

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

NGUYỄN HỮU SÀ

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN
ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA KẾT CẤU CHỐNG GIỮ ĐƯỜNG LÒ
PHÍA DƯỚI TẠI VÙNG THAN QUẢNG NINH**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2026

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

NGUYỄN HỮU SÀ

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN
ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA KẾT CẤU CHỐNG GIỮ ĐƯỜNG LÒ
PHÍA DƯỚI TẠI VÙNG THAN QUẢNG NINH

Ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình ngầm

Mã số: 9580204

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Người hướng dẫn khoa học:

1 - PGS.TS. Đặng Văn Kiên

2 - PGS.TS. Đào Viết Đoàn

HÀ NỘI - 2026

LỜI CAM ĐOAN

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

Tác giả luận án

Nguyễn Hữu Sà

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu sinh xin trân trọng cảm ơn Bộ môn Xây dựng Công trình ngầm & Mỏ, đặc biệt là hai thầy hướng dẫn PGS.TS. Đặng Văn Kiên và PGS.TS. Đào Viết Đoàn đã tận tình hướng dẫn trong suốt quá trình nghiên cứu. Xin cảm ơn gia đình đã luôn động viên, đồng hành; cảm ơn Lãnh đạo Trường Đại học Mỏ – Địa chất cùng Phòng Đào tạo Sau đại học đã tạo điều kiện thuận lợi về thủ tục và tổ chức trong quá trình thực hiện và bảo vệ luận án.

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC BẢNG BIỂU	vii
DANH MỤC HÌNH ẢNH.....	viii
DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT	xiii
DANH MỤC KÝ HIỆU	xiv
MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của đề tài.....	1
2. Mục tiêu nghiên cứu	2
3. Đối tượng nghiên cứu	2
4. Phạm vi nghiên cứu	2
5. Nội dung nghiên cứu.....	2
6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài luận án	2
7. Phương pháp nghiên cứu	3
8. Những điểm mới của luận án.....	3
9. Các luận điểm bảo vệ.....	4
10. Cơ sở dữ liệu.....	4
11. Cấu trúc của luận án	4
CHƯƠNG 1.....	5
TỔNG QUAN VỀ BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ VÀ CÁCH TÍNH ÁP LỰC TÁC DỘNG LÊN KẾT CẤU ĐƯỜNG LÒ.....	5
1.1. Tổng quan chung về BTBM trong khai thác mỏ than	5
1.1.1. Các dạng bãi thải mỏ	5
1.1.2. Đặc điểm hình thành và nguồn gốc đất đá bãi thải	9
1.2. Hiện trạng các vỉa than dưới bãi thải mỏ khu Cẩm Phả Quảng Ninh.....	14

1.3. Tổng quan về phương pháp tính nội lực KCC thép chống giữ đường lò	16
1.4. Hiện trạng các đường lò bị biến dạng nén bẹp dưới khu vực bãi thải mặt mỏ (xem PL 2)	25
Kết luận chương 1	25
CHƯƠNG 2.....	26
XÂY DỰNG MÔ HÌNH SỐ MÔ PHỎNG BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ VÀ ĐƯỜNG LÒ NẪM DƯỚI BÃI THẢI.....	26
2.1. Tổng quan	26
2.2. Xây dựng mô hình số	26
2.2.1. Kích thước mô hình.....	27
2.2.2. Xây dựng lưới phần tử hữu hạn và gán điều kiện biên ban đầu.....	28
2.3. Kiểm chứng mô hình	30
2.3.1. Phương pháp giải tích bài toán trong bán không gian vô hạn chịu tải trọng trên bề mặt	30
2.3.2. Khảo sát chiều sâu giới hạn và sự phù hợp của kích thước mô hình kiểm chứng	33
2.3.3 Xây dựng mô hình kiểm chứng	35
2.3.4 Kết quả kiểm chứng.....	36
2.4. Các trường hợp nghiên cứu	39
2.4.1 Hình dạng kích thước đường lò dưới bãi thải và KCC	39
2.4.2. Trường hợp ảnh hưởng của TLTT đất đá thải đến ứng xử KCC	41
2.4.3. Trường hợp ảnh hưởng của CCBT đến ứng xử cơ học của KCC	43
2.4.4. Trường hợp ảnh hưởng của vị trí đặt đường lò với bãi thải đến ứng xử cơ học của KCC	44
Kết luận chương 2.....	45
CHƯƠNG 3.....	46

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA KẾT CẤU CHỐNG GIỮ ĐƯỜNG LÒ.....	46
3.1. Ảnh hưởng của TLTT đất đá thải đến ứng xử cơ học KCC	46
3.2. Ảnh hưởng của CCBT đến ứng xử cơ học của KCC	49
3.3. Ảnh hưởng của vị trí tương đối giữa đường lò và bãi thải đến ứng xử cơ học của KCC.....	56
Nhận xét.....	67
Kết luận chương 3.....	68
CHƯƠNG 4.....	70
NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI ĐẾN ỨNG XỬ CỦA KẾT CẤU CHỐNG THÉP CHO ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI MỎ THAN MÔNG DƯƠNG QUẢNG NINH	70
4.1 Tổng quan	70
4.2. Điều kiện bãi thải mỏ than Mông Dương.....	71
4.3. Xây dựng mô hình và điều kiện đầu vào	72
4.4 Kết quả ảnh hưởng của CCBT đến nội lực trong KCC thép đường lò hình tròn	76
4.5. Kết quả ảnh hưởng của CCBT đến nội lực trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt.....	78
4.6. Kết quả ảnh hưởng của CCBT đến nội lực trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền	80
Kết luận chương 4.....	83
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	84
Kết luận.....	84
Kiến nghị.....	85
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ	87
LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN CỦA NGHIÊN CỨU SINH.....	87

Bài báo tạp chí trong nước	87
Bài báo hội nghị quốc gia	87
Bài báo tạp chí nước ngoài	87
TÀI LIỆU THAM KHẢO	88
Tiếng Việt	88
Tiếng Anh	91
PHỤ LỤC	95
Phụ lục chương 1	95
PL 1. Mặt cắt địa chất.....	95
PL 2. Hiện trạng các đường lò bị biến dạng nén bẹp dưới khu vực bãi thải mặt mỏ	98
Phụ lục chương 3	102
Phụ lục chương 4	118

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Tổng hợp tính chất cơ lý của các loại đá nguyên khối [28]	10
Bảng 1.2. Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định KLTT đá thải ở trạng thái tự nhiên và bão hòa [28]	11
Bảng 1.3. Các thông số ổn định đề xuất thiết kế bãi thải vùng Quảng Ninh [28]	11
Bảng 1.4. Các thông số tầng thải và cỡ hạt đất đá thải [28]	13
Bảng 2.1. Các thông số đầu vào của khối đá trong mô hình	30
Bảng 2.2. Tham số đầu vào của đường lò và kết cấu chống thép SVP33	40
Bảng 3.1. Sự sai biệt về M lớn nhất trong KCC khi thay đổi CCBT	55
Bảng 3.2. Sự sai biệt về N lớn nhất trong KCC khi thay đổi CCBT	55
Bảng 3.3. Sự sai biệt về M lớn nhất khi không có bãi thải và có bãi thải ở các vị trí 1, 2, 3, 4, 5	61
Bảng 3.4. Sự sai biệt về N lớn nhất khi không có bãi thải và có bãi thải ở các vị trí 1, 2, 3, 4, 5	63
Bảng 3.5. Sự sai biệt về M lớn nhất ứng với các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1	65
Bảng 3.6. Sự sai biệt về N lớn nhất ứng với các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1	67
Bảng 4.1. Tham số đầu vào của khối than đá	75
Bảng 4.2. Tham số đầu vào đường lò và KCC vì thép	75

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1. Các dạng cơ bản địa hình nền bãi thải [22], [25]	7
Hình 1.2. Sơ đồ sử dụng bãi thải tạm [22]	7
Hình 1.3. Sơ đồ mặt cắt bãi thải một hình thang [42]	8
Hình 1.4. Bãi thải mở tại tỉnh Sơn Tây Trung Quốc	15
Hình 1.5. Bãi thải mở tại khu vực Quý Châu Trung Quốc.....	16
Hình 1.6. Một số dạng KCC thép chống giữ đường lò [24].....	17
Hình 1.7. Sơ đồ tải trọng và biểu đồ M, N đường lò hình móng ngựa [71].....	19
Hình 1.8. Sơ đồ tải trọng và biểu đồ M, N tính đường lò hình tròn [71]	20
Hình 1.9. Sơ đồ tải trọng và biểu đồ M, N đường lò hình tang trống [71]	21
Hình 1.10. Quy trình tính toán KCC đường lò theo phương pháp chuyển vị	22
Hình 1.11. Phương pháp tính chuyển vị đường lò trong điều kiện áp lực lớn, điều kiện địa chất phức tạp.....	23
Hình 1.12. Phương pháp quy đổi áp lực lên biên lò từ chuyển vị.....	23
Hình 2.1. Mô hình số bài toán mô phỏng	28
Hình 2.2. Chia lưới và cố định biên trong mô hình.....	29
Hình 2.3. Bài toán bán không gian vô hạn đàn hồi [42].....	31
Hình 2.4. Quan hệ giữa ứng suất Sigma z và Sigma x với độ sâu	34
Hình 2.5. Quan hệ giữa tỷ lệ suy giảm ứng suất Sigma z và Sigma x với độ sâu....	34
Hình 2.6. Mô hình bài toán kiểm chứng.....	36
Hình 2.7. Phân bố ứng suất sigma y theo phương đứng	37
Hình 2.8. Đường cong phân bố ứng suất theo phương đứng	37
Hình 2.9. Kết quả kiểm chứng giá trị ứng suất bằng giải tích và phần mềm.....	38
Hình 2.10. Mô hình nghiên cứu với hình dạng đường lò hình tròn	39
Hình 2.11. Mô hình nghiên cứu với hình dạng đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt	40
Hình 2.12. Mô hình trường hợp nghiên cứu thay đổi TLTT đất đá thải	43
Hình 2.13. Mô hình trường hợp nghiên cứu thay đổi CCBT	44
Hình 2.14. Mô hình trường hợp nghiên cứu vị trí đặt đường lò với bãi thải	45

Hình 3.1. Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép ứng với các loại TLTT đất đá trong bãi thải	47
Hình 3.2. Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép ứng với các loại TLTT đất đá trong bãi thải	48
Hình 3.3. Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép ứng với các CCBT	50
Hình 3.4. Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép ứng với các CCBT	51
Hình 3.5. Biểu đồ sai biệt giá trị M ứng với CCBT khác nhau đường lò hình tròn.	52
Hình 3.6. Biểu đồ sai biệt giá trị M ứng với CCBT khác nhau đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt	53
Hình 3.7. Biểu đồ sai biệt giá trị N ứng với CCBT khác nhau trường hợp đường lò hình tròn	53
Hình 3.8. Biểu đồ sai biệt giá trị N ứng với CCBT khác nhau đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt	54
Hình 3.9. Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép ứng với thay đổi vị trí tương quan của đường lò với bãi thải.....	57
Hình 3.10. Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép ứng với thay đổi vị trí tương quan của đường lò với bãi thải.....	58
Hình 3.11. Biểu đồ sai biệt giá trị M tại các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 so với trường hợp không có bãi thải của đường lò hình tròn.....	60
Hình 3.12. Biểu đồ sai biệt giá trị M tại các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 so với trường hợp không có bãi thải của đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt	60
Hình 3.13. Biểu đồ sai biệt N tại các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 so với trường hợp không có bãi thải của đường lò hình tròn	62
Hình 3.14. Biểu đồ sai biệt N tại các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 so với trường hợp không có bãi thải của đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt.....	62
Hình 3.15. Biểu đồ sai biệt giá trị M tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 của đường lò hình tròn	64
Hình 3.16. Biểu đồ sai biệt giá trị M tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 của đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt.....	65

Hình 3.17. Biểu đồ sai biệt giá trị N tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 của đường lò hình tròn	66
Hình 3.18. Biểu đồ sai biệt giá trị N tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 của đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt.....	66
Hình 4.1. Mô hình trường hợp đường lò có hình dạng hình tròn.....	73
Hình 4.2. Mô hình trường hợp đường lò có hình dạng tường thẳng vòm bán nguyệt	74
Hình 4.3. Mô hình trường hợp đường lò có hình dạng tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền.....	74
Hình 4.4. Tổng hợp biểu đồ M trong các trường hợp CCBT đường lò hình tròn....	77
Hình 4.5. Tổng hợp biểu đồ N trong các trường hợp CCBT đường lò hình tròn....	77
Hình 4.6. Tổng hợp biểu đồ M trong các trường hợp CCBT đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt	79
Hình 4.7. Tổng hợp biểu đồ N trong các trường hợp CCBT đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt	79
Hình 4.8. Tổng hợp biểu đồ M trong các trường hợp CCBT đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền	81
Hình 4.9. Tổng hợp biểu đồ N trong các trường hợp CCBT đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền	82
Hình PL 2.1. Hiện tượng biến dạng của đường lò hạ mức -97,5 ÷ -110 K8CT [5]..	99
Hình PL 2.2. Đường lò xuyên vỉa mức -250KD [26]	99
Hình PL 2.3. Nén lún tại lò thượng vận tải 14.5 khu Đông Nam [4]	100
Hình PL 2.4. Hiện tượng biến dạng, lún tại đường lò thượng vận tải 14.5	100
Hình PL 2.5. Mặt cắt ngang chống giữ đường lò than dưới bãi thải tại Núi Béo [6]	101
Hình PL 2.6. Trắc dọc chống giữ đường lò than dưới bãi thải tại Núi Béo [6].....	101
Hình PL 3.1.1. Nội lực trong KCC thép với $\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$	102
Hình PL 3.1.2. Nội lực trong KCC thép với $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$	103
Hình PL 3.1.3. Nội lực trong KCC thép với $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$	104
Hình PL 3.1.4. Nội lực trong KCC thép với $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	105

