y$	$b_{xy}$		
BN01	0,0				-5,00	-2,00	5,39		
BN02	0,0	0,11	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00
BN03	15,9	0,03	-0,79	0,03	0,00	2,00	2,00	16,0	0,42
BN04	11,5	-0,09	0,11	0,00	5,00	-22,00	22,56	25,3	0,67
BN05	-2,7	0,29	0,27	-0,01	25,00	-33,00	41,40	41,5	1,09
BN06	7,3	0,04	-0,13	0,00	37,00	-56,00	67,12	67,5	1,78
BN07	0,0	-0,23	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00
BN08	-2,5	-0,89	0,04	0,00	-2,00	-148,00	148,01	148,0	3,90
BN09	1,0	-0,01	-0,03	0,00	20,00	-209,00	209,95	210,0	5,53
BN10	0,0	0,64	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00
BN11	-0,4	-0,02	0,00	0,00	103,00	-268,00	287,11	287,1	7,56

-Tuyến quan trắc dịch động QT.T2

*Bảng 3.10: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T2*

Điểm	$\eta$ (mm)	$\xi$ (mm)	$i$ $10^{-3}$	$k$ $10^{-3}$	Dịch chuyển ngang			$a$ (mm)	$v$ (mm/ng)
					$\sigma_x$	$\sigma_y$	$b_{xy}$		
TN1	0,0				0,00	-3,00	3,00		
TN2	-1,5	0,88	0,02	0,00	72,00	11,00	72,84	72,9	1,92
TN3	5,6	0,07	-0,15	0,00	84,00	-13,00	85,00	85,2	2,24
TN4	2,1	0,23	0,06	0,00	103,00	-29,00	107,00	107,0	2,82
TN5	-1,8	0,27	0,07	0,00	132,00	-64,00	146,70	146,7	3,86
TN6	-2,3	-0,34	0,01	0,00	130,00	-112,00	171,59	171,6	4,52
TN7	-11,7	-0,06	0,12	-0,01	142,00	-158,00	212,43	212,8	5,60
TN8	3,9	-0,21	-0,34	0,01	141,00	-183,00	231,02	231,1	6,08

TN9	-3,4	0,04	0,18	0,00	147,00	-194,00	243,40	243,4	6,41
TN10	-8,2	-0,05	0,06	0,00	173,00	-259,00	311,46	311,6	8,20

c. Các đại lượng dịch chuyển của tuyến quan trắc trong khoảng thời gian từ ngày 15 tháng 11 năm 2013 đến 05 tháng 5 năm 2014 thể hiện ở bảng 3.11 đến 3.12.

-Tuyến quan trắc dịch động QT.T1

*Bảng 3.11: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T1*

Điểm	$\eta$ (mm)	$\xi$ (mm)	$i$ $10^{-3}$	$k$ $10^{-3}$	Dịch chuyển ngang			$a$ (mm)	$v$ (mm/ng)
					$\sigma_x$	$\sigma_y$	$b_{xy}$		
BN01	0,0				0,00	0,00	0,00		
BN02	11,0	0,27	-0,23	0,23	-5,00	52,00	52,24	53,4	0,31
BN03	-145,9	-1,69	7,80	-0,38	-41,0	53,00	67,01	160,6	0,94
BN04	0,0	0,50	-3,67	0,25	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00
BN05	-411,6	8,72	7,91	-0,17	336,0	393,0	517,05	660,9	3,89
BN06	-191,8	2,72	-2,85	0,00	498,0	557,0	747,16	771,4	4,54
BN07	0,0	-9,66	-2,82	0,07	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
BN08	-117,4	2,62	1,94	-0,02	40,0	345,0	347,31	366,6	2,16
BN09	-140,2	-0,24	0,22	-0,02	-21,0	439,0	439,50	461,3	2,71
BN10	0,0	-1,55	-1,53	0,16	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
BN11	-1449,0	13,60	13,89	-0,27	973,0	1369,0	1679,55	2218,2	13,05

-Tuyến quan trắc dịch động QT.T2

*Bảng 3.12: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T2*

Điểm	$\eta$ (mm)	$\xi$ (mm)	$i$ $10^{-3}$	$k$ $10^{-3}$	Dịch chuyển ngang			$a$ (mm)	$v$ (mm/ng)
					$\sigma_x$	$\sigma_y$	$b_{xy}$		
TN1	-60,0				83,00	-26,00	86,98	105,7	0,62
TN2	43,0	0,09	-1,25	0,10	133,00	-145,00	196,76	201,4	1,18
TN3	-196,6	6,27	5,20	-0,05	362,00	68,00	368,33	417,5	2,46
TN4	-346,6	4,63	2,73	-0,08	526,00	362,00	638,53	726,6	4,27
TN5	-260,6	-1,05	-1,51	0,01	489,00	287,00	567,00	624,0	3,67
TN6	-205,4	-4,37	-1,05	0,01	273,00	206,00	342,00	398,9	2,35
TN7	-184,7	-1,56	-0,27	0,01	125,00	256,00	284,89	339,5	2,00

d. Các đại lượng dịch chuyển của tuyến quan trắc trong khoảng thời gian từ ngày 5 tháng 5 năm 2014 đến 20 tháng 7 năm 2014 được thể hiện trong bảng 3.13 đến 3.14.

-Tuyến quan trắc dịch động QT.T1

*Bảng 3.13: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T1*

Điểm	$\eta$ (mm)	$\xi$ (mm)	$i$ $10^{-3}$	$k$ $10^{-3}$	Dịch chuyển ngang			$a$ (mm)	$v$ (mm/ng)
					$\sigma_x$	$\sigma_y$	$b_{xy}$		
BN01	-3,0				-6,00	-4,00	7,21		
BN02	-2,0	0,19	-0,02	0,01	5,00	-8,00	9,43	9,6	0,13
BN03	-9,0	0,49	0,35	0,00	11,00	5,50	12,30	15,2	0,20
BN05	-58,0	0,57	0,53	-0,01	56,00	35,50	66,30	88,1	1,17
BN06	-37,0	-0,31	-0,27	0,00	34,00	26,00	42,80	56,6	0,75
BN08	-26,5	-0,05	-0,08	0,00	28,00	23,00	36,24	44,9	0,60
BN09	-24,0	0,05	-0,02	0,00	32,50	26,00	41,62	48,0	0,64
BN11	-36,5	0,10	0,06	0,00	52,00	29,00	59,54	69,8	0,93

- Tuyến quan trắc dịch động QT.T2

*Bảng 3.14: Thông số dịch chuyển của tuyến quan trắc dịch động QT.T2*

Điểm	$\eta$ (mm)	$\xi$ (mm)	$i$ $10^{-3}$	$k$ $10^{-3}$	Dịch chuyển ngang			$a$ (mm)	$v$ (mm/ng)
					$\sigma_x$	$\sigma_y$	$b_{xy}$		
TN1	-8,0				14,00	8,00	16,12	18,0	0,24
TN2	-11,0	0,11	0,04	0,01	21,00	16,00	26,40	28,6	0,38
TN3	-51,0	1,51	0,87	-0,02	86,00	42,00	95,71	108,4	1,45
TN4	-54,0	0,22	0,05	0,00	102,00	34,00	107,52	120,3	1,60
TN5	-57,0	0,06	0,05	-0,01	103,00	42,00	111,23	125,0	1,67
TN6	-41,0	-0,24	-0,30	0,00	93,00	33,00	98,68	106,9	1,42
TN7	-39,0	-0,20	-0,03	0,00	79,00	25,00	82,86	91,6	1,22

e. Tổng hợp kết quả quan trắc các tuyến QT.T1, QT.T2 theo các chu kỳ quan trắc dịch động

Kết quả quan trắc các tuyến QT.T1, QT.T2 theo các chu kỳ quan trắc dịch động được thể hiện trong bảng 3.15 và 3.16.

Bảng 3.15: Tổng hợp kết quả quan trắc tuyến 1 từ 30/8/2013 đến 20/7/2014

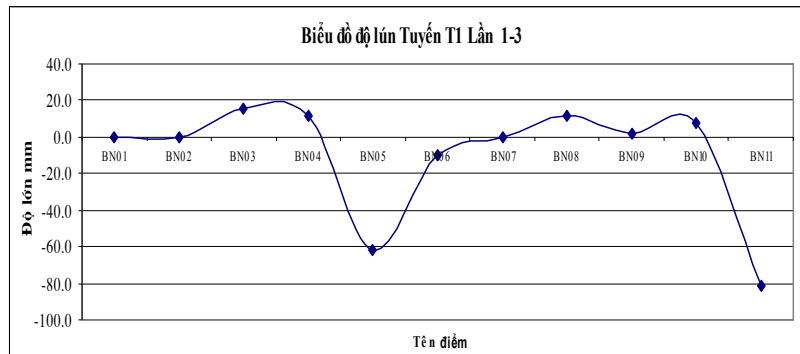
TT	Điểm	Độ lún $\eta$ (mm)					Vectơ dịch chuyển $a$ (mm)					Vận tốc dịch chuyển $V$ (mm/ngày)				
		30/8/13- 8/10/13	8/10/13- 15/11/13	15/11/13- 5/5/14	5/5/14- 20/7/14	30/8/13- 20/07/14	30/8/13- 8/10/13	8/10/13- 15/11/13	15/11/13- 5/5/14	5/5/14- 20/7/14	30/8/13- 20/07/14	30/8/13- 8/10/13	8/10/13- 15/11/13	15/11/13- 5/5/14	5/5/14- 20/7/14	30/8/13- 20/07/14
1	BN01	0	0	0	-3	-3	0	0	0	7,8102	12,4	0	0	0	0,1	0,04
2	BN02	0	0	11	-2	9	0	0	53,4	9,6437	44,9	0	0	0,31	0,13	0,14
3	BN03	0	16	-146	-9	-139	2,8	16	160,6	15,24	155,0	0,1	0,4	0,94	0,2	0,48
4	BN04	0	11				30,5	25,3				0,8	0,7			
5	BN05	-59	-3	-412	-58	-531	125	41,5	660,9	88,092	866,7	3,3	1,1	3,89	1,17	2,71
6	BN06	-18	7	-192	-37	-239	140,8	67,5	771,4	56,577	945,2	3,7	1,8	4,54	0,75	2,95
7	BN08	14	-2	-117	-26	-133	72,2	148	366,6	44,892	319,0	1,9	3,9	2,16	0,6	1,00
8	BN09	1	1	-140	-24	-162	74,8	210	461,3	48,044	359,6	2	5,5	2,71	0,64	1,12
9	BN10	8	0				82,2	0				2,2	0			
10	BN11	-81	0	-1449	-36	-1566	196,6	287,1	2218,2	69,837	2362,6	5,2	7,6	13,05	0,93	7,38

Bảng 3.16 : Tổng hợp kết quả quan trắc tuyến 2 từ 30/8/2013 đến 20/7/2014

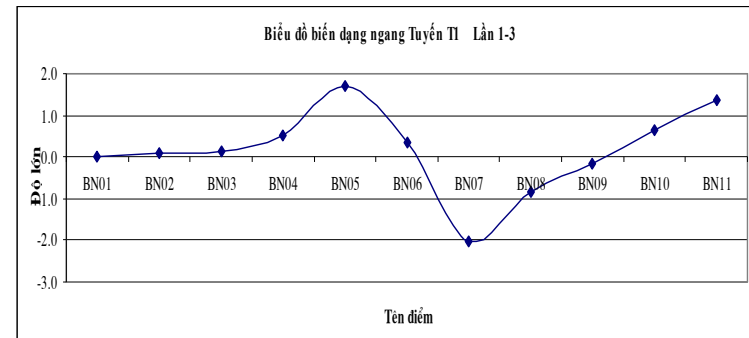
T T	Điểm m	Độ lún $\eta$ (mm)					Vectơ dịch chuyển a (mm)					Vận tốc dịch chuyển V (mm/ngày)				
		30/8/13- 8/10/13	8/10/13- 15/11/13	15/11/13- 5/5/14	5/5/14- 20/7/14	30/8/13- 20/07/14	30/8/13- 8/10/13	8/10/13- 15/11/13	15/11/13- 5/5/14	5/5/14- 20/7/14	30/8/13- 20/07/14	30/8/13- 8/10/13	8/10/13- 15/11/13	15/11/13- 5/5/14	5/5/14- 20/7/14	30/8/13- 20/07/14
1	TN1	0	0	-60	-8	-68	0,0	0,0	105,7	18	120,63	0,00	0,00	0,62	0,2	0,38
2	TN2	-2	-1	43	-11	28	48,1	72,9	201,4	28,6	215,94	1,30	1,90	1,18	0,4	0,67
3	TN3	-16	6	-197	-51	-258	75,0	85,2	417,5	108,4	599,15	2,00	2,20	2,46	1,4	1,87
4	TN4	-22	2	-347	-54	-421	128,9	107,0	726,6	120,3	988,33	3,40	2,80	4,27	1,6	3,09
5	TN5	-14	-2	-261	-57	-333	110,8	146,7	624,0	125	880,73	2,90	3,90	3,67	1,7	2,75
6	TN6	-28	-2	-205	-41	-277	92,5	171,6	398,9	106,9	591,29	2,40	4,50	2,35	1,4	1,85
7	TN7	7	-12	-185	-39	-228	101,0	212,8	339,5	91,58	421,83	2,70	5,60	2,00	1,2	1,32
8	TN8	3	4				92,4	231,1				2,40	6,10			
9	TN9	9	-3				105,2	243,4				2,80	6,40			
1 0	TN1 0	-1	-8				91,6	311,6				2,40	8,20			

f. Các biểu đồ dịch chuyển của các tuyến quan trắc dịch động QT.T1 và QT.T2 năm 2013 được thể hiện trong hình 3.10 đến 3.17

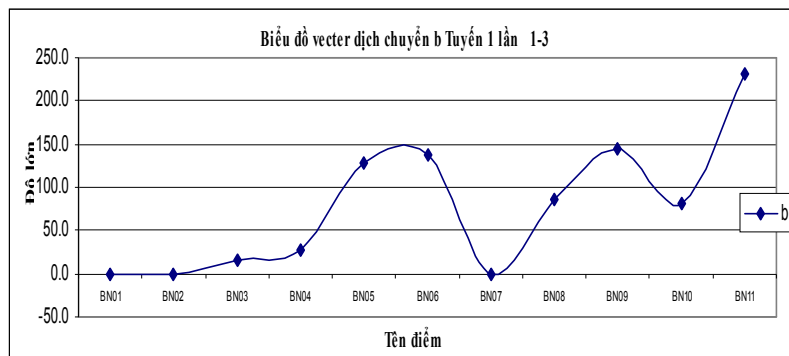
Hình 3.10: Biểu đồ độ lún tuyến 1 sau 3 lần quan trắc



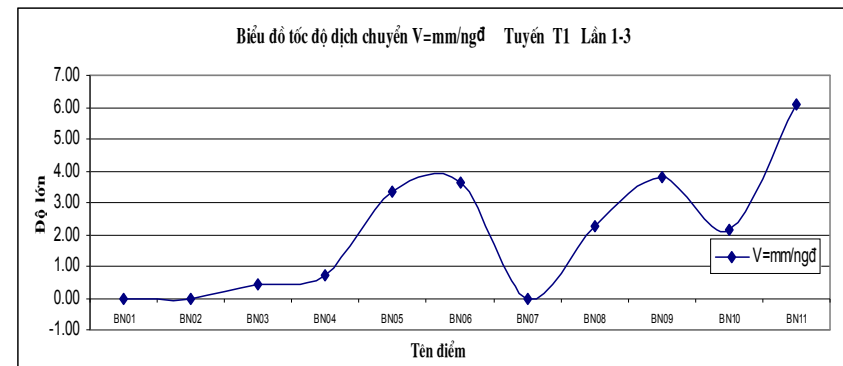
Hình 3.11: Biểu đồ biến dạng ngang tuyến 1 sau 3 lần quan trắc



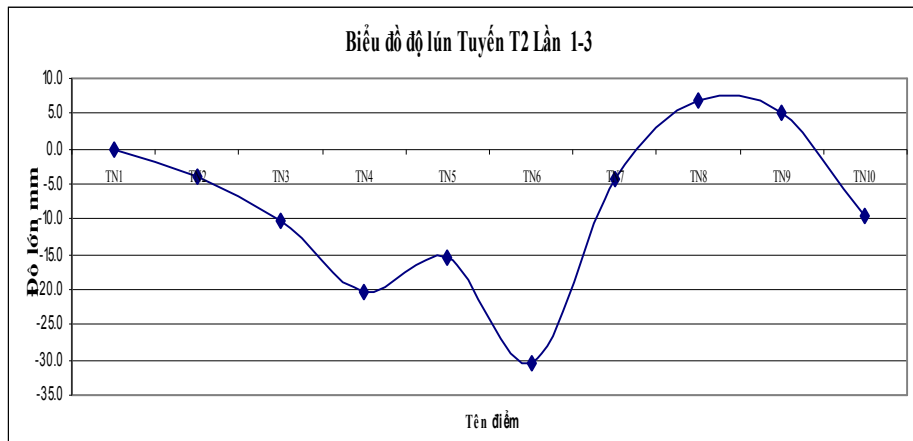
Hình 3.12: Biểu đồ véc tơ dịch chuyển tuyến 1 sau 3 lần quan trắc