Hình PL 3.1.5. Nội lực trong KCC thép với $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$	106
Hình PL 3.2.1. Nội lực trong KCC thép với CCBT $h = 0\text{m}$	107
Hình PL 3.2.2. Nội lực trong KCC thép với CCBT $h = 50\text{m}$	108
Hình PL 3.2.3. Nội lực trong KCC chống thép với CCBT $h = 100\text{m}$	109
Hình PL 3.2.4. Nội lực trong KCC thép với CCBT $h = 150\text{m}$	110
Hình PL 3.2.5. Nội lực trong KCC thép với CCBT $h = 200\text{m}$	111
Hình PL 3.2.6. Nội lực trong KCC thép với CCBT $h = 250\text{m}$	112
Hình PL 3.3.1. Nội lực trong KCC thép khi đường lò đặt tại tâm bãi thải.....	113
Hình PL 3.3.2. Nội lực trong KCC thép khi đường lò đặt tại đỉnh sườn bãi thải..	114
Hình PL 3.3.3. Nội lực trong KCC thép khi đường lò đặt tại giữa sườn bãi thải..	115
Hình PL 3.3.4. Nội lực trong KCC thép khi đường lò đặt tại chân bãi thải	116
Hình PL 3.3.5. Nội lực trong KCC thép khi đường lò nằm ngoài phạm vi bãi thải	117
Hình PL 4.4.1. M và N khi chưa có bãi thải đường lò hình tròn	118
Hình PL 4.4.2. M và N khi CCBT cao 50m đường lò hình tròn	118
Hình PL 4.4.3. M và N khi CCBT cao 100m đường lò hình tròn	118
Hình PL 4.4.4. M và N khi CCBT cao 150m đường lò hình tròn	119
Hình PL 4.4.5. M và N khi CCBT cao 200m đường lò hình tròn	119
Hình PL 4.4.6. M và N khi CCBT cao 217m đường lò hình tròn	119
Hình PL 4.5.1. M và N khi chưa có bãi thải đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt	120
Hình PL 4.5.2. M và N khi CCBT 50m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt ..	120
Hình PL 4.5.3. M và N khi CCBT 100m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt	120
Hình PL 4.5.4. M và N khi CCBT 150m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt	121
Hình PL 4.5.5. M và N khi CCBT 200m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt	121
Hình PL 4.5.6. M và N khi CCBT 217m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt	121
Hình PL 4.6.1. M và N khi chưa có bãi thải đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền.....	122
Hình PL 4.6.2. M và N khi CCBT 50m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền	122

Hình PL 4.6.3. M và N khi CCBT 100m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền	122
Hình PL 4.6.4. M và N khi CCBT 150m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền	123
Hình PL 4.6.5. M và N khi CCBT 200m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền	123
Hình PL 4.6.6. M và N khi CCBT 217m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền	123

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

2D	Hai chiều
BTBM	Bãi thải bề mặt
KCC	Kết cấu chống
CCBT	Chiều cao bãi thải
TLTT	Trọng lượng thể tích
KLTT	Khối lượng thể tích
M	Mô men uốn
N	Lực dọc

DANH MỤC KÝ HIỆU

ρ	Khối lượng thể tích
ρ_s	Khối lượng riêng
ρ_{tn}	Khối lượng thể tích thí nghiệm
ρ_{bh}	Khối lượng thể tích bão hòa
γ	Trọng lượng thể tích
σ_n	Cường độ kháng nén
σ_k	Cường độ kháng kéo
c	Lực dính kết
φ	Góc nội ma sát
x	Phương ngang
z	Phương đứng
y	Phương vuông góc với mặt phẳng mô hình
Ox	Đường giới hạn theo phương ngang của không gian nghiên cứu (hệ trục Oxz)
Oz	Đường giới hạn theo phương đứng của không gian nghiên cứu (hệ trục Oxz)
$\text{Sigma } z$	Ứng suất theo phương đứng
$\text{Sigma } x$	Ứng suất theo phương ngang
σ_{ci}	Độ bền nén một trục trung bình
D	Hệ số chấn động
E_m	Mô đun biến dạng
GSI	Chỉ số bền địa chất dựa trên điều kiện phân lớp, nứt nẻ trong khối đá và chất lượng bề mặt khối đá (từ rất xấu đến rất tốt)
m_b	Hằng số Hoek–Brown của khối đá, được suy ra từ m_i và chất lượng khối đá.
m_i	Hằng số vật liệu của đá nguyên khối, phụ thuộc vào loại đá và đặc tính ma sát của đá.

s	Hằng số thể hiện mức độ liên tục của khối đá
a	Tham số điều chỉnh độ cong của đường bao phá hoại Hoek–Brown.
K_0	Hệ số áp lực ngang
R_0, R_1, R_2	Là các bán kính tọa độ tính từ điểm quan sát tới các vị trí tải trọng trên bề mặt
α, β	Là các góc lần lượt tạo bởi R_0R_1 và R_1R_2
a, b	Là chiều rộng các cạnh tải trọng theo phương O_x
p	Là cường độ tải trọng tính bằng lực trên một đơn vị chiều dài
R	Đường kính của đường lò hình tròn
h	Chiều cao của đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt
b	Chiều rộng của đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt
R_v	Bán kính vòm nóc
R'	Bán kính vòm nền
l	Bước chống vì thép SVP33
S	Diện tích mặt cắt ngang vì thép SVP33
E	Mô đun biến dạng vì thép SVP33
μ	Hệ số Poisson
M	Giá trị mô men
N	Giá trị lực dọc
K_m	Hệ số sai biệt mô men
K_n	Hệ số sai biệt lực dọc

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Vùng than Quảng Ninh là trung tâm khai thác than lớn nhất Việt Nam, chiếm trên 90% trữ lượng cả nước với khoảng 3,6 tỷ tấn, tập trung tại vùng Đông Triều- Uông Bí, Hòn Gai và Cẩm Phả. Hàng năm khai thác khoảng 40÷50 triệu tấn, đóng vai trò quan trọng an ninh năng lượng của Quốc gia. Trong quá trình khai thác than tại khu vực này, lượng đất đá thải phát sinh rất lớn tạo nên nhiều bãi thải bề mặt (BTBM) có quy mô lớn như:

Khu vực Cẩm Phả có: Bãi thải Đông Cao Sơn, bãi thải Bàng Nâu, bãi thải Đông Khe Sim - Nam Khe Tam, bãi thải Chính Bắc, bãi thải trong Lộ Trí.

Khu vực Hòn Gai có bãi thải Chính Bắc giáp mặt bằng sân công nghiệp +75 mỏ than Hà Lâm, bãi thải Chính Bắc do khai trường mỏ 917 đổ thải, bãi thải Chính Bắc khu vực giáp kho than 9A mỏ than Hà Tu, Bãi thải trong vỉa 14 cánh Đông mỏ Núi Béo; bãi thải trong khai trường 917 - Công ty than Hòn Gai, bãi thải +63 (bãi thải kho mìn) mỏ than Núi Béo.

Khu vực Uông Bí - Đông Triều có: Bãi thải ngoài khu Cánh Gà, Bãi thải trong vỉa 6, 7, 8 cánh Nam, Bãi thải trong khu Tây Vàng Danh, bãi thải ngoài Nam khu 1 - mỏ Nam Tràng Bạch, bãi thải trong khu 1 - mỏ Nam Tràng Bạch, bãi thải trong 1 và 4 - mỏ Nam Tràng Bạch, bãi đổ xít thải Mạo Khê. vv. Trong số các bãi thải này có nhiều bãi thải nằm trên các khu vực có các vỉa than và hệ thống đường lò khai thác bên dưới.

Sự tồn tại và phát triển của các BTBM mỏ làm thay đổi trạng thái ứng suất trong khối đất đá bên dưới, tạo ra tải trọng bổ sung tác động đến các đường lò khai thác nằm phía dưới bãi thải.

Thực tế sản xuất tại nhiều mỏ than cho thấy các đường lò dưới bãi thải thường xuất hiện biến dạng lớn, gây hư hỏng hoặc mất ổn định cục bộ kết cấu chống (KCC) giữ nhiều hơn so với các đường lò trong cùng điều kiện không nằm dưới bãi thải.

Các nghiên cứu về áp lực đất đá tác dụng lên KCC đường lò theo các lý thuyết cổ điển ở trong và ngoài nước cho đến nay mới chỉ kể đến điều kiện địa hình, địa chất trước khi phát sinh bãi thải. Nói cách khác chưa xem xét một cách hệ thống và định

lượng ảnh hưởng của áp lực nhân tạo của BTBM lên KCC giữ đường lò nằm dưới bãi thải.

Trong bối cảnh các bãi thải ngày càng cao, mở rộng, trong khi nhiều đường lò vẫn phải tồn tại và hoạt động phía dưới, việc nghiên cứu một cách có hệ thống, đánh giá định lượng ảnh hưởng của BTBM đến ứng xử cơ học của KCC giữ đường lò phía dưới là hết sức cần thiết, có tính thời sự, đáp ứng yêu cầu đảm bảo an toàn trong khai thác các vỉa than nằm dưới các BTBM tại vùng than Quảng Ninh.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu, đánh giá được ảnh hưởng của BTBM mở bao gồm: trọng lượng thể tích (TLTT) đất đá thải, chiều cao bãi thải (CCBT), vị trí tương quan đường lò so với bãi thải đến ứng xử cơ học (nội lực) trong KCC thép của đường lò nằm phía dưới bãi thải.

3. Đối tượng nghiên cứu

KCC thép chống giữ đường lò nằm ngang phía dưới BTBM mở.

4. Phạm vi nghiên cứu

Đường lò cơ bản hoặc chuẩn bị nằm ngang có dạng hình tròn (KCC kín) và hình tường thẳng vòm bán nguyệt (KCC hở), chống giữ bằng KCC thép nằm bên dưới BTBM mở (bãi thải dương - bãi thải đổ trên các khu vực mặt bằng) có thời gian tồn tại lâu dài tại vùng than Quảng Ninh.

5. Nội dung nghiên cứu

Luận án tập trung nghiên cứu các nội dung chủ yếu sau:

- Tổng quan về BTBM mở và cách tính áp lực tác dụng lên KCC đường lò;
- Xây dựng mô hình số mô phỏng BTBM mở và đường lò nằm dưới bãi thải;
- Nghiên cứu ảnh hưởng của BTBM mở đến ứng xử cơ học của KCC giữ đường lò;
- Nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải đến ứng xử của KCC thép cho đường lò nằm

dưới bãi thải mỏ than Mông Dương Quảng Ninh.

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

Ý nghĩa khoa học: Bổ sung cơ sở khoa học và phương pháp đánh giá ảnh hưởng của bãi thải bề mặt mỏ đến ứng xử cơ học của kết cấu chống giữ đường lò phía dưới, đồng thời xác lập quy luật biến đổi và phân bố nội lực trong kết cấu chống theo sự thay đổi của các đặc trưng bãi thải.

Ý nghĩa thực tiễn: Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn phục vụ tính toán, thiết kế, lựa chọn loại kết cấu chống thép và điều chỉnh khoảng cách chống phù hợp đối với các đường lò nằm dưới bãi thải. Đồng thời, kết quả nghiên cứu có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo trong công tác thiết kế, kiểm tra và quản lý các đường lò nằm dưới hoặc chịu ảnh hưởng của bãi thải bề mặt tại các mỏ than vùng Quảng Ninh, góp phần nâng cao hiệu quả và độ ổn định của kết cấu chống giữ đường lò.

7. Phương pháp nghiên cứu

- **Nghiên cứu lý thuyết:** Tổng quan, phân tích và tổng hợp tài liệu trong và ngoài nước liên quan đến BTBM mỏ và đường lò nằm dưới bãi thải; Xây dựng cơ sở lý thuyết phục vụ nghiên cứu ảnh hưởng BTBM mỏ đến ứng xử cơ học của KCC giữ đường lò nằm bên dưới.