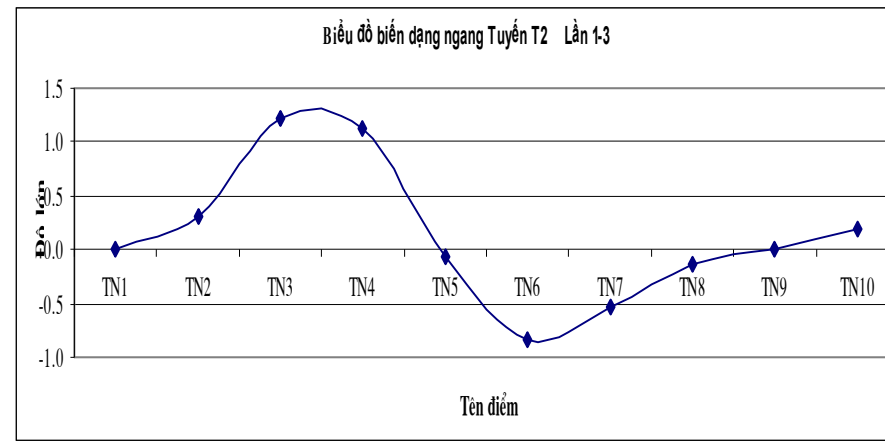
Hình 3.13: Biểu đồ tốc độ dịch chuyển tuyến 1 sau 3 lần quan trắc



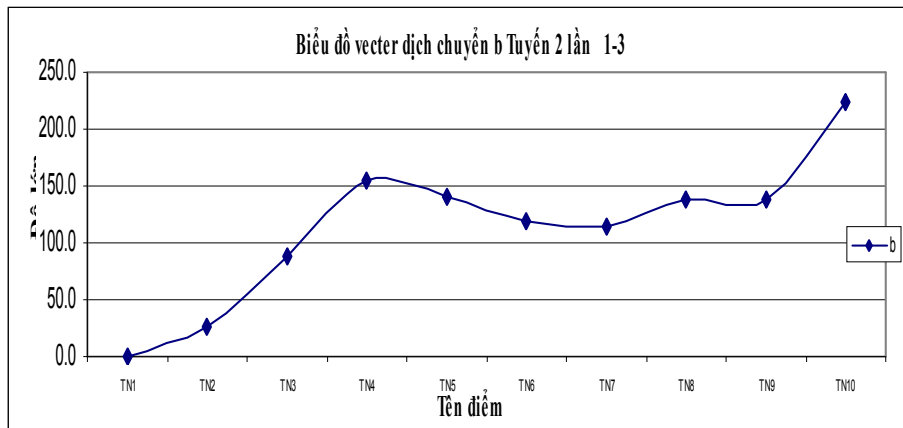
Hình 3.14: Biểu đồ độ lún tuyến 2 sau 3 lần quan trắc



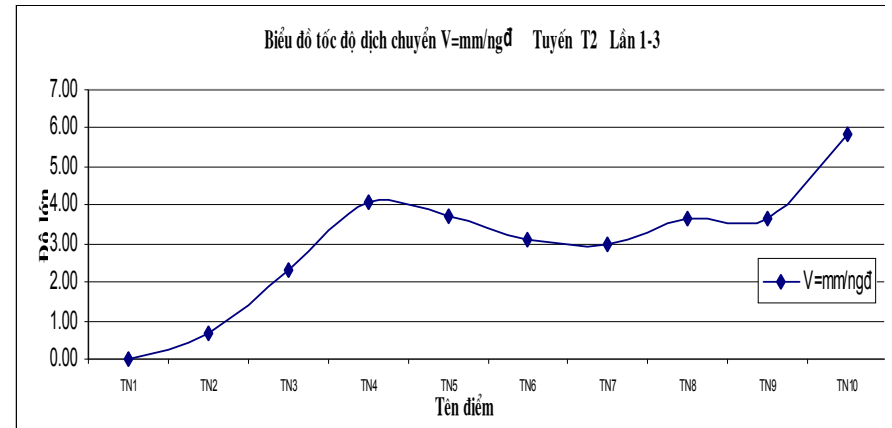
Hình 3.15: Biểu đồ biến dạng ngang tuyến 2 sau 3 lần quan trắc



Hình 3.16: Biểu đồ véc tơ dịch chuyển tuyến 2 sau 3 lần quan trắc



Hình 3.17: Biểu đồ tốc độ dịch chuyển tuyến 2 sau 3 lần quan trắc

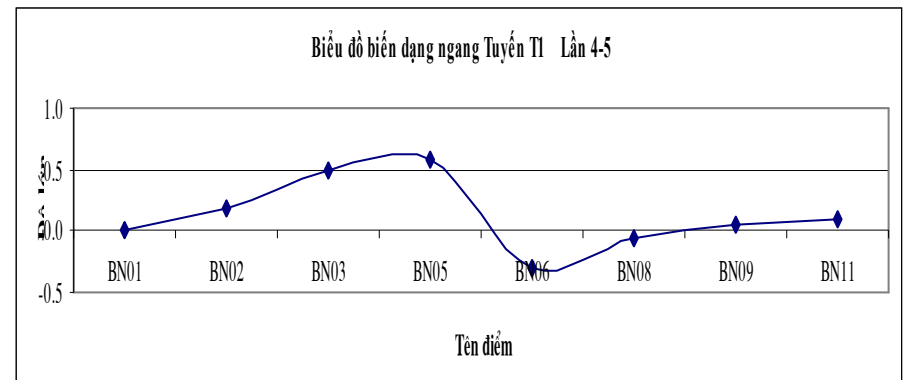
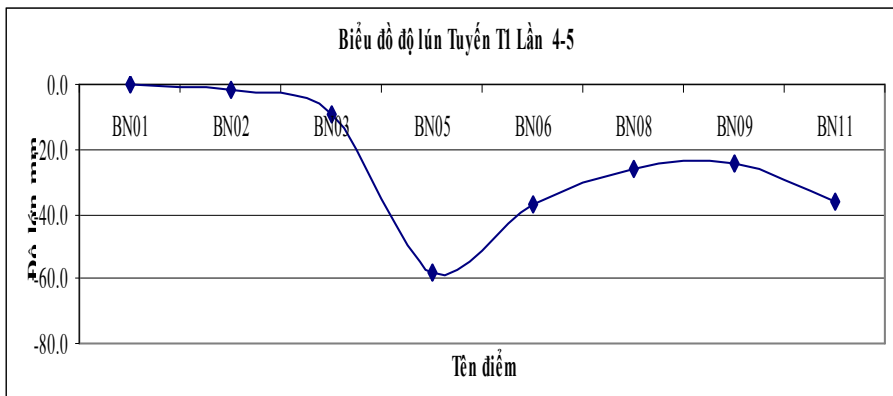




- Biểu đồ các đại lượng dịch chuyển của các tuyến quan trắc QT.T1 và QT.T2 năm 2014 được thể hiện trong hình 3.18 đến 3.25.

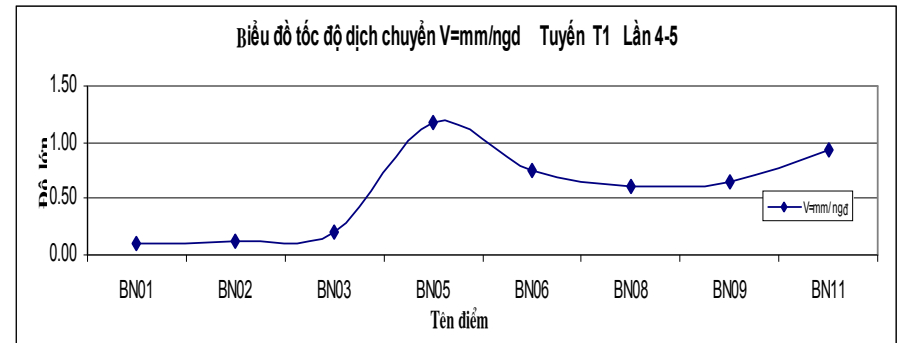
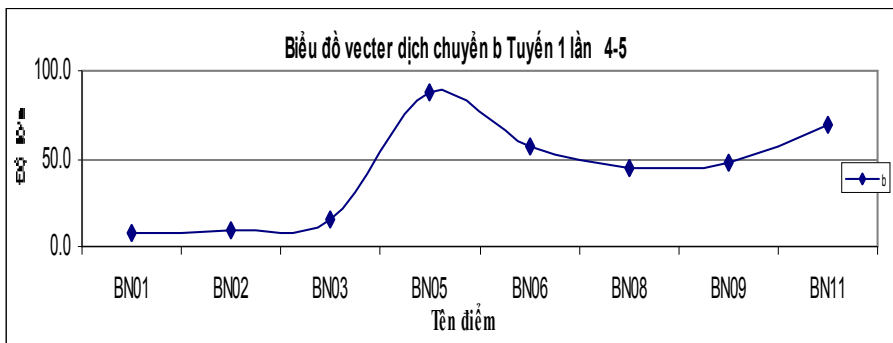
Hình 3.18: Biểu đồ độ lún tuyến 1 sau 2 lần quan trắc

Hình 3.19: Biểu đồ biến dạng ngang tuyến 1 sau 2 lần quan trắc

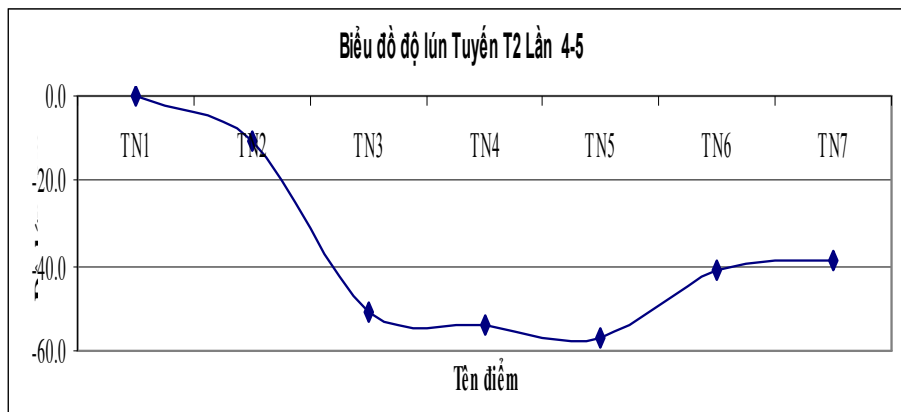


Hình 3.20: Biểu đồ véc tơ dịch chuyển tuyến 1 sau 2 lần quan trắc

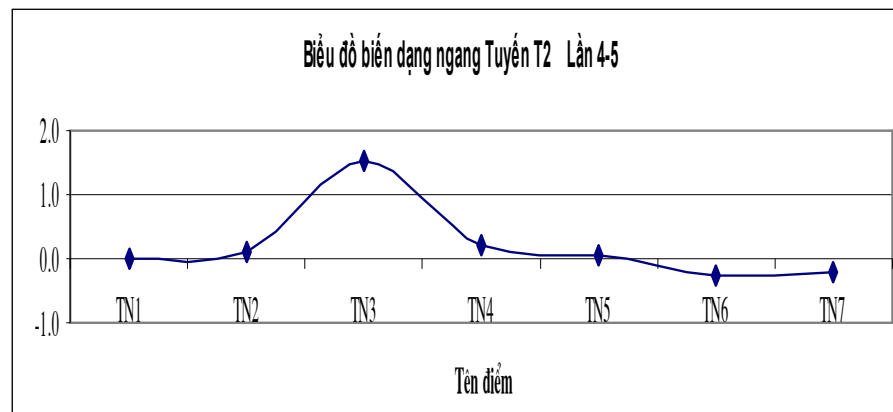
Hình 3.21: Biểu đồ tốc độ dịch chuyển tuyến 1 sau 2 lần quan trắc



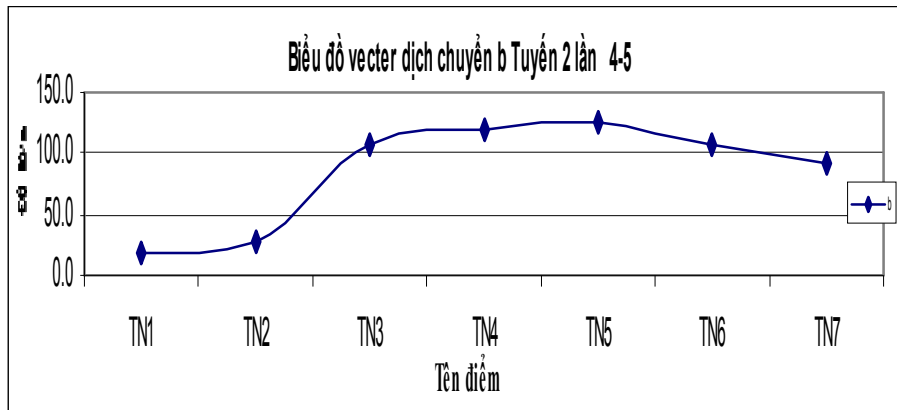
Hình 3.22: Biểu đồ độ lún tuyến 2 sau 2 lần quan trắc



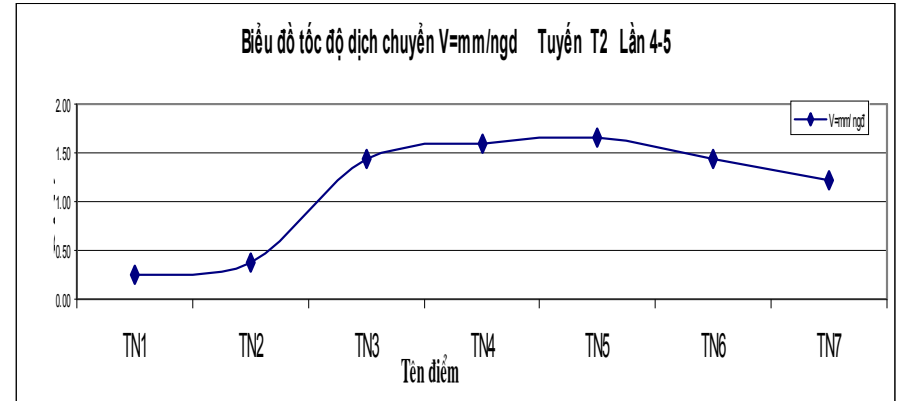
Hình 3.23: Biểu đồ biến dạng ngang tuyến 2 sau 2 lần quan trắc



Hình 3.24: Biểu đồ véc tơ dịch chuyển tuyến 2 sau 2 lần quan trắc

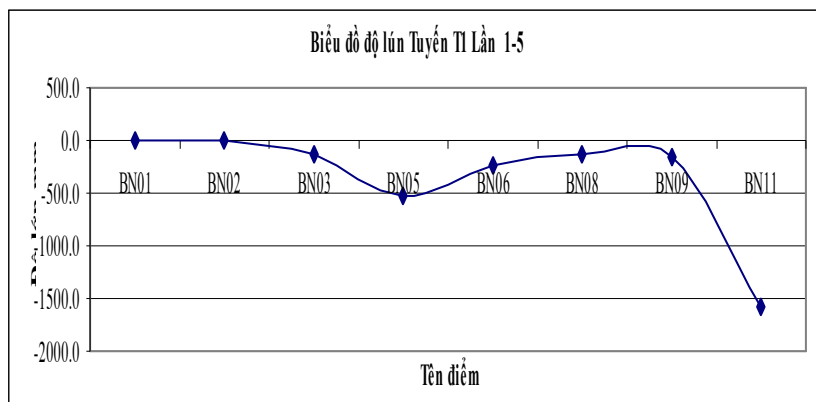


Hình 3.25: Biểu đồ tốc độ dịch chuyển tuyến 2 sau 2 lần quan trắc

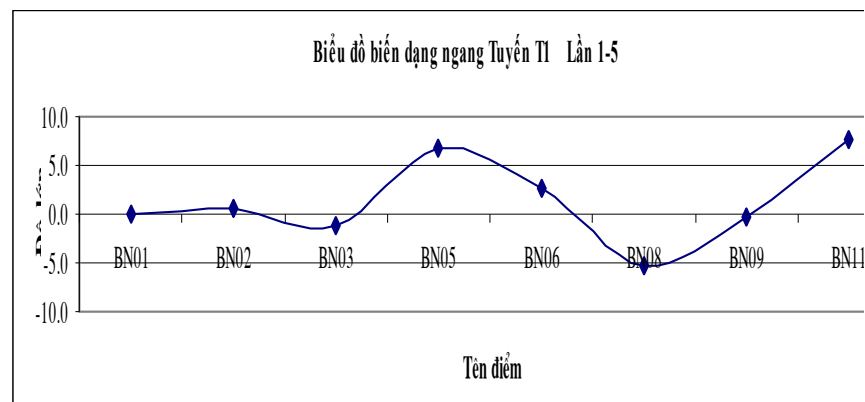


- Biểu đồ các đại lượng dịch chuyển của các tuyến quan trắc QT.T1 và QT.T2 từ 30 tháng 8 năm 2013 đến 20 tháng 7 năm 2014 được thể hiện trong hình 3.26 đến 3.33.