- **Phương pháp mô hình số:** Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm Phase² mô phỏng BTBM mỏ và đường lò nằm dưới bãi thải trong bài toán 2D; Xây dựng mô hình tính, thực hiện nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng với bài toán lý thuyết và bài toán thực tế tại mỏ than Mông Dương, phân tích ứng xử cơ học trong KCC đường lò;

8. Những điểm mới của luận án

- Luận án xây dựng mô hình số 2D mô phỏng bãi thải và đường lò chống giữ bằng KCC thép phía dưới bãi thải và kiểm chứng với kết quả của bài toán bán không gian hai chiều của Boussinesq và Hamilton Gray.

- Luận án phân tích ảnh hưởng của BTBM mỏ đến ứng xử KCC thép của đường lò hình tròn và hình tường thẳng vòm bán nguyệt nằm dưới bãi thải mỏ trong các trường hợp: 1) Thay đổi TLTT của đất đá thải; 2) Thay đổi CCBT; 3) Thay đổi vị trí đường lò.

- Luận án nghiên cứu trong điều kiện thực tế của BTBM mỏ Mông Dương Quảng Ninh với trường hợp ảnh hưởng của CCBT đến ứng xử cơ học của đường lò nằm phía dưới bãi thải.

9. Các luận điểm bảo vệ

Luận điểm 1: Sự thay đổi chiều cao, trọng lượng thể tích và vị trí tương quan của bãi thải bề mặt mỏ làm thay đổi giá trị cũng như quy luật phân bố nội lực trong kết cấu chống thép đường lò phía dưới.

Luận điểm 2:

Sự thay đổi hình dạng tiết diện đường lò nằm dưới bãi thải bề mặt mỏ làm thay đổi giá trị và quy luật phân bố nội lực trong kết cấu chống giữ.

10. Cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu phục vụ công tác nghiên cứu của luận án bao gồm:

- Các báo cáo địa chất và hiện trạng các BTBM của các mỏ than vùng Quảng Ninh;
- Mặt cắt địa chất tuyến qua khu vực bãi thải mỏ bên dưới có các vỉa than đã, đang và sẽ khai thác của vùng than Quảng Ninh;
- Điều kiện địa cơ học của khối than đá, tính chất cơ lý của đất đá thải vùng than Quảng Ninh;
- Các công trình khoa học, bài báo, công bố liên quan trong và ngoài nước.

11. Cấu trúc của luận án

Ngoài phần mở đầu, kết luận, tài liệu tham khảo và mục lục, cấu trúc của luận án bao gồm 4 chương, cụ thể như sau:

Mở đầu

Chương 1: Tổng quan về bãi thải bề mặt mỏ và cách tính áp lực tác dụng lên kết cấu chống đường lò;

Chương 2: Xây dựng mô hình số mô phỏng bãi thải bề mặt mỏ và đường lò nằm dưới bãi thải;

Chương 3: Nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải bề mặt mỏ đến ứng xử cơ học của kết cấu chống giữ đường lò;

Chương 4: Nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải đến ứng xử của kết cấu chống thép cho đường lò nằm dưới bãi thải mỏ than Mông Dương Quảng Ninh.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ VÀ CÁCH TÍNH ÁP LỰC TÁC DỤNG LÊN KẾT CẤU ĐƯỜNG LÒ

1.1. Tổng quan chung về BTBM trong khai thác mỏ than

1.1.1. Các dạng bãi thải mỏ

Trong quá trình khai thác lộ thiên và hầm lò, thường phải bóc đi một khối lượng lớn đất đá để lấy khoáng sản. Công tác thải đá - đó là tổng hợp các thao tác tiếp nhận và chất xếp đất đá thải vào một khu vực riêng theo một phương thức và trình tự xác định. Nơi lưu giữ đất đá gọi là bãi thải [9], [19], [20], [21], [22], [26]. Đây là các công trình nhân tạo rất lớn (theo diện tích, trọng lượng và chiều cao) [29], [50], [55], [58], [62].

Những dấu hiệu để phân biệt các loại bãi thải là: vị trí của bãi thải, số lượng tầng thải đang hoạt động, điều kiện địa hình, phương tiện cơ giới hóa công tác thải đá [64].

Hiện nay các bãi thải mỏ trên thế giới nói chung và ở Việt Nam nói riêng bao gồm các dạng chủ yếu sau:

a) Theo vị trí xây dựng bãi thải

Theo vị trí xây dựng BTBM mỏ gồm: [25]

- Bãi thải trong

Bãi thải trong được xây dựng khi khai thác các khoáng sản nằm ngang hay dốc thoải với góc dốc nhỏ hơn 15^0 kéo dài theo đường phương hoặc cho những khoáng sản có các thân khoáng nằm gần nhau, có thể khai thác lần lượt.

Trong một số trường hợp bãi thải trong cũng được xây dựng ngay trong khai trường khi thân quặng phân bố theo dạng uốn nếp (lượn sóng) hay khai thác đồng thời nhiều vỉa. Với dạng bãi thải trong được xây dựng theo các dạng này cho phép giảm cung độ vận chuyển đất đá nâng cao hiệu quả khai thác.

- Bãi thải ngoài

Bãi thải ngoài được xây dựng ngoài biên giới khai thác của mỏ. Toàn bộ đất đá bóc được vận chuyển từ khai trường đổ vào bãi thải bằng ô tô đơn thuần hoặc liên hợp nhiều loại vận chuyển khác nhau (ô tô + băng tải + trục tải + đường sắt,...), đây là dạng bãi thải khi khai thác các thân quặng có dạng đơn tà, bồi tà, thân quặng cắm

sâu với góc dốc $> 20^0$.

Tùy thuộc vào đặc điểm địa hình tự nhiên của khu vực đổ thải mà có thể phân loại thành các dạng bãi thải như sau:

- Bãi thải đổ dọc theo thung lũng

Trong dạng đổ thải này, đất đá thải sẽ lấp một phần hoặc toàn bộ khu vực thung lũng. Bề mặt của bãi thải thường được cải tạo để tránh hiện tượng tích tụ nước mặt. Với dạng đổ không lấp hoàn toàn thung lũng thì có yêu cầu xây dựng thêm các rãnh thoát nước, rãnh chuyển hướng dòng chảy tùy thuộc vào đặc tính của khu vực.

- Bãi thải đổ lên một phía sườn dốc

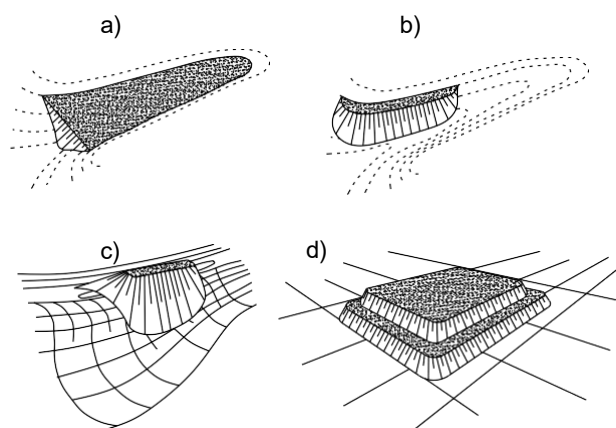
Trong dạng đổ thải này, bãi thải được hình thành trên bề mặt dốc của địa hình và không chặn lại hướng thoát nước khu vực dọc theo sườn thung lũng. Góc nghiêng thiết kế của sườn dốc bãi thải được thiết kế theo một giá trị đảm bảo độ an toàn và ổn định lâu dài của khu vực bãi thải. Chân của bãi thải được đặt trên sườn nghiêng hoặc phẳng tùy theo đặc điểm địa hình của thung lũng.

- Bãi thải đổ hỗn hợp sườn dốc và thung lũng

Đây là dạng đổ thải đặc biệt, bãi thải được xây dựng trên khu vực địa hình có dạng thung lũng. Đất đá thải sẽ được đổ sang cả hai bên mặt sườn thung lũng, sườn dốc của khu vực bãi thải được thiết kế để đảm bảo độ ổn định cho toàn bộ khu vực.

- Bãi thải dương (đổ trên các khu vực mặt bằng)

Dạng đổ này còn được đề cập tới như là dạng đổ thải theo diện, đất đá đổ thải được chất thành các đống với các góc nghiêng bãi thải khác nhau. Các bãi thải dạng này được xây dựng trên khu vực địa hình có nền tương đối bằng phẳng hoặc có độ dốc nhỏ. Địa hình, địa mạo nền bãi thải có thể chia thành các dạng: nền có dạng thung lũng (Hình 1.1-a), dạng sườn dốc (Hình 1.1-b), dạng hỗn hợp sườn dốc và thung lũng (Hình 1.1-c), dạng mặt bằng (Hình 1.1-d).



a) dạng đổ thung lũng; b) dạng sườn dốc; c) dạng hỗn hợp sườn dốc và thung lũng; d) dạng mặt bằng

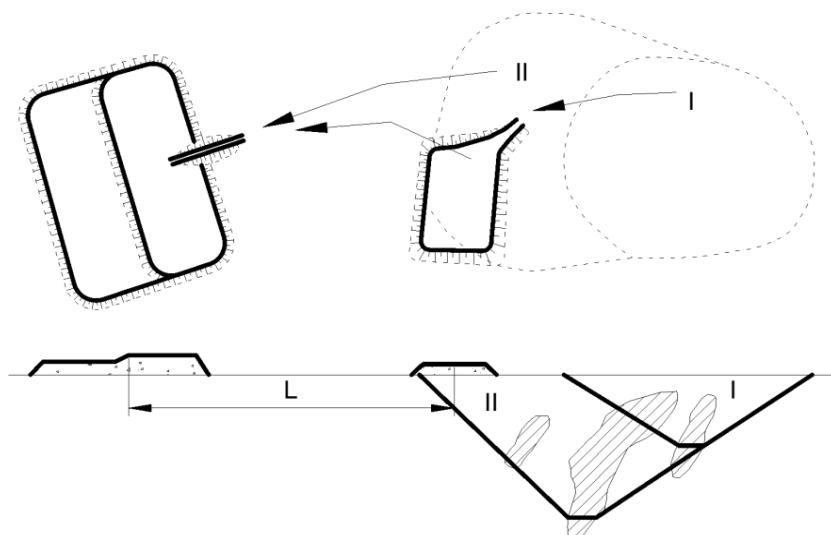
Hình 1.1. Các dạng cơ bản địa hình nền bãi thải [22], [25]

b) Theo thời gian tồn tại

Tùy thuộc vào các đặc điểm, điều kiện khai thác mỏ mà có thể thiết kế khu vực bãi thải theo các dạng:

- Bãi thải tạm

Bãi thải tạm là bãi thải chỉ tồn tại trong một thời gian nhất định và sau đó được di chuyển tới một vị trí khác. Bãi thải tạm thường được áp dụng ở giai đoạn đầu chuẩn bị xây dựng bãi thải trong hoặc khi thời gian tồn tại của mỏ ngắn, mỏ không có vị trí đổ thải phải thuê đất để đổ tạm, sau đó khi kết thúc khai thác thì tiến hành hoàn phục trở lại vào khoảng trống đã khai thác (Hình 1.2).



Hình 1.2. Sơ đồ sử dụng bãi thải tạm [22]

Khi cung độ vận tải ra bãi thải cố định quá lớn, để tiết kiệm chi phí sản xuất cho giai đoạn đầu, sử dụng bãi thải tạm có hiệu quả do: rút ngắn được khoảng cách vận chuyển, tiết kiệm được chi phí xây dựng đường sá và chi phí vận chuyển thường xuyên.

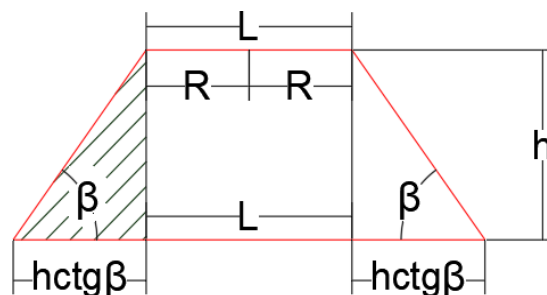
- Bãi thải cố định

Bãi thải cố định là bãi thải nằm ngoài ranh giới kết thúc khai thác mỏ, tồn tại theo suốt đời mỏ hoặc lâu hơn. Trên khu vực dùng để thải đất đá cần tiến hành nghiên cứu địa chất công trình và thủy văn để xác định tính chất cơ lý của đất đá nền bãi thải cũng như độ ngậm nước của khu vực. Vị trí bãi thải cần được chọn ở nơi không có tài nguyên khoáng sản có giá trị công nghiệp ở phía dưới, hoặc nơi đất đai ít giá trị công và nông nghiệp.

c) Theo công nghệ tạo bãi thải

Theo công nghệ tạo bãi thải được xây dựng bằng công nghệ ô tô và máy gạt; công nghệ băng tải máy rải đá hoặc cầu đỡ tải; công nghệ xúc và đổ thải bằng máy xúc gầu treo... Ngoài ra có thể có bãi tải 1 tầng và bãi thải nhiều tầng.