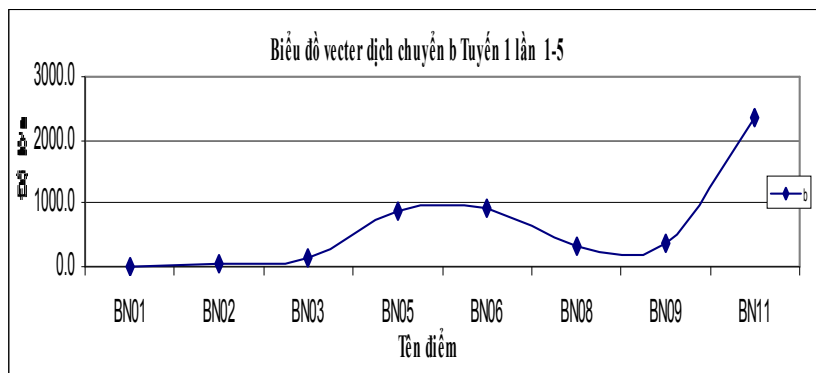
Hình 3.26: Biểu đồ độ lún tuyến 1 sau 5 lần quan trắc



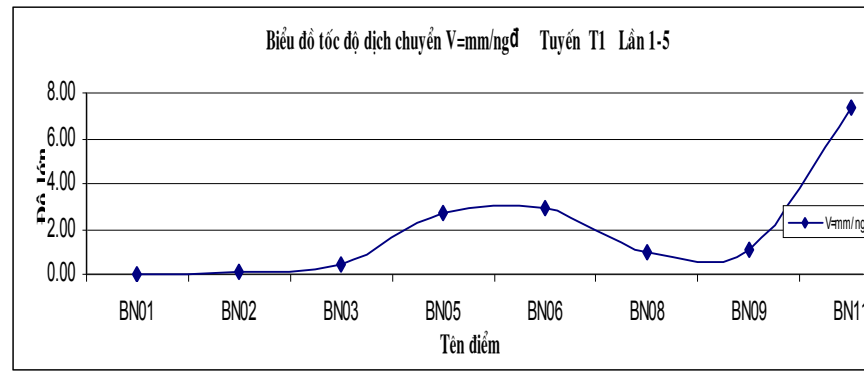
Hình 3.27: Biểu đồ biến dạng ngang tuyến 1 sau 5 lần quan trắc



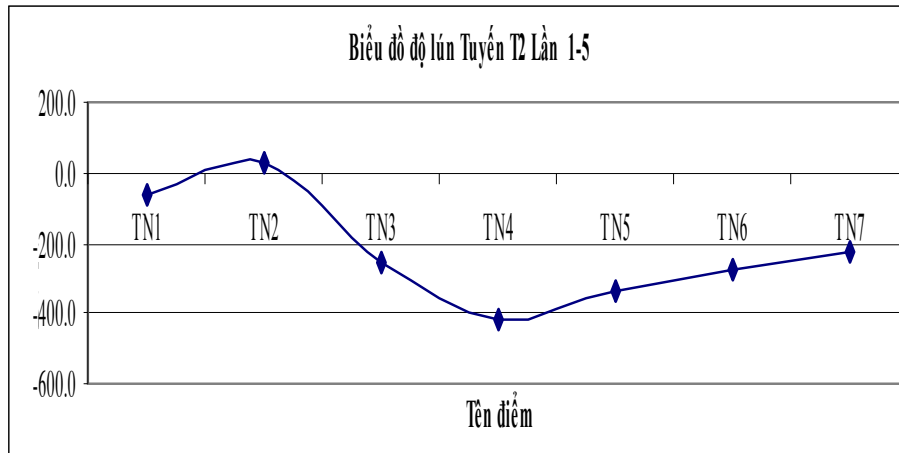
Hình 3.28: Biểu đồ véc tơ dịch chuyển tuyến 1 sau 5 lần quan trắc



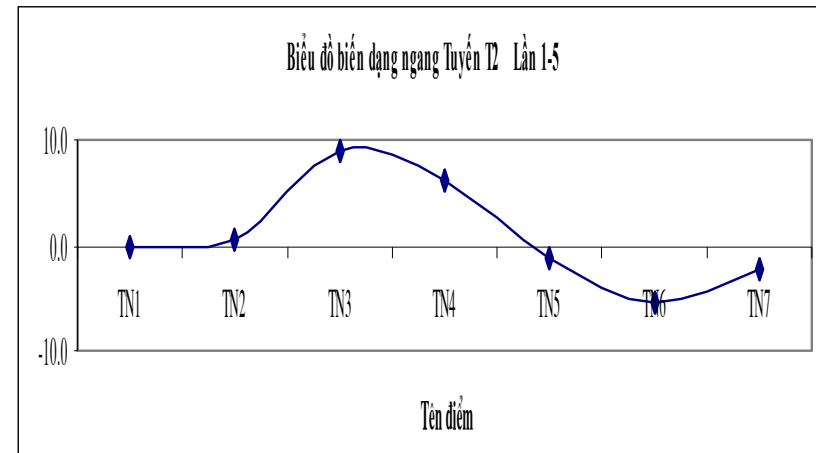
Hình 3.29: Biểu đồ tốc độ dịch chuyển tuyến 1 sau 5 lần quan trắc



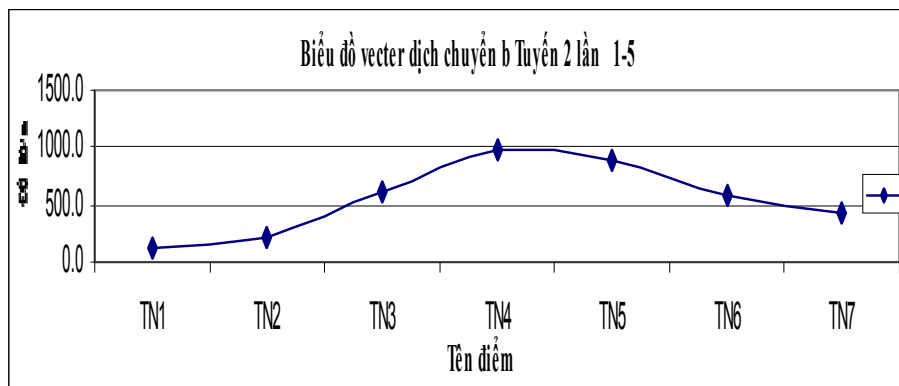
Hình 3.30: Biểu đồ độ lún tuyến 2 sau 5 lần quan trắc



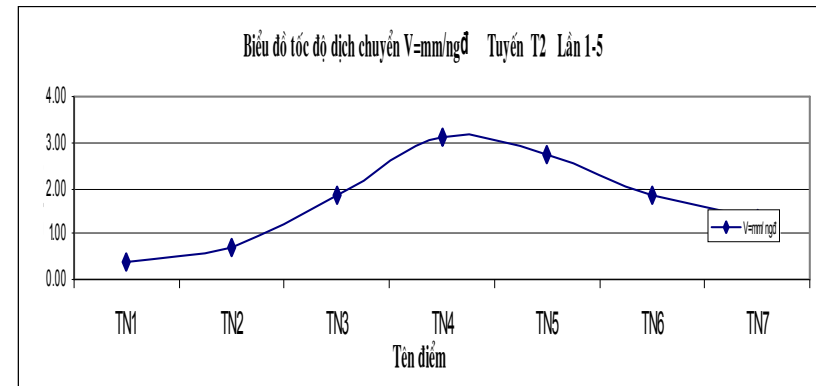
Hình 3.31: Biểu đồ biến dạng ngang tuyến 2 sau 5 lần quan trắc



Hình 3.32: Biểu đồ véc tơ dịch chuyển tuyến 2 sau 5 lần quan trắc



Hình 3.33: Biểu đồ tốc độ dịch chuyển tuyến 2 sau 5 lần quan trắc



Kết quả quan trắc cho thấy khu vực trung tâm bờ Trụ Nam dịch chuyển xảy ra đều từ cao trình +278÷+60m, tốc độ dịch chuyển V có xu hướng tăng dần từ cao trình +260m xuống đáy mỏ. Tại khu vực này tốc độ dịch chuyển đạt từ 0,10÷13,05mm/ng tuyến QT.T1 và từ 0,2÷8,20mm/ng tuyến QT.T2 Tại cao trình +50÷60m dịch chuyển đạt tốc độ lớn nhất, đây là khu vực chịu ảnh hưởng lớn nhất của công tác khai thác là trụ trực tiếp của vỉa than.

Trong thời gian quan trắc (từ tháng 8/2013÷7/2014) đáy mỏ đang tiếp tục xuống sâu, trước đó trong quý 1 năm 2013 mỏ đã tiến hành xử lý bốc xúc một phần bờ Trụ trong phạm vi từ cao trình +75÷+150m (hình 3.34) dẫn đến tốc độ dịch chuyển tại khu vực này giảm, bờ mỏ ở trạng thái ổn định tạm thời. Để đảm bảo an toàn cho quá trình khai thác xuống sâu cần duy trì quan trắc và có giải pháp xử lý khi tốc độ dịch chuyển  $V_{\max} > 10,00\text{mm/ng}$ .



Hình 3.34: Khoan xử lý bốc xúc sườn tầng +150÷+75m

### **3.3. Nguyên nhân trượt lở bờ Trụ Nam**

#### **3.3.1. Trình tự khai thác mỏ Đèo Nai.**

Theo dự án mở rộng mỏ Đèo Nai năm 2008, sẽ khai thác hết vỉa G.1 thuộc khu vỉa chính mở rộng đến tuyến địa chất T.XXXIII (thuộc khu vực gằm Tả Ngạn mỏ Cọc Sáu), đến cao trình kết thúc đáy mỏ ở mức - 345m [4].

Từ nay đến năm 2020 mỏ than Đèo Nai khai thác vỉa G.I khu vực vỉa Chính từ Tuyến địa chất T.XIII đến T.XXVIII đáy mỏ kết thúc ở mức -330m. Khu vực Tây Nam khai trường vỉa Chính đến tuyến địa chất T.XX (phần phía Tây của bờ Trụ Nam hiện tại) sẽ nằm trong biên giới khai trường Nam Lộ Trí.

Theo thiết kế bờ Trụ Nam khai trường via Chính kết thúc đáy mỏ ở mức -330m có chiều cao từ 425÷475m. Quá trình khai thác bờ Trụ Nam được thiết kế bám Trụ liên tục ( $\alpha = \beta^0$ ).

Trình tự khai thác trong một khu vực khai trường mỏ Đèo Nai được tiến hành đồng thời xuống sâu và đẩy ngang theo hướng từ Tây sang Đông.

Hiện nay, đáy mỏ khu vực via Chính ở mức -130m, bờ Trụ Nam có chiều cao lớn nhất 385m, góc dốc toàn bờ  $\alpha = 24^0$  (Tuyến T.1). Tại khu vực này đáy mỏ kết thúc ở mức -180m, đáy mỏ hiện nay so với kết thúc còn xuống sâu tiếp 50m. Tại khu vực tuyến T.1 khi kết thúc bờ mỏ có chiều cao  $H = 430m$ . Sang phía Đông khu vực tuyến địa chất T.2; T.XVII, cao trình đáy mỏ hiện tại ở mức -130m, tại khu vực này bờ mỏ có chiều cao  $H = 380m$ ,  $\alpha = 23^0$ . Khi kết thúc khu vực này đáy mỏ ở cao trình -250m như vậy bờ mỏ có chiều cao  $H = 500m$ . Tại trung tâm của khai trường via chính (T.XXII) đáy mỏ kết thúc tại mức -330m, khi đó bờ mỏ có chiều cao  $H = 472m$ .

Từ kết quả tổng hợp ở trên cho thấy trong những năm tới chiều sâu đáy mỏ sẽ tăng thêm (từ mức -130 hiện nay đến mức -330m khi kết thúc) nhưng chiều cao bờ mỏ thay đổi không nhiều (do cao trình địa hình bề mặt giảm khi sang phía Đông).

### **3.3.2. Đánh giá hiện trạng ổn định bờ Trụ Nam**

Bờ Trụ Nam có chiều dài khoảng 1000m. Cao trình đỉnh bờ lớn nhất ở mức +283m, cao trình đáy bờ thấp nhất ở mức -130m, bờ mỏ có chiều cao lớn nhất  $H = 413m$ . Góc dốc của toàn bờ thay đổi từ 23÷24<sup>0</sup>.

Khảo sát chi tiết theo tuyến T.2 vuông góc với bờ mỏ cho thấy: bờ Trụ Nam cắt thành 4 tầng từ trên xuống lần lượt được tổng hợp trong bảng 3.17.

Kết quả khảo sát cho thấy: Từ mức +66÷+280m, sườn tầng được cắt có góc dốc tương đương góc dốc lớp ( $\alpha \sim \beta = 23\div 26^0$ ), chiều cao các tầng  $h_{1,2,3} = 50\div 85m$ . Từ mức +66÷-122m (tầng dưới cùng) có chiều cao  $h_4 = 188m > 2h_1$ .

Bảng 3.17: Các tham số tầng khai thác

TT	Vị trí tầng	Cao trình tầng	Các thông số hình học		
			Chiều cao tầng h (m)	Góc dốc sườn tầng $\alpha$ (độ)	Chiều rộng mặt tầng b (m)
1	Tầng thứ 1	+280÷+195	85	26	11
2	Tầng thứ 2	+195÷+ 145	50	23	13
3	Tầng thứ 3	+145÷+ 66	79	25	38
4	Tầng thứ 4	+66÷-122	188	26	

Kết quả quan trắc dịch động tại khu vực từ +66÷+280m trong thời gian qua cho thấy khu vực này đang ở trạng thái ổn định tạm thời, khe nứt đỉnh trượt và khu vực từ +240÷+260m không phát triển thêm. Để đánh giá ổn định bờ Trụ Nam đã tiến hành kiểm toán ổn định theo 4 tuyến đặc trưng là các tuyến: T.1; T.2; T.3; T.XIV với các đặc trưng tính toán được lựa chọn như sau:

- Hệ số dự trữ đưa vào tính toán được chọn  $n = 1,10$
- Các chỉ tiêu cơ lý được lấy theo kết quả thí nghiệm bổ sung năm 2013

Khối lượng thể tích:  $\gamma = 2,60 \text{ T/m}^3$ ;

Góc ma sát trong theo tiếp xúc lớp trong đá bột kết:  $\varphi' = 19^0$ ;

Lực dính kết theo tiếp xúc lớp trong đá bột kết:  $C' = 7,20 \text{ T/m}^2$ ;

Góc ma sát trong cát lớp:  $\varphi = 30^0$ ;

Lực dính kết cát lớp:  $C = 32 \text{ T/m}^2$ .

- Nước dưới đất tồn tại trong bờ Trụ dưới dạng thủy tĩnh, cao trình mực nước đến +120m.

Tính toán được thực hiện trong điều kiện dự báo rằng từ cao trình +70m trở lên quá trình bốc xúc xử lý Trụ đã hạ thấp mực nước ngầm trong bờ Trụ do các tầng chứa nước hạt thô cát, sạn kết được bóc lộ, với góc nghiêng đồng đẳng bề mặt từ  $12\div 14^0$  so với góc nghiêng của lớp đá.



Tính toán ổn định cho bờ Trụ Nam được thực hiện theo mô hình trượt phẳng. Phần trên mặt trượt trùng với mặt tiếp xúc bột kết - sạn kết (cát kết), phần chân cắt lớp với góc  $\theta = 45^0 - \varphi/2$ .

Các tính toán được thực hiện theo 2 phương pháp cộng đại số các lực và tổng hợp lực. Theo lý thuyết cân bằng giới hạn độ ổn định của bờ mở được xác định theo công thức tổng quát:

$$n = \frac{\sum_i (N_i - D_i) \text{tg} \varphi_i + \sum_i C_i L_i}{\sum_i T_i} \quad (3.12)$$

Trong đó:  $N_i$  - Lực giữ pháp tuyến, T/m;

$T_i$  - Lực trượt, T/m;

$D_i$  - Lực thủy tĩnh, T/m;

$\varphi_i$  - Góc ma sát trong của khối đá, độ;

$C_i$  - Lực dính kết trong nguyên khối, T/m<sup>2</sup>;

$L_i$  - Chiều dài cung trượt, m.

Độ ổn định của bờ mở được đảm bảo khi  $n \geq 1$ .

Kết quả tính ổn định theo các tuyến bờ Trụ Nam hiện trạng được tổng hợp trong bảng 3.18, 3.19

*Bảng 3.18: Tổng hợp kết quả tính toán ổn định bờ Trụ Nam hiện trạng*

TT	Tuyến tính toán	Chiều cao bờ, H (m)	Góc dốc bờ $\alpha$ (độ)	Hệ số ổn định, n
1	Tuyến T.1	385	24	0,96
2	Tuyến T.2	372	25	0,99
3	Tuyến T.3	325	23	1,00
4	Tuyến T.XIV	375	23	0,98
<i>TB</i>		<i>364</i>	<i>24</i>	<i>0,983</i>

Bảng 3.19: Kết quả tính toán độ ổn định bờ Trụ Nam hiện trạng

Tuyến tính toán	Khối tính	$\alpha_i$ độ	$P_i$ T/m	$Cl_i$ T/m	$N_i-F_i$ T/m	$T_i$ T/m	Hệ số ổn định n
T.XIV-NĐN H = 325m $\alpha = 22^0$	1	25	8892,0	928,8	8091,7	4001,4	0,98
	2	25	25727,0	1900,8	18451,6	11577,2	
	3	25	23067,2	1432,8	15960,2	10380,2	
	3'	0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	4	5	9198,8	3936,0	6123,8	827,9	
T.1-NĐN H = 385m $\alpha = 24^0$	1	25	11096,8	1231,2	10098,1	4660,7	0,96
	2	25	16499,6	1188,0	15014,6	6929,8	
	3	25	29203,2	1620,0	24482,4	12265,3	
	4	25	28116,4	2440,8	20331,4	11808,9	
	4'	0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	5	5	4846,4	3000,0	4226,4	436,2	
T.2-NĐN H = 380m $\alpha = 25^0$	1	25	8018,4	1087,2	7296,7	3367,7	0,99
	2	25	15514,2	1764,0	13386,9	6516,0	
	3	25	28914,6	2743,2	21212,3	12144,1	
	3'	0	0,0	1312,0	0,0	0,0	
	4	5	4508,4	2272,0	3663,5	405,8	
T.3-NĐN H = 325m $\alpha = 23^0$	1	23	20740,2	1800,0	19081,0	8088,7	1
	2	23	22729,2	1663,2	20125,5	8864,4	
	3	23	15919,8	1245,6	12293,4	6208,7	
	4	28	10277,8	676,8	7126,9	4830,6	
	4'	0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	5	5	6203,6	3072,0	5224,4	558,3	

Từ các kết quả tính ổn định thu được cho thấy bờ Trụ Nam trong những năm qua đã được mở bóc xúc xử lý từ mức +70÷+195m, tại khu vực này đã đưa góc

dốc của sườn tầng về gần với góc dốc mặt lớp dẫn tới độ ổn định chung cho toàn bờ được tăng lên đạt gần giá trị giới hạn  $n = 0,983$ .