Tại các mỏ than lộ thiên vùng Cẩm Phả, các bãi thải ngoài chủ yếu đổ từ sườn núi. Tuy nhiên, các tầng thải khi kết thúc cần có hình dạng phù hợp để nâng cao ổn định và chiếm ít diện tích đất bề mặt. Kinh nghiệm từ mùa mưa 2015 [26] cho thấy: các khu vực bãi thải có dạng lồi sẽ có ứng suất phân bố đều, không tập trung dòng tụ thủy nên không sạt lở. Theo kinh nghiệm hình dạng của các bãi thải có thể qui về dạng hình cơ bản: hình thang, hình nón, hình quạt, hình vuông và hình chữ nhật, trong luận án tập trung vào nghiên cứu bãi thải dương có dạng hình thang với các thông số như Hình 1.3 dưới đây.



Hình 1.3. Sơ đồ mặt cắt bãi thải một hình thang [42]

1.1.2. Đặc điểm hình thành và nguồn gốc đất đá bãi thải

Đặc điểm của BTBM mỏ là một trong những yếu tố chi phối trực tiếp đến trạng thái ứng suất – biến dạng của khối đất đá bên dưới và ứng xử cơ học của KCC đường lò. Các đặc điểm này có thể được xem xét trên các phương diện chủ yếu sau:

- BTBM hình thành qua quá trình:

- + Đổ thải rời rạc từ ô tô tải hoặc băng tải theo từng lớp.
- + Tự sắp xếp lại cấu trúc của đất đá dưới tác dụng trọng lực.
- + Tái cấu trúc thứ cấp do mưa, xói mòn, rửa trôi, bão hòa nước.
- + Nén ép theo thời gian tạo thành khối vật liệu có độ chặt tăng dần nhưng vẫn mang tính rời rạc.

Đặc điểm quan trọng là bãi thải luôn biến đổi theo thời gian, chịu ảnh hưởng mạnh bởi điều kiện khí hậu - đặc biệt là mùa mưa Quảng Ninh với lượng mưa lớn, gây nguy cơ trượt lở và tăng tải trọng tác dụng xuống nền đá.

Vật liệu đất đá bãi thải có nguồn gốc hoàn toàn khác nhau, phụ thuộc tầng địa chất bị bóc và phương pháp vận chuyển. Vì vậy, đặc tính địa kỹ thuật của chúng rất biến động.

- Thành phần vật liệu

Hỗn hợp đất sét, sét pha, cát pha, đá vụn, đá kẹp, sét kết, bột kết, cát kết, cuội kết. Kích thước hạt thay đổi từ dạng đất mịn đến đá tảng 1–2 m, không đồng nhất theo cả phương đứng và phương ngang.

- Trạng thái cấu trúc

Độ rời rạc cao, nhiều hốc rỗng, độ chặt ban đầu nhỏ, tăng dần theo thời gian, mang tính đất đá rời với cấu trúc hạt – khối xen kẽ.

- Thành phần nguồn gốc của đất đá bãi thải

Các bãi thải là không gian chứa đất đá thải của một hoặc vài mỏ. Thành phần thạch học chủ yếu đất đá của các mỏ khu vực Cẩm Phả, Hòn Gai, Uông Bí gồm: phủ đệ tứ, cuội, sạn kết, cát kết, bột kết, sét kết và sét than. Tổng hợp tính chất cơ lý đá nguyên khối thể hiện ở Bảng 1.1.

Bảng 1.1. Tổng hợp tính chất cơ lý của các loại đá nguyên khối [28]

Khu vực	Loại đá	Tỷ lệ phân bố, %	Khối lượng thể tích, ρ , g/cm ³	Khối lượng riêng ρ_s , g/cm ³	Cường độ kháng nén σ_n , MPa	Cường độ kháng kéo σ_k , MPa	Lực dính kết C, MPa	Góc nội ma sát ϕ , độ
Cẩm Phả	Sét kết	3,4	2,667	2,751	28,856	4,597	8,715	31,43
	Bột kết	25,4	2,673	2,749	48,076	5,659	14,714	33,37
	Cát kết	47,7	2,659	2,721	99,956	10,902	37,098	34,45
	Cuội sạn kết	15,3	2,594	2,674	127,313	13,427	43,825	34,4
Hòn Gai	Sét kết	6,0	2,58	2,67	35,326	3,286	9,282	29,67
	Bột kết	33	2,65	2,72	60,663	5,923	18,472	32,5
	Cát kết	34	2,63	2,70	117,19	10,424	36,489	34,07
	Cuội sạn kết	14	2,57	2,66	137,56	11,098	41,523	33,93
Uông Bí	Sét kết	11	2,63	2,74	29,382	3,669	8,734	31,45
	Bột kết	38	2,68	2,77	46,964	5,354	13,9	32,35
	Cát kết	35	2,67	2,72	107,199	9,499	33,7	33,48
	Cuội sạn kết	7,0	2,67	2,70	128,981	13,316	51,1	34,63

Từ Bảng 1.1 cho thấy các loại đá của các mỏ có khối lượng thể tích (KLTT) trung bình bằng 2,6 g/cm³, độ bền từ trung bình đến cứng và rất cứng. Tuy nhiên, khi bị làm toi đổ ra các bãi thải, dung trọng, lực dính kết, góc nội ma sát bị giảm xuống so với trạng thái nguyên khối. Như vậy có thể thấy rằng với các loại khối đá khác nhau thì dung trọng thể tích của khối đá cũng khác nhau và gây ra áp lực nhân tạo xuống các đường lò nằm dưới bãi thải cũng khác nhau. Như vậy với các loại khối đất đá thải khác nhau sẽ gây ra tải trọng tác dụng lên đường lò nằm dưới bãi thải cũng khác nhau.

Kết quả thí nghiệm xác định KLTT đá thải ở trạng thái tự nhiên và bão hòa tại các mỏ than vùng Quảng Ninh thể hiện trên Bảng 1.2.

Bảng 1.2. Tổng hợp kết quả thí nghiệm xác định KLTT đá thải ở trạng thái tự nhiên và bão hòa [28]

TT	Khu vực	Tên bãi thải	Số mẫu	Khối lượng thể tích TN $\rho_{tn}, t/m^3$	Khối lượng thể tích BH $\rho_{bh}, t/m^3$
1	Cẩm Phả	BT. Trong - L.Trí Đ.Nai	4	2,274	2,428
		BT. Đông K.Sim Đ.Nai	4	2,292	2,428
		BT. Đông C.Sơn	6	2,228	2,376
		BT. B.Nâu - Cao Sơn	4	2,082	2,180
2	Hòn Gai	BT.V 7+8 Hà Tu	4	2,062	2,208
		BT. CB.H Tu	4	2,188	2,32
		BT. CB.N Béo	4	2,370	2,523
3	Uông Bí	BT.M Khê	4	2,073	2,240

Từ Bảng 1.2 có thể thấy rằng đất đá trong bãi thải tùy thuộc vào mùa khô hay mùa mưa sẽ có KLTT khác nhau và như vậy sẽ hình thành áp lực nhân tạo tác dụng lên các đường lò nằm dưới bãi thải cũng khác nhau theo mùa. Đề xuất các thông số ổn định cho các bãi thải vùng Quảng Ninh thể hiện ở Bảng 1.3.

Bảng 1.3. Các thông số ổn định đề xuất thiết kế bãi thải vùng Quảng Ninh [28]

TT	Tên bãi thải	Cốt cao mặt tầng thải	Chiều cao bãi thải (m)	Góc nghiêng sườn bãi thải (độ)
I	Vùng Cẩm Phả			
1	Bãi thải Bàng Nâu	+300	250	25÷28
2	Bãi thải Đông Khe Sim và Nam Khe Tam	+300	200	25÷29
3	Bãi thải trong Thắng Lợi	+240	390	21÷25

4	Bãi thải trong Khe Chàm II	+300	400	22÷25
5	Bãi thải trong Gầm Cao Sơn	+35	280	21÷25
6	Bãi thải trong Khe Tam-Dương Huy	+200	120	24÷26
7	Bãi thải Đông Cao Sơn	+300	270	17÷28
8	Bãi thải trong Lộ Trí + Nam Lộ Trí, via Chính	+300	540	21÷25
II	Vùng Hòn Gai			
10	Bãi thải chính Bắc (cải tạo)	+256	200	21÷24
11	Bãi thải trong Via Trụ	210	165	22÷26
12	Bãi thải trong via 14 cánh Đông, Tây Núi Béo	+30	120	19÷26
13	Bãi thải trong via 13-917	+100	280	18÷24
III	Vùng Uông Bí			
14	Bãi thải ngoài khu Cánh Gà	+445	100	20÷24
15	Bãi thải trong khu Cánh Gà, Tây Vàng Danh	+360	60	22÷24

Từ Bảng 1.3 có thể thấy rằng CCBT của một số bãi thải vùng Quảng Ninh có thể lên đến 400m, với trọng lượng của đất đá thải sẽ gây áp lực nhân tạo tác dụng lên các đường lò nằm phía dưới bãi thải. Tổng hợp kết quả khảo sát các thông số tầng thải và cỡ hạt đất đá thải của các bãi thải vùng Quảng Ninh thể hiện trên Bảng 1.4.

Bảng 1.4. Các thông số tầng thải và cỡ hạt đất đá thải [28]

Khu vực	Tên bãi thải	Khu vực	Chiều cao BT	Góc dốc BT	Cỡ hạt, %		Số tầng thải	Chiều cao tầng	Góc dốc sườn tầng
			(m)	(độ)	D > 100 (mm)	D < 100 (mm)		(m)	(độ)
Cẩm Phả	Đông Cao Sơn	Sườn phía TB, ĐN - KT đổ thải	112	28,30	40	60	3	46	36
		Sườn phía Đông, đang đổ thải	212	18,49	30	70	6	41	40
	Đông K.Sim	Sườn phía Nam, đang đổ	83	34,90	30	70	1	58	40
		Sườn phía Bắc đang đổ	135	25,26	40	60	2	54	32
	Bàng Nâu	Sườn phía Bắc- CS đổ	260	30,92	60	40	4	52	40
		Sườn phía Bắc- TNĐM đổ	225	32,40	65	35	3	80	38
	Mông Giăng	Sườn phía T.Nam KT đổ thải	165	21,68	40	60	6	26	32
		Sườn phía Đông Nam đang đổ	338	17,55	30	70	10	37,5	36,5
Hòn Gai	Chính Bắc (kết thúc ĐT)	Sườn phía Đông	147	25,23	30	70		29	35
		Sườn phía TN	173	23,9	40	60		28	33
		Sườn phía Tây	167	26,15	40	60		26	34
		Sườn phía Bắc	152	28,21	30	70		39	34
	Lộ phong	KT đổ thải Đã cải tạo	183	18,49	30	70	6	22	36
	V.7+8	KT đổ thải	140	32,15	40	60	2	50	35
Uông Bí	Mạo Khê	Sườn phía Đông			70	30	1	15	40
	Vàng Danh	Sườn phía Nam	66	30,96	65	35	2	20	37

Từ Bảng 1.4 có thể thấy rằng cỡ hạt của đất đá thải tại các bãi thải khu vực Quảng Ninh không đồng nhất, khi cỡ hạt và loại đất đá thải khác nhau thì độ chặt của bãi thải cũng khác nhau từ đó dẫn đến trọng lượng thể tích TLTT của khối đá thải cũng khác nhau. Cũng từ bảng trên có thể thấy rằng chiều cao tầng đổ thải cũng khác nhau, trung bình khoảng 50m cho 1 tầng đổ thải như vậy mỗi giai đoạn đổ thải bãi thải sẽ có độ cao khác nhau và như vậy trong mỗi giai đoạn đổ thải thì tải trọng của đất đá bãi thải tác dụng lên đường lò bên dưới cũng khác nhau.

1.2. Hiện trạng các vỉa than dưới bãi thải mỏ khu Cẩm Phả Quảng Ninh

Tại mỏ than Mông Dương: Bên dưới bãi thải mỏ than Mông Dương là khu vực mỏ than Mông Dương quản lý và khai thác các vỉa than bao gồm: V.G (9), V.K8, V.7b, VL (7), V.M (6), V.N (5), V.0 (4), V.4a, V.3. Trong đó các vỉa V.G (9), V.K8, V.7b đã tiến hành khai thác, các vỉa này khu vực dưới bãi thải phân bố ở mức từ -150 lên đến mức +30 [5], [8]. Mặt cắt địa chất tuyến A-A khu vực có bãi thải mặt mỏ và các vỉa đã đang và chưa khai thác thể hiện trên Hình PL1.2.1

Tại mỏ than Khe Chàm: Bên dưới bãi thải Bàng Nâu là khu vực mỏ than Khe Chàm quản lý và khai thác. Toàn bộ các vỉa than thuộc khai trường mỏ than Khe Chàm quản lý và khai thác đều nằm phía dưới bãi thải Bàng Nâu bao gồm: V11, V12, V13.1, V13.2, V14.1, V14.2, V14.4, V14.5, V15, V16, V17 hiện đang khai thác V.14.2, V14.5 Mặt cắt địa chất tuyến VIII khu vực có bãi thải mặt mỏ và các vỉa đã đang và chưa khai thác thể hiện trên Hình PL 1.2.2.

Tại mỏ than Dương Huy: Bên dưới bãi thải Khe Tam – Dương Huy là khu vực mỏ than Dương Huy quản lý và khai thác các vỉa than bao gồm: V.6a, V.6, V.7a, V.7, V.8, V.9, V.10, V.11, V.12, V.13, V.14, V.15, V.15b. Trong đó các vỉa V.13, V.14, V.15, V.15b đã tiến hành khai thác các vỉa khu vực dưới bãi thải phân bố từ mức +0 đến mức +100. Mặt cắt địa chất tuyến V khu vực có bãi thải mặt mỏ và các vỉa đã đang và chưa khai thác thể hiện trên Hình PL 1.2.3.

Tại mỏ than Quang Hanh: Bên dưới bãi thải mỏ than Quang Hanh là khu vực mỏ than Quang Hanh quản lý và khai thác các vỉa than bao gồm: V1, V2, V2a, V2b, V3, V3a, V3b, V4, V5, V6, V10, V11, V12, V15, V16, V17, V18, V19, V20. Trong đó các vỉa đã khai thác nằm gần mặt đất bao gồm V19 và V20 [7], [12]. Mặt cắt địa chất tuyến IVa khu vực có bãi thải mặt mỏ và các vỉa đã đang và chưa khai thác thể hiện trên Hình PL 1.2.4.

Tại mỏ than Hà Lâm: Bên dưới bãi thải mỏ than Núi Béo là khu vực mỏ than Hà Lâm quản lý và khai thác các vỉa than bao gồm: V.13(9), V.11, V.10, V.9, V.7, V.6, V.5, V.4, V.3. Trong đó các vỉa V.13, V.11 đã tiến hành khai thác, các vỉa này khu vực dưới bãi thải phân bố từ mức -100 đến mức -150. Mặt cắt địa chất tuyến 40 khu vực có bãi thải mặt mỏ và các vỉa đã đang và chưa khai thác thể hiện trên Hình PL 1.2.5.

Tại mỏ than Núi Béo: Bên dưới bãi thải mỏ than Núi Béo là khu vực mỏ than Núi Béo quản lý và khai thác các vỉa than bao gồm: V31a, V4(1), V5(2), V6(3), V7, V7(4), V9, V9(6), V10, V11(2) V11(8), V11(8), V13. Trong đó các vỉa V.11(8), V.11 đã tiến hành khai thác. Mặt cắt địa chất tuyến VI khu vực có bãi thải mặt mỏ và các vỉa đã đang và chưa khai thác thể hiện trên Hình PL 1.2.6.

Như vậy có thể thấy rằng có rất nhiều vỉa than nằm dưới khu vực bãi thải mỏ đã, đang và sẽ khai thác. Việc nghiên cứu về phương pháp tính áp lực dưới bãi thải tác dụng lên các đường lò nằm dưới bãi thải là rất cần thiết, để lựa chọn được loại hình, tham số kết cấu chống phù hợp đảm bảo độ ổn định của đường lò trong quá trình sử dụng.

Tại các nước trên thế giới đặc biệt là ở Trung Quốc bãi thải mỏ cũng là một trong những chủ đề được quan tâm và có nhiều công trình nghiên cứu được công bố. Tuy nhiên do các vỉa than nằm ở độ sâu lớn hoặc khu vực đổ thải không nằm trên các vỉa than nên các nghiên cứu liên quan đến ảnh hưởng của BTBM đến áp lực mỏ tác dụng lên các công trình ngầm, đường lò bên dưới gần như không có công trình nào được nghiên cứu.



Hình 1.4. Bãi thải mỏ tại tỉnh Sơn Tây Trung Quốc

Nguồn: Internet.

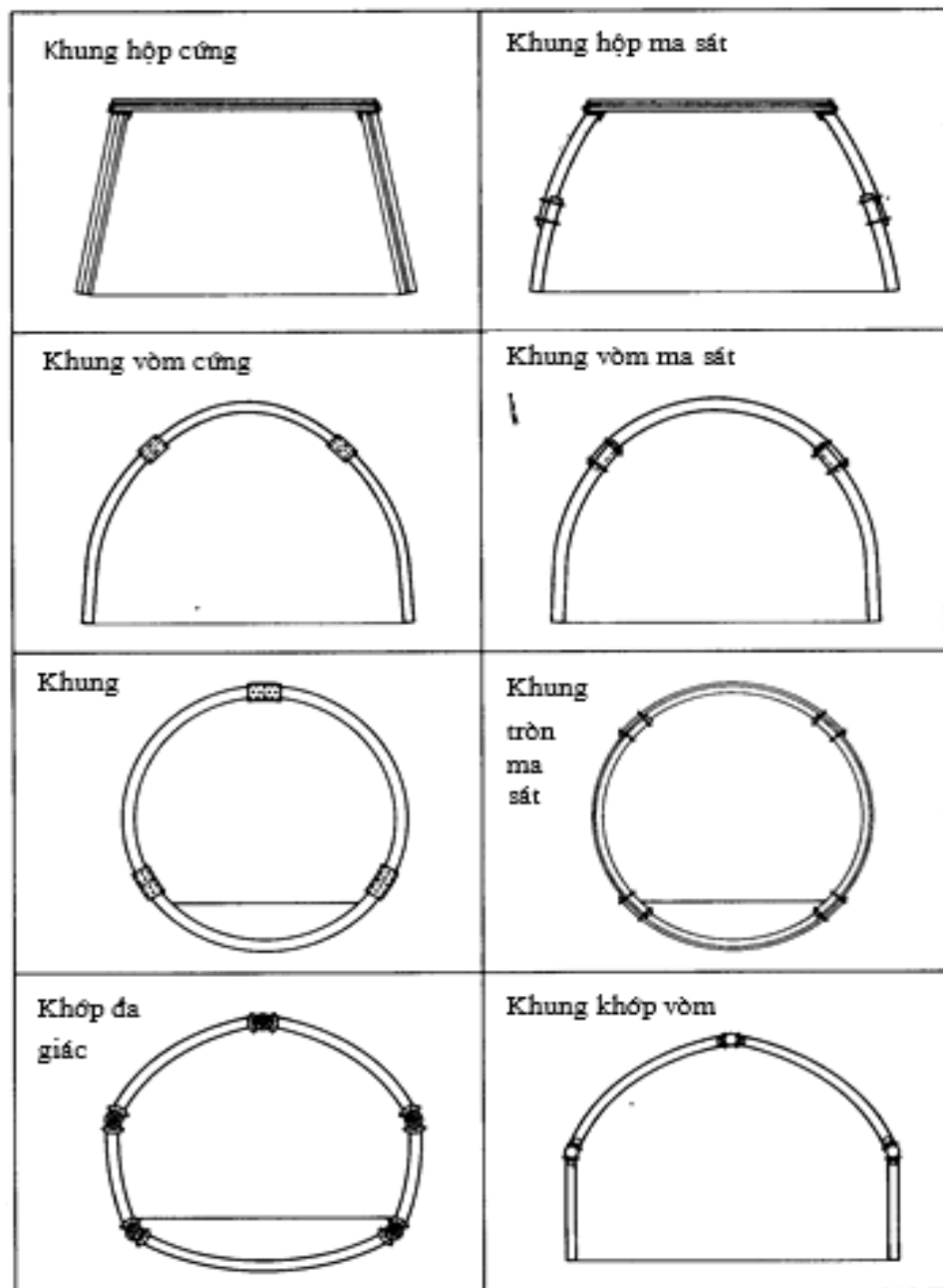


Hình 1.5. Bãi thải mỏ tại khu vực Quý Châu Trung Quốc

Nguồn: Internet.

1.3. Tổng quan về phương pháp tính nội lực KCC thép chống giữ đường lò

Để chống giữ các đường lò trong mỏ thường sử dụng khung chống thép. Tùy thuộc vào điều kiện sử dụng khung chống có thể chia ra làm nhiều đoạn và liên kết giữa các đoạn với nhau có thể sử dụng liên kết cứng hoặc liên kết ma sát, hình dạng của khung chống cũng tùy thuộc vào điều kiện sử dụng có thể ở dạng hình thang, hình chữ nhật, hình vuông, hình vòm, hình vòm móng ngựa hoặc hình tròn. Các dạng khung chống thép thể hiện trên Hình 1.6.



Hình 1.6. Một số dạng KCC thép chống giữ đường lò [24]

Việc xác định chính xác nội lực và khả năng chịu lực của khung chống thép là cơ sở quan trọng trong thiết kế và đánh giá độ ổn định của các đường lò mỏ hầm lò [24]. Trong quá trình làm việc, khung chống thép chịu tác động đồng thời của áp lực địa tầng, ứng suất tái phân bố do đào lò, tải trọng khai thác, cũng như các tác động động lực học như nổ mìn, rung chấn và hiện tượng bùng nổ đá, tải trọng do bãi thải nhân tạo, tải trọng do các công trình trên bề mặt [13], [14], [23]. Do điều kiện làm việc phức tạp, các phương pháp tính toán khung chống thép đã không ngừng được phát

triển từ các mô hình giải tích đơn giản đến các mô hình số hiện đại có xét đến sự tương tác giữa khối đá và KCC [23].

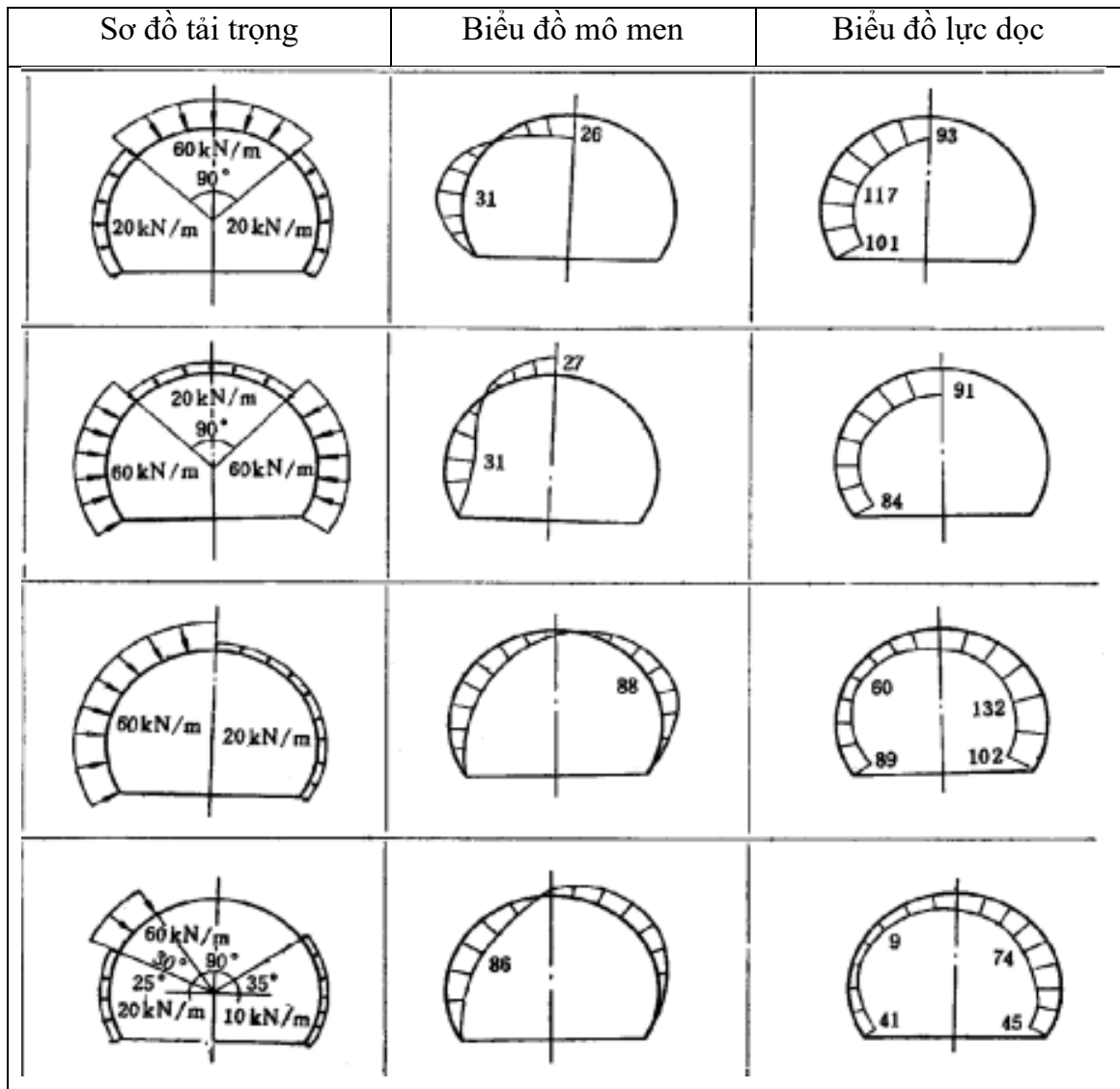
Có nhiều phương pháp tính nội lực trong KCC đường lò tuy nhiên các phương pháp chính bao gồm:

- Phương pháp tính toán bằng giải tích

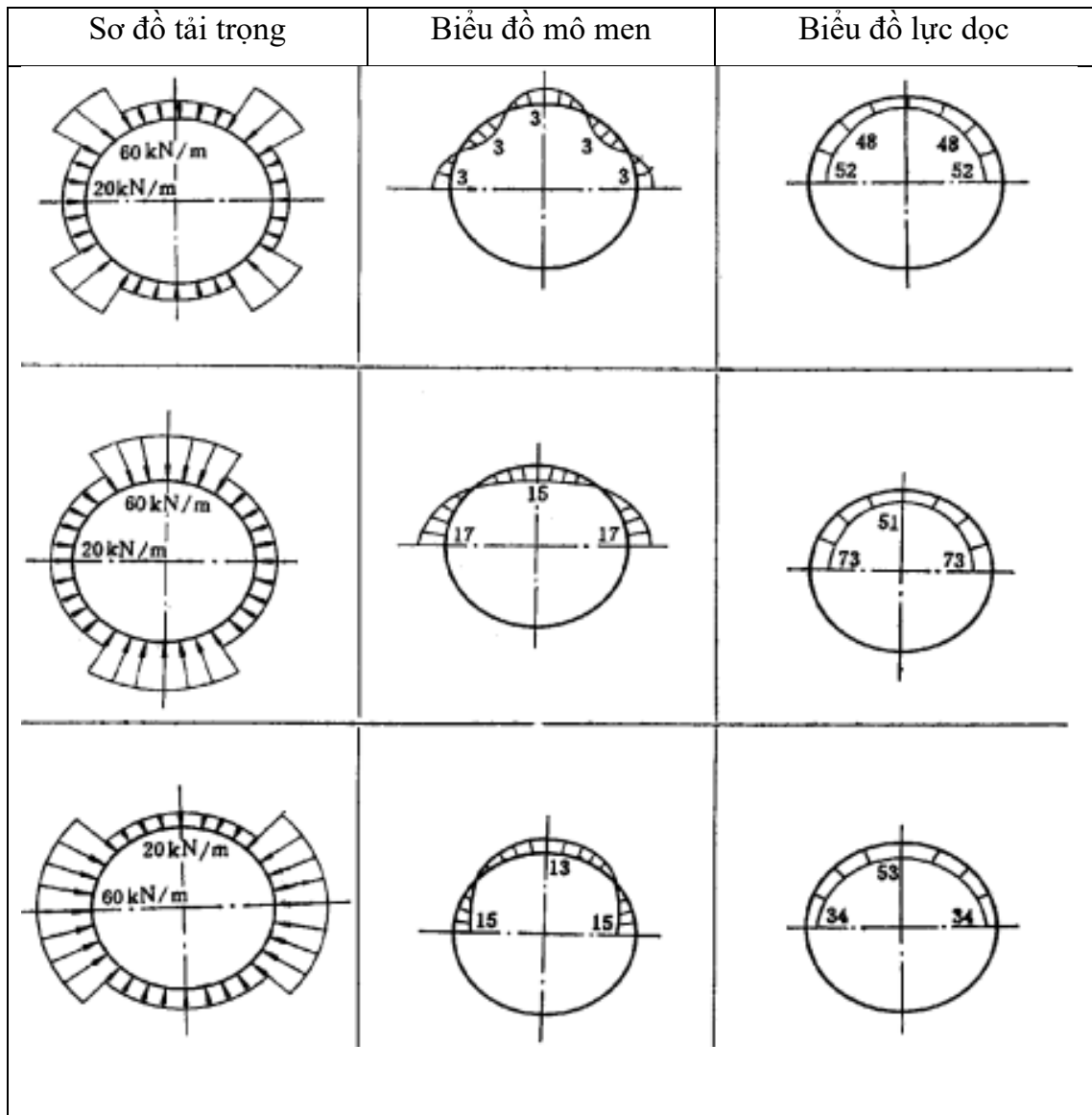
Các phương pháp giải tích là những phương pháp được sử dụng sớm nhất trong thiết kế khung chống thép [24], [47], [54], [60], [71]. Nguyên lý cơ bản là mô hình hóa vì chống như một khung phẳng hoặc vòm đàn hồi chịu tác dụng của tải trọng phân bố đều hoặc tải trọng tập trung. Dựa trên lý thuyết sức bền vật liệu và cơ học kết cấu, nội lực trong khung chống bao gồm lực dọc (N), lực cắt (Q) và mô men uốn (M) được xác định thông qua các phương trình cân bằng và điều kiện tương thích biến dạng [24], [60], [71].

Trong nhiều trường hợp, tải trọng địa tầng được giả thiết phân bố đều theo chu vi đường lò hoặc phân bố theo quy luật tuyến tính. Khi đó, các phương trình nội lực của khung chống có thể được xác định bằng phương pháp lực, phương pháp chuyển vị hoặc phương pháp năng lượng. Đối với các tiết diện đường lò có dạng hình móng ngựa hoặc hình vòm, nhiều tác giả đã xây dựng các công thức tính toán gần đúng nhằm xác định nhanh M lớn nhất tại đỉnh lò, vai lò và chân lò [24], [54].

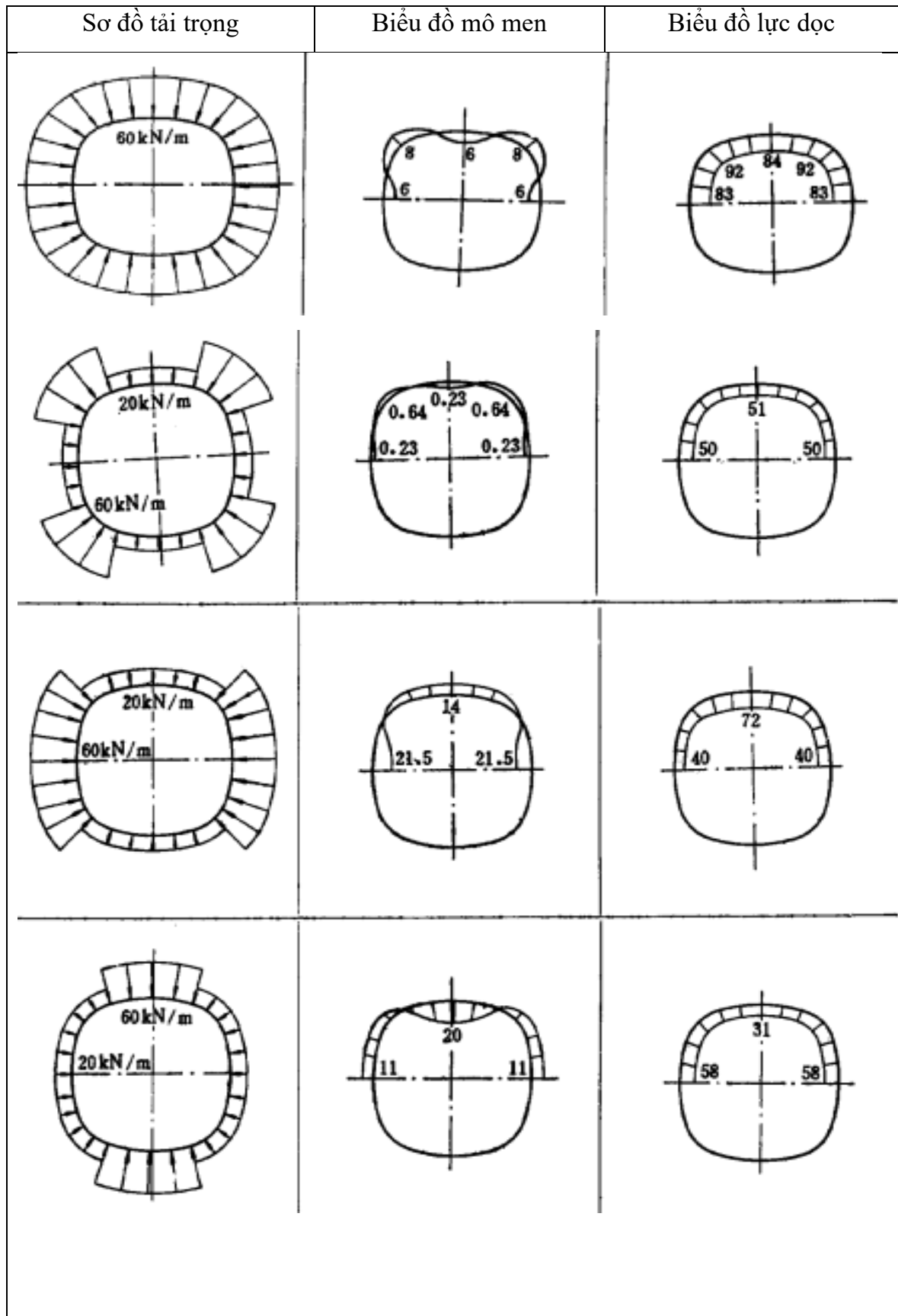
Trên Hình 1.7 đến Hình 1.9 là một số kết quả tính nội lực và biểu đồ nội lực bằng phương pháp giải tích cho đường lò có diện tích bằng $8,7\text{m}^2$ với các loại tải trọng khác nhau cho đường lò hình vòm, đường lò hình móng ngựa, đường lò hình tròn và đường lò hình tang trống [71].



Hình 1.7. Sơ đồ tải trọng và biểu đồ M, N đường lò hình móng ngựa [71]



Hình 1.8. Sơ đồ tải trọng và biểu đồ M, N tính đường lò hình tròn [71]

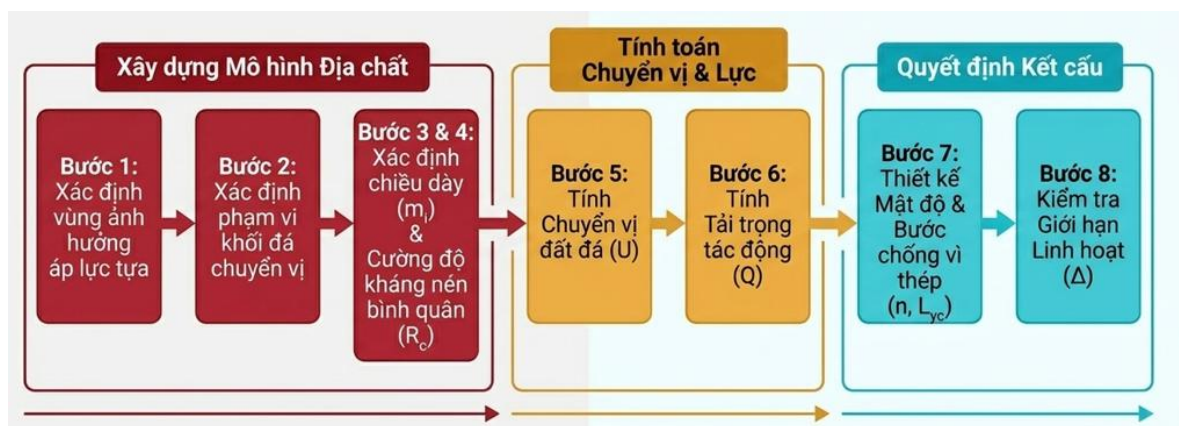


Hình 1.9. Sơ đồ tải trọng và biểu đồ M, N đường lò hình tang trống [71]

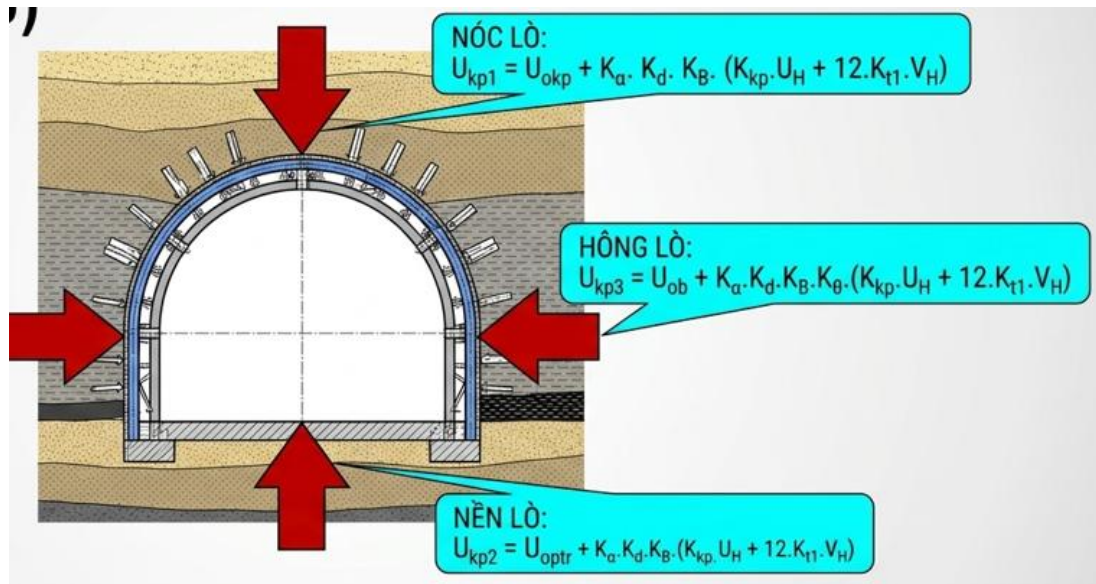
- Phương pháp nền đàn hồi (Phương pháp chuyển vị)

Để mô tả chính xác hơn sự tương tác giữa khối đá và khung chống, nhiều nghiên cứu đã áp dụng mô hình nền đàn hồi. Trong mô hình này, khung chống được coi là một dầm hoặc vòm đàn hồi liên kết với nền đàn hồi thông qua hệ số phản lực nền [40], [48], [53], [65].

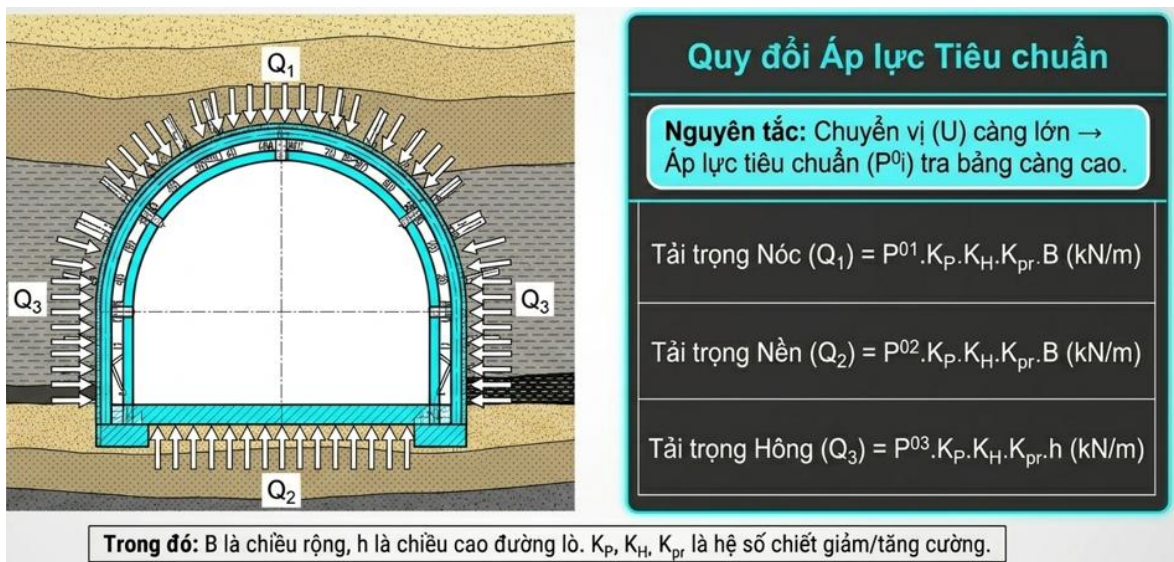
Theo phương pháp này, tải trọng tác dụng lên khung chống không được giả định trước mà được xác định thông qua chuyển vị tương đối giữa khung chống và khối đá bao quanh. Mô hình nền Winkler là mô hình được sử dụng phổ biến nhất, trong đó phản lực của khối đá tỷ lệ thuận với độ dịch chuyển của KCC. Sau đó, nhiều mô hình tiên tiến hơn như nền Pasternak hoặc nền đàn hồi hai tham số đã được phát triển nhằm xét đến ảnh hưởng của tương tác giữa các phần tử đá. So với phương pháp tính toán giả thuyết trước điều kiện áp lực (Phương pháp cũ), phương pháp chuyển vị có nhiều ưu điểm và áp dụng cho các đường lò đào trong điều kiện áp lực lớn, phức tạp đang gặp tại nhiều mỏ hầm lò tại vùng than Quảng Ninh hiện nay. Quy trình tính toán theo 8 bước như Hình 1.10 dưới đây. Phương pháp tính chuyển vị đường lò trong điều kiện áp lực lớn, điều kiện địa chất phức tạp được thể hiện trên Hình 1.11. Áp lực được tính chuyển từ chuyển vị thể hiện trên Hình 1.12.



Hình 1.10. Quy trình tính toán KCC đường lò theo phương pháp chuyển vị



Hình 1.11. Phương pháp tính chuyển vị đường lò trong điều kiện áp lực lớn, điều kiện địa chất phức tạp



Hình 1.12. Phương pháp quy đổi áp lực lên biên lò từ chuyển vị

- Phương pháp tương tác Khối đá – KCC

Trong khoảng hai thập kỷ gần đây, quan điểm thiết kế hiện đại cho rằng khung chống không làm việc độc lập mà luôn tồn tại sự tương tác với khối đá bao quanh. Theo đó, tải trọng tác dụng lên KCC phụ thuộc trực tiếp vào quá trình biến dạng của khối đá sau khi đào.

Cơ sở lý thuyết của phương pháp này được xây dựng trên hai đường đặc trưng

gồm đường phản ứng của khối đá và đường đặc tính của KCC [35], [39], [55], [61]. Giao điểm của hai đường cong biểu thị trạng thái cân bằng của hệ thống chống giữ.

Phương pháp tương tác Khối đá – KCC cho phép đánh giá đồng thời độ hội tụ của đường lò, tải trọng tác dụng lên vì chống và mức độ ổn định của khối đá. Đây hiện là phương pháp được sử dụng rộng rãi trong thiết kế đường lò hiện đại, đặc biệt đối với các đường lò chịu ứng suất cao hoặc khai thác ở độ sâu lớn.

- Phương pháp mô hình số:

Phương pháp số được sử dụng rất phổ biến trong tính toán KCC chống giữ các đường lò hiện nay cho các đường lò nằm trong điều kiện địa chất phức tạp, áp lực mỏ lớn, hoặc các đường lò có hình dạng phức tạp việc sử dụng phương trình giải tích mô tả gặp khó khăn. Trong phương pháp mô hình số có hai nhóm phương pháp được áp dụng nhiều gồm:

+ *Phương pháp phần tử hữu hạn*

Sự phát triển của công nghệ tính toán đã thúc đẩy việc ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn trong nghiên cứu khung chống thép. Trong phương pháp này, khung chống được mô hình hóa bằng các phần tử dầm hoặc phần tử khung, trong khi khối đá được chia thành các phần tử liên tục.

Ưu điểm lớn nhất của phần tử hữu hạn là có khả năng mô phỏng hình dạng thực tế của đường lò, điều kiện địa chất phân lớp, tải trọng không đối xứng, ảnh hưởng của đứt gãy cũng như đặc tính phi tuyến của vật liệu. Các thông số nội lực như N , M , lực cắt và chuyển vị được xác định trực tiếp thông qua quá trình tính toán.

Hiện nay, các phần mềm như Abaqus, Ansys, Plaxis và Phase² được sử dụng rộng rãi để phân tích khả năng chịu lực của khung chống thép [33], [34], [57], [58]. Kết quả mô phỏng thường được kiểm chứng bằng số liệu đo hiện trường hoặc thí nghiệm mô hình hoặc bằng bài toán lý thuyết (với những bài toán nghiên cứu lý thuyết).

+ *Phương pháp sai phân hữu hạn và phần tử rời rạc*

Đối với các đường lò có biến dạng lớn hoặc khối đá bị phá hủy mạnh, phương pháp phần tử hữu hạn gặp nhiều hạn chế do lưới tính toán dễ bị méo. Vì vậy, phương pháp sai phân hữu hạn và phương pháp phần tử rời rạc ngày càng được sử dụng phổ biến.

Trong phương pháp sai phân hữu hạn, khối đá được chia thành các vùng sai phân và quá trình biến dạng được giải theo từng bước thời gian. Các phần mềm Flac và Flac3D là những công cụ tiêu biểu trong lĩnh vực này [45], [46].

Trong phương pháp phần tử rời rạc, khối đá được mô hình hóa thành tập hợp các hạt hoặc khối rời rạc có khả năng tách rời và trượt tương đối với nhau. Điều này cho phép mô phỏng chính xác quá trình nứt vỡ, sập đổ và sự truyền tải trọng lên KCC [44].

1.4. Hiện trạng các đường lò bị biến dạng nén bẹp dưới khu vực bãi thải mặt mỏ (xem PL 2)

Kết luận chương 1

Trong quá trình đổ thải tùy thuộc vào loại đất đá thải cỡ hạt, thời gian hình thành bãi thải thì TLTT của đất đá trong bãi thải có thể khác nhau. CCBT sẽ hình thành theo thời gian đổ thải và đường lò có thể nằm ở các vị trí khác nhau dưới bãi thải (đường lò nằm ở vị trí trung tâm bãi thải, sườn bãi thải, ngoài bãi thải);

Bên dưới các bãi thải vùng than Quảng Ninh có nhiều vỉa than đã đang và sẽ khai thác đồng nghĩa với việc có các hệ thống đường lò đã đang và sẽ sử dụng chịu ảnh hưởng của tải trọng nhân tạo gây ra bởi BTBM mở tác dụng lên hệ thống các đường lò nằm dưới bãi thải;

Có nhiều phương pháp tính nội lực trong KCC lò như phương pháp tính toán bằng giải tích, phương pháp nền đàn hồi, phương pháp tương tác Khối đá- KCC (phương pháp chuyển vị), phương pháp số (phương pháp phần tử hữu hạn, phương pháp sai phân hữu hạn và phần tử rời rạc).

CHƯƠNG 2

XÂY DỰNG MÔ HÌNH SỐ MÔ PHỎNG BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ VÀ ĐƯỜNG LÒ NẴM DƯỚI BÃI THẢI

2.1. Tổng quan

Nội dung của chương này dựa vào lời giải bài toán phân bố ứng suất phụ thêm do tải trọng hình thang của tác giả Hamilton Gray công bố kết quả năm 1936 [42] để xác định chiều sâu giới hạn (vị trí phân tổ đất đá trong môi trường không chịu ảnh hưởng bởi ngoại lực tác dụng) ảnh hưởng của ứng suất phụ thêm do tải trọng dạng hình thang coi như BTBM mỏ gây ra. Từ kết quả xác định chiều sâu giới hạn tiến hành lựa chọn kích thước, xây dựng và kiểm chứng mô hình số nghiên cứu ảnh hưởng của BTBM mỏ đến ứng xử cơ học của KCC giữ đường lò nằm dưới bãi thải. BTBM mỏ sử dụng để mô phỏng là loại bãi thải dương (đổ thải trên bề mặt đất). Bãi thải dương tùy thuộc vào điều kiện địa hình, khối lượng đổ thải, điều kiện xung quanh có thể có nhiều hình dạng kích thước khác nhau nhưng đa phần, ở dạng hình nón cụt hoặc nửa hình nón cụt. Trong nghiên cứu của luận án sẽ sử dụng mô hình 2D (phần mềm Phase2) vì vậy mặt cắt điển hình của bãi thải được lựa chọn có dạng hình thang. Mô hình tính với điều kiện coi khối đá nằm dưới bãi thải mỏ là đồng nhất, đường lò có hình dạng hình tròn đường kính bằng 5m (dạng sử dụng KCC kín) và hình tường thẳng vòm bán nguyệt có kích thước rộng x cao $= 5 \times 5$ m (dạng sử dụng KCC hở). Trong phần mềm Phase2 có công năng mô phỏng gán tải trọng phân bố phụ thêm bên trên bề mặt mô hình, vì vậy trong nghiên cứu cũng tận dụng công năng này để thay thế cho tải trọng BTBM mỏ.

2.2. Xây dựng mô hình số

Chương trình phần mềm Phase2 được xây dựng trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn. Trong đó môi trường nghiên cứu được chia thành một mạng lưới các phần tử có kích thước hữu hạn, tiếp xúc với nhau bởi các nút. Bằng phương pháp này việc giải một hệ các phương trình vi phân được đưa về dạng giải một hệ các phương trình đại số, liên kết các lực tại các nút với các chuyển vị nút qua "ma trận độ cứng". Các hàm số "hình dạng" và nội suy được áp dụng để diễn tả các biểu hiện ứng suất, biến dạng của từng phần tử. Phase2 cho phép mô phỏng đồng thời điều kiện địa chất đất đá, tải trọng BTBM, kết cấu chống giữ đường lò và quá trình thi công theo giai đoạn thực tế, kết quả có thể đưa ra dữ liệu về nội lực trong KCC, phân bố ứng suất, biến dạng, vv.