Biến dạng hiện nay phát triển chủ yếu tại khu vực chân bờ phía Đông từ mức +00 đến đáy khai trường ở mức -120m. Từ mức +70m trở xuống đáy mỏ, góc dốc sườn tầng được tạo bằng góc dốc mặt lớp ( $\alpha = \beta = 28 \div 30^0$ ) với chiều cao tầng  $h = 150 \div 180m$  vượt quá chiều cao ổn định giới hạn cho phép khi cắt tầng với góc dốc sườn trằng bằng góc dốc lớp ( $h_{gh} \leq 120m$ ).

### **3.3.3. Đánh giá ổn định bờ Trụ Nam theo thiết kế**

Theo thiết kế khu vỉa Chính kết thúc ở mức -330m, chiều sâu đáy mỏ tăng dần từ Tây sang Đông: Mức -200m khu vực tuyến T.XIV, mức -250m khu vực tuyến T.XVII và sâu nhất -330m khu vực tuyến T.XXII. Tại các khu vực này khi kết thúc bờ mỏ có chiều cao từ 450÷480m. Theo thiết kế bờ Trụ Nam bám trụ liên tục ( $\alpha = \beta$ ).

Hiện trạng (kết thúc 2013) đáy mỏ ở mức -130m khu vực tuyến T.XIV, khu vực này trong thời gian tới tiếp tục xuống sâu đến kết thúc còn 70m.

Đánh giá ổn định bờ Trụ Nam khu vỉa Chính được thực hiện theo các tuyến địa chất: T.XVII; TXXII, với giả thiết là nước ngầm tầng trữ trong địa tầng bờ trụ Nam dưới dạng không áp đến cao trình +00m khi khai thác cắt vào đứt gãy K.

Kết quả tính toán theo sơ đồ trượt phẳng, mặt trượt trùng với mặt lớp ở phần trên và cắt chân bờ ở phần giưới theo góc  $\theta = 45^0 - \varphi/2$  (tương tự như sơ đồ tính toán với bờ hiện trạng mục 3.3.2).

Kết quả tính toán được thực hiện bằng phương pháp đa giác lực và cộng đại số các lực. Kết quả tính ổn định được tổng hợp trong bảng 3.20 và bảng 3.21.

Từ kết quả tính toán ở bảng 3.9 và 3.10 cho thấy bờ Trụ Nam khu Vỉa Chính khai thác bám trụ lên tục đến kết thúc -330m không đảm bảo ổn định, hệ số ổn định  $n = 0,67 \div 0,78$ . Để đảm bảo ổn định cho bờ Trụ Nam cần có giải pháp xử lý phù hợp với điều kiện khai thác của mỏ Đèo Nai.

*Bảng 3.20: Tổng hợp kết quả tính toán ổn định bờ Trụ Nam đến mức -330 m theo thiết kế*

STT	Tuyến tính toán	Chiều cao bờ H (m)	Góc dốc bờ $\alpha$ (độ)	Hệ số ổn định n
1	Tuyến T.XVII	432	25	0,78
2	Tuyến T.XXII	455	25	0,67
<i>TB</i>		<i>432÷455</i>	<i>25</i>	<i>0,725</i>

*Bảng 3.21: Kết quả tính ổn định theo thiết kế bám trụ đến kén kết thúc*

Tuyến tính toán	Khôi tính	$\alpha_i$ độ	$P_i$ T/m	$Cl_i$ T/m	$N_i-F_i$ T/m	$T_i$ T/m	Hệ số ổn định n
T-XXII.NĐN H = 455m $\alpha = 25^\circ$	1	29	7022,6	1058,4	6301,6	3441,1	0,67
	2	29	24879,4	1648,8	9527,7	12190,9	
	3	25	38844,0	2174,4	15030,4	16314,5	
	4	33	22401,6	1152	7979,1	12320,9	
	4'	0	0,0	0		0,0	
	5	5	14580,8	6528	9947,1	1312,3	
T-XVII.NĐN H = 432m $\alpha = 25^\circ$	1	23	18002,4	1764	6301,6	7020,8	0,78
	2	23	19596,2	1461,6	9527,7	7642,4	
	3	23	21052,2	1353,6	15030,4	8210,3	
	4	31	32037,2	1929,6	7979,1	16659,2	
	4'	0	0	1600		0,0	
	5	5	7801	3808	9947,1	675,1	

### **3.3.4. Nguyên nhân trượt lở bờ Trụ Nam**

Như đã trình bày ở trên bờ Trụ Nam được cấu tạo bởi các lớp đá cắm vào không gian khai thác với góc dốc từ mức +200m trở lên  $\beta = 20 \div 25^\circ$ , từ mức +200m

đến đáy mỏ  $\beta = 25\div 33^0$ . Trong cấu tạo bờ mỏ đến độ sâu 100m có mặt 3 loại đá chính là: Bột kết; Cát kết; Sạn kết. Các lớp đá phân bố chình hợp với nhau.

Các loại đá bột kết, cát kết có cấu tạo phân lớp từ mỏng đến trung bình, chiều dày lớp từ 5÷10m. Đá sạn kết có cấu tạo phân lớp dày, chiều dày lớp từ 10÷50m. Sạn kết là lớp đá phân bố dưới cùng của địa tầng.

Kết quả nghiên cứu qua các giai đoạn 1985÷1990; 2012÷2013 do Viện Khoa học Công nghệ Mỏ hợp tác với Viện Địa cơ học và Trắc địa Mỏ Cộng hoà liên bang Nga (BNIMI) [7]; [8] đã xác định nguyên nhân trượt lở bờ Trụ Nam được quyết định bởi cấu trúc địa tầng bất lợi, đất đá cấu tạo bờ mỏ cắm vào không gian khai thác với góc dốc  $\beta > 20^0$ , trong địa tầng tồn tại các mặt yếu tự nhiên theo tiếp xúc giữa các lớp đá. Độ bền theo tiếp xúc lớp thấp. Dẫn tới chiều cao bờ mỏ vượt quá chiều cao ổn định giới hạn cho phép khi tạo góc dốc của bờ bằng góc dốc lớp ( $\alpha = \beta$ ); quá trình khai thác đã cắt chân các lớp đá.

Trong quá trình thăm dò khai thác từ năm 2003 đến nay cho thấy về mặt cấu trúc địa tầng bờ Trụ Nam hầu như không thay đổi. Sự thay đổi chủ yếu là sự duy trì xuống sâu và phát triển sang phía Đông của chòm vỉa G. Theo thiết kế trước năm 2000, vỉa GI được khai thác kết thúc đến -90m. Năm 2008 thiết kế đã được điều chỉnh vỉa GI được khai thác đến độ sâu -330m và mở rộng sang phía Đông gồm khu Tả Ngạn mỏ Cọc Sáu, tạo thành khai trường Vĩa Chính và Vĩa Chính mở rộng.

Theo thiết kế kết thúc đáy mỏ -330m bờ Trụ Nam bám trụ liên tục với góc dốc của bờ bằng góc dốc lớp ( $\alpha = \beta$ ) đến kết thúc.

Kết quả khảo sát hiện trường cho thấy hiện trạng đáy mỏ ở mức -130m, xuống sâu thêm so với năm 2003 (-90) 40m, cơ chế biến dạng vẫn duy trì và phát triển theo mặt lớp, phạm vi biến dạng xảy ra tại bờ Trụ Nam gia tăng và mở rộng sang phía Đông.

Theo phương án xử lý đảm bảo ổn định cho bờ Trụ Nam đến -90m đã kiến nghị để đảm bảo ổn định cho bờ Trụ Nam cần hạ thấp góc dốc của bờ Trụ bằng giải

pháp cắt tầng vào Trụ với chiều cao của tầng  $H_t = 100\text{m}$ , góc dốc sườn tầng bằng góc dốc mặt lớp ( $\alpha = \beta$ ).