Trong nghiên cứu này mô hình số được xây dựng theo các giả thiết nêu trên, bãi thải được mô hình hóa dưới dạng tải trọng phân bố hình thang lên bề mặt mô hình, các bước xây dựng mô hình số và kiểm chứng mô hình bao gồm:

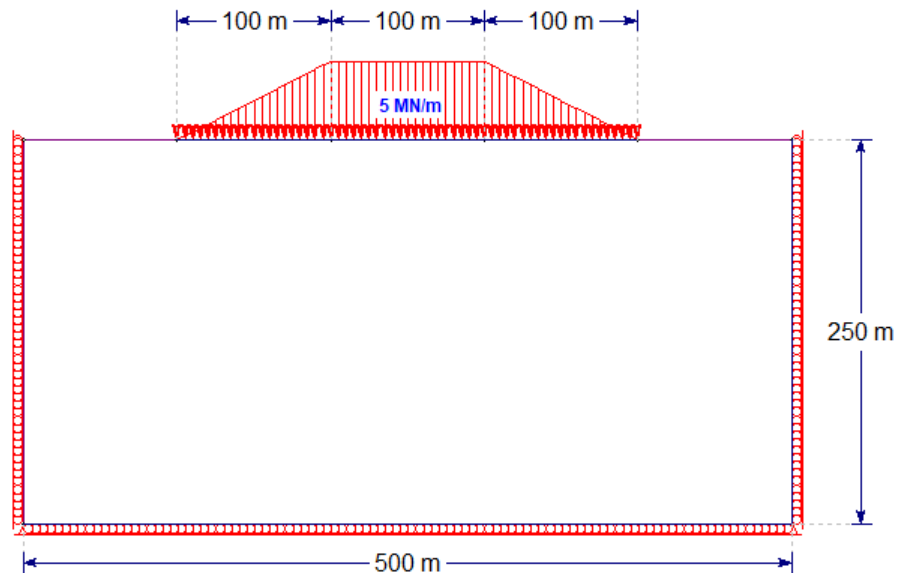
- Bước 1: Xây dựng mô hình số với khối đá đồng nhất;
- Bước 2: Gán tải trọng phụ dạng hình thang trên bề mặt mô hình (tải trọng này coi như tải trọng của BTBM mở)
- Bước 3: Kiểm chứng độ tin cậy của mô hình số bằng việc sử dụng bài toán kinh điển xác định phân bố ứng suất phụ thêm trong bán không gian vô hạn đàn hồi chịu tải trọng bề mặt của Boussinesq (1885) với lời giải cho tải trọng tập trung và tải trọng phân bố đều; Hamilton Gray (1936) với lời giải cho bài toán tải trọng phân bố tuyến tính, trong đó có dạng tải trọng hình thang – phù hợp với mô hình BTBM trong nghiên cứu này ở cùng điều kiện biên.
- Bước 4: Sử dụng mô hình đã được kiểm chứng để đào đường lò nghiên cứu với các phương án khảo sát: thay đổi dung trọng của đất đá thải trong bãi thải, thay đổi CCBT và thay đổi vị trí tương quan giữa đường lò với bãi thải trong trường hợp đường lò hình tròn và hình tường thẳng vòm bán nguyệt (Bãi thải có trước, đường lò đào sau dưới bãi thải). Nội dung nghiên cứu này sẽ được trình bày tại Chương 3.

2.2.1. Kích thước mô hình

Kích thước mô hình mô phỏng có ý nghĩa rất quan trọng, ảnh hưởng tới độ chính xác của kết quả mô phỏng. Để xác định kích thước hợp lý của mô hình, tác giả đã thực hiện một loạt các thử nghiệm trên mô hình số với kích thước khác nhau đảm bảo chuyển vị và ứng suất tại các điểm gần biên mô hình xấp xỉ với các giá trị tương ứng của trường ứng suất nguyên sinh, mặt khác kích thước đủ lớn sẽ phù hợp với điều kiện không gian vô hạn ứng với điều kiện hiện trường. Từ đó xác định kích thước mô hình tối thiểu mà vẫn đảm bảo độ chính xác cần thiết. Mặt khác loại trừ ảnh hưởng của điều kiện biên đến ứng xử của KCC, đồng thời bảo đảm kết quả tính toán và tính khả thi trong việc thực hiện nhiều phương án mô phỏng trên cùng kích thước mô hình.

Các phương án nghiên cứu ảnh hưởng của BTBM mở đến ứng xử của KCC lò bằng thép bao gồm: ảnh hưởng của dung trọng đất đá trong bãi thải, CCBT và vị trí

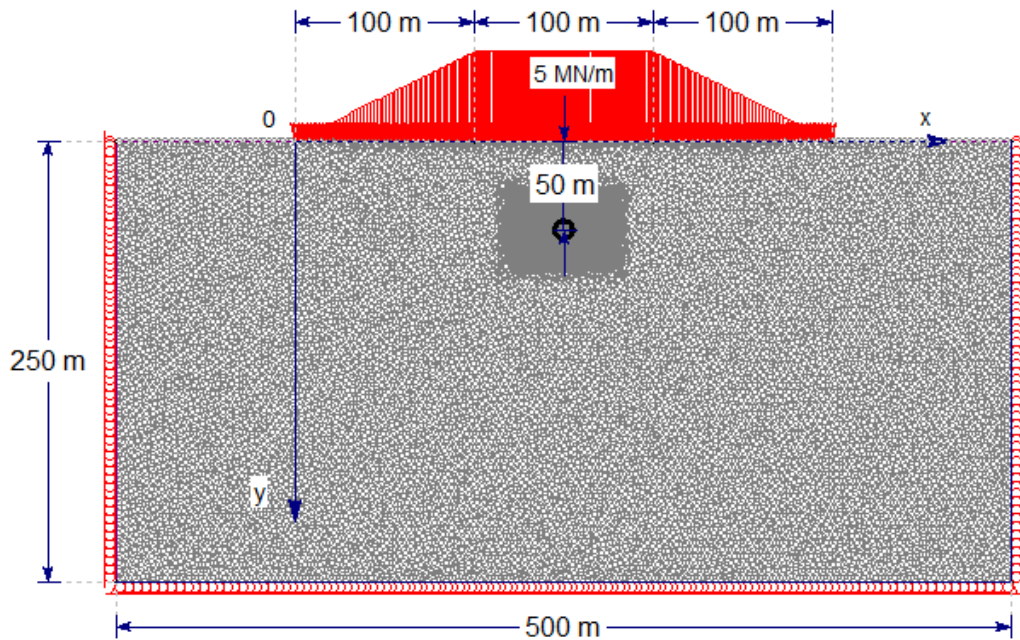
tương quan giữa đường lò và BTBM mở. Trên cơ sở đó mô hình biến dạng phẳng 2 chiều được chọn có kích thước Rộng x Cao tương ứng là 500m x 250m (với kích thước như này điều kiện biên của mô hình số xấp xỉ môi trường bán không gian vô hạn) bãi thải có kích thước chiều rộng đáy là 300m, chiều rộng đỉnh bãi thải là 100m thể hiện trên Hình 2.1.



Hình 2.1. Mô hình số bài toán mô phỏng

2.2.2. Xây dựng lưới phần tử hữu hạn và gán điều kiện biên ban đầu

Mô hình khối đá được rời rạc hóa và chia thành các phần tử hữu hạn. Các phần tử trong mô hình có dạng tam giác 6 nút. Do kích thước mô hình đã chọn đủ lớn để loại bỏ ảnh hưởng của đường biên tới kết quả phân bố ứng suất, dịch chuyển trong khối đá xung quanh đường lò cũng như chịu lực của KCC đường lò. Cố định chuyển vị theo phương x (ngang) và phương y (đứng). Biên đáy ngàm hoàn toàn (cố định cả O_x và O_y); hai biên bên ngàm trượt (chỉ cố định chuyển vị ngang $u_x = 0$, cho phép chuyển vị đứng $u_y \neq 0$ lún tự do theo trọng bản thân); biên mặt đất để tự do. Nếu ngàm cứng cả hai biên bên theo phương đứng, ứng suất trọng lực tính toán sẽ bị sai lệch nghiêm trọng, tương ứng trên mô hình thể hiện trên Hình 2.2.



Hình 2.2. Chia lưới và cố định biên trong mô hình

Quy ước mô hình của Phase2 là:

x: phương ngang; y: phương đứng; z: phương vuông góc mặt phẳng mô hình

Theo kết quả nghiên cứu và tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý đá cho các mỏ lộ thiên, hầm lò vùng Quảng Ninh phục vụ công tác khoan, nổ mìn, điều khiển áp lực mỏ, bờ mỏ của Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin (2002) [29]. Trong nghiên cứu này TLTT trung bình được lấy bằng 20 kN/m^3 , độ bền nén một trục trung bình (σ_{ci}) bằng 37,8 (MPa).

Khối đá trong mô hình mô phỏng được sử dụng theo tiêu chuẩn bền Hoek-Brown (2002). Mô đun biến dạng của khối đá E_m được xác định theo Hoek et al. (2002) bằng công thức:

$$E_m(\text{GPa}) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} 10^{((GSI-10)/40)} \quad (2.1) \quad [43]$$

Trong đó:

D - Hệ số chấn động, $D = 0,5$ (giả thiết nổ mìn với chất lượng trung bình có gây giảm chất lượng khối đá);

GSI - Chỉ số bền địa chất dựa trên điều kiện phân lớp, nứt nẻ trong khối đá và chất lượng bề mặt khối đá (từ rất xấu đến rất tốt). trong nghiên cứu này lựa chọn giá trị $GSI = 50$;

Giá trị hằng số m_b , hằng số s và a được tính toán dựa trên tiêu chuẩn Hoek-Brown (2002) theo công thức:

$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right) \quad (2.2) [43]$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right) \quad (2.3) [43]$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}(e^{-GSI/15} - e^{-20/3}) \quad (2.4) [43]$$

Trong đó: m_i - hằng số vật liệu của đá, trong nghiên cứu này lấy $m_i = 7$.

Các tham số của khối đá trong mô hình thể hiện trên Bảng 2.1.

Bảng 2.1. Các thông số đầu vào của khối đá trong mô hình

STT	Thông số	Đơn vị tính	Giá trị
1	Trọng lượng thể tích	kN/m ³	20,0
2	Mô đun biến dạng (E)	MPa	4611,0
3	Hệ số nở hông (μ)	-	0,30
4	Độ bền nén đá liền khối (σ_{ci})	MPa	37,8
5	GSI	-	50,0
6	Hằng số vật liệu của đá mi	-	7,0
7	D	-	0,5
8	m_b		0,6472
9	s		0,0013
10	a		0,5057
11	Hệ số áp lực ngang (K_0)	-	0,5
13	Mô hình phá hủy	-	Hoek-Brown

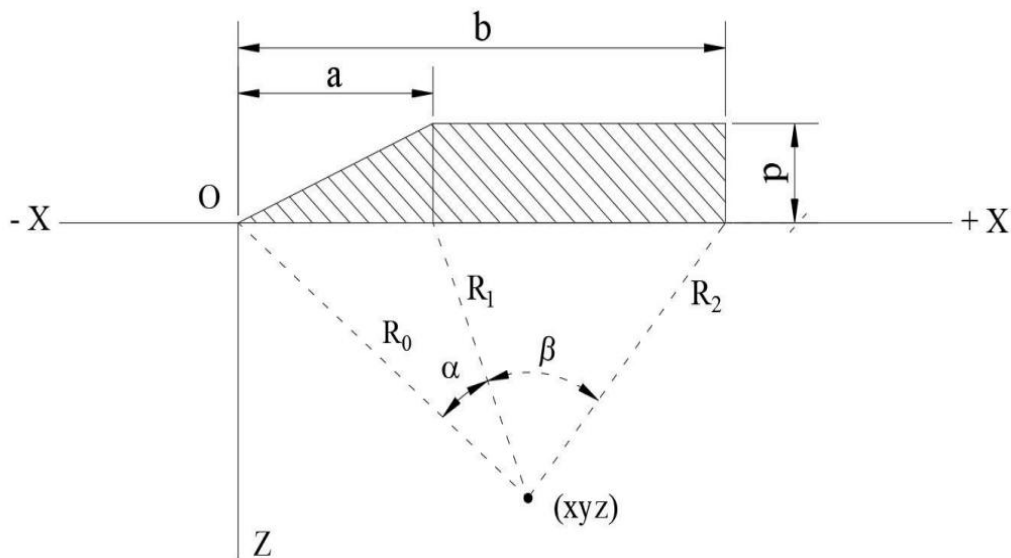
2.3. Kiểm chứng mô hình

2.3.1. Phương pháp giải tích bài toán trong bán không gian vô hạn chịu tải trọng trên bề mặt

Bài toán coi môi trường đất đá là một bán không gian hai chiều Oxz có đường giới hạn là trục Ox trục Oz thể hiện phương ngang và phương đứng của không gian nghiên cứu. Phần không gian này không giới hạn kích thước theo chiều Ox và Oz và được giả định là đàn hồi, đẳng hướng theo các phương.

Theo cơ học cổ điển, khi tác dụng một ngoại lực vào bán không gian vô hạn, phân tử đất đá trong môi trường sẽ chịu ảnh hưởng bởi ngoại lực và hình thành nội lực (ứng lực) có xu hướng chống lại biến dạng của phân tử đất đá do ngoại lực gây ra. Cường độ phân bố nội lực trên một đơn vị diện tích được gọi là ứng suất phụ thêm do ngoại lực gây