Trong những năm khai thác vừa qua bờ Trụ Nam vẫn liên tục trượt lở, để tiếp tục xuống sâu mỏ đã tiến hành xử lý tại các khu vực trượt lở. Kết quả xử lý từ năm 2005 đến nay với khối lượng 3 triệu  $\text{m}^3$  đã hình thành trên bề mặt bờ Trụ Nam khu trung tâm các tầng ở các mức từ dưới lên lần lượt mức: +72; +145; +195m, với góc dốc sườn tầng gần bằng góc dốc mặt lớp ( $\alpha \sim \beta$ ). Chiều cao các tầng thay đổi từ 50÷188m. Trong đó tầng dưới cùng từ mức +72 đến lộ vỉa G.I ở mức -116m có chiều cao  $H_t = 188\text{m}$ , góc dốc sườn tầng  $\alpha = \beta = 28\div 30^\circ$ . Kết quả kiểm toán độ ổn định bờ Trụ Nam hiện trạng cho hệ số ổn định  $n = 0,983$  bờ trụ ở trạng thái ổn định tạm thời.

Kết quả tính ổn định bờ trụ Nam theo thiết kế kết thúc đáy mỏ ở mức -345m với cơ chế trượt xảy ra theo cơ chế trượt phẳng, mặt trượt trùng với mặt phân lớp trong đá bột kết ở độ sâu từ 50÷60m. Kết quả tính độ ổn định cho kết quả hệ số ổn định  $n = 0,725$ .

Trên cơ sở tập hợp toàn bộ các kết quả thăm dò khảo sát nghiên cứu đã được bổ sung từ năm 2003 đến nay, cho phép lập sơ đồ đánh giá ổn định bờ Trụ Nam theo cơ chế trượt phẳng, nguyên nhân gây mất ổn định được quyết định bởi các yếu tố sau:

1. Cấu trúc địa tầng của bờ trụ Nam không có lợi đối với ổn định, các lớp đá cấu tạo bờ mỏ cắm vào không gian khai thác với góc dốc  $\beta = 25\div 33^\circ$ , trong địa tầng tồn tại các mặt giảm yếu tự nhiên theo tiếp xúc giữa các lớp và phân lớp trong đá bột kết phân bố ở độ sâu từ 50÷60m so với trụ vỉa G.I. Trong địa tầng tầng trữ nước ngầm không được tháo khô tạo nên áp lực thuỷ tĩnh tác dụng lên mặt trượt dẫn đến làm giảm độ ổn định chung của bờ trụ Nam

2. Góc nghiêng của bờ trụ Nam không phù hợp với cấu tạo địa chất và tính chất bền của các loại đá cấu tạo bờ mỏ đặc biệt là độ bền theo tiếp xúc giữa các phân lớp trong đá bột kết. Chiều cao của bờ vượt quá chiều cao ổn định giới hạn cho phép khi tạo góc dốc của bờ bằng góc dốc mặt lớp.

3. Quá trình xuống sâu khai thác làm cho chiều cao bờ mỏ ngày càng tăng trong điều kiện đất đá bị giảm yếu cấu trúc do ảnh hưởng của công tác khoan nổ mìn đường kính lớn (230÷250 mm). Bên cạnh đó, công tác cắt tầng với các thông số HTKT chưa phù hợp với điều kiện địa kỹ thuật của từng khu vực trên bờ mỏ. Đây là một nguyên nhân cơ bản tạo nên trượt lở tầng dẫn đến biến dạng toàn bờ.

### **3.4. Phân tích các giải pháp xử lý đã được kiến nghị**

Vào các năm 1990 và năm 2003 Viện KHCN Mỏ đã hợp tác với Viện BNIMI (Cộng hoà Liên Bang Nga) [7]; [8] tiến hành nghiên cứu đánh giá ổn định bờ trụ Nam. Kết quả nghiên cứu đã xác định nguyên nhân trượt lở bờ Trụ Nam được quyết định bởi cấu trúc địa tầng bất lợi, các lớp đá cấu tạo bờ Trụ cắm vào không gian khai thác với góc dốc  $\beta > 20^0$ , trong địa tầng tồn tại các mặt yếu, chiều cao bờ mỏ vượt quá chiều cao cho phép theo tính chất của đất đá cấu tạo bờ mỏ, khai thác cắt chân lớp đá; từ đó đã kiến nghị giải pháp xử lý đảm bảo ổn định cho bờ trụ Nam khai thác kết thúc ở mức -90m là khai thác không cắt chân lớp đá, gia công sườn tầng theo mặt lớp.

Kết quả tính toán cho thấy chiều cao giới hạn ổn định của tầng khi cắt sườn tầng theo mặt lớp trong điều kiện bờ trụ Nam phụ thuộc vào góc dốc của lớp đá và thay đổi từ 50÷100m.

Tính toán được thực hiện trong điều kiện dự báo quá trình khai thác và trượt lở trong những năm qua đã hạ thấp cao trình nước ngầm trong lòng bờ mỏ. Từ đó cho phép thiết kế điều chỉnh góc dốc của bờ trụ Nam bằng giải pháp cắt tầng vào trụ với các thông số như sau:

Từ cao trình + 40m trở xuống bám trụ; từ cao trình + 40m trở lên cắt tầng vào trụ với chiều cao tầng  $H_t = 100m$ , góc dốc sườn tầng bằng góc dốc lớp  $\alpha_t = \beta = 20\div 30^0$ , chiều rộng mặt tầng  $b_t = 20\div 30m$ . Khi đó độ ổn định của bờ Trụ được đảm bảo với hệ số ổn định  $n = 1,01\div 1,04$ .

Để đảm bảo ổn định cho bờ trụ Nam cần thực hiện các giải pháp đã được kiến nghị. Tuy nhiên, trong quá trình khai thác từ năm 2004 đến năm 2013 và sau này bờ Trụ Nam được mở rộng sang phía Đông đến 400m và xuống sâu thêm 200m

(từ +60 xuống -140). Nhưng giải pháp xử lý không được thực hiện theo đúng trình tự. Việc xử lý trụ được thực hiện mang tính chất tạm thời; dẫn đến trượt lở bờ Trụ Nam vẫn phát triển ảnh hưởng đến trình tự xuống sâu, khai trường bị thu hẹp, không đảm bảo an toàn cho công tác mỏ. Tồn tại thấy được hiện nay là tại khu vực mức -50m đất đá trụ trượt tồn đọng một khối lượng lớn đè lên lộ vỉa dẫn tới việc xuống sâu trong thời gian tới để phát triển khai thác sang phía Đông sẽ rất khó khăn.

### **3.5. Kết luận và kiến nghị**

1. Bờ Trụ Nam hiện trạng kết thúc đáy mỏ ở cao trình -130m ở trạng thái ổn định giới hạn với hệ số ổn định  $n = 0,983$ . Tại khu vực từ cao trình +200÷280m bề mặt địa hình bị nứt nẻ mạnh, các khe nứt xuất hiện từ những năm trước nay tạm thời không phát triển thêm. Kết quả quan trắc dịch động trên cao trình từ +60 ÷ +278m cho giá trị vận tốc dịch chuyển  $V_{max} < 10,0\text{mm/ngày}$ .

2. Nguyên nhân trượt lở bờ Trụ Nam bao gồm các yếu tố sau:

- Góc nghiêng của bờ không phù hợp với cấu tạo địa chất và tính chất bền của các loại đá cấu tạo bờ mỏ;
- Trong địa tầng bờ Trụ cao trình mực nước ngầm được bảo tồn cao;
- Quá trình khai thác đã cắt chân lớp đá bờ Trụ.

3. Kết quả tính toán ổn định bờ Trụ Nam khai thác đến kết thúc theo thiết kế (kết thúc khai trường khu vỉa Chính mức -330m) bám Trụ liên tục với chiều cao  $H > 400\text{m}$ , không đảm bảo độ ổn định nên cần điều chỉnh góc dốc của bờ Trụ nhỏ đi.



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đình Bé, Vương Trọng Kha (2000), *Dịch chuyển và biến dạng đất đá trong khai thác mỏ*, NXB Giao thông vận tải, Hà nội.
2. Kiều Kim Trúc (1996), *Nghiên cứu sự biến dạng bờ mỏ và các biện pháp điều khiển hợp lý*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Mỏ- Địa chất, Hà Nội.
3. *Nghiên cứu ổn định bờ trụ Nam mỏ than Đèo nai (1995)*, Viện KHKT Mỏ, Bộ Mỏ và Than.
4. *Nghiên cứu ổn định bờ mỏ than Lộ thiên Việt Nam (2003)*, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin.
5. *Phân tích ổn định bờ trụ mỏ than Đèo nai Việt Nam (2012)*, Học Viện Mỏ - Luyện kim Kracov Balan.
6. *Báo cáo kết quả khoan giảm áp bờ trụ Nam mỏ than Đèo nai (2013)*, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin.
7. TCVN: 10673:2015 - Trắc địa mỏ.
8. Viện Khoa học Công nghệ Mỏ, Vinacomin (2016), *Báo cáo kết quả quan trắc dịch động bờ trụ Nam mỏ than Đèo nai (2014- 2016)*, Hà Nội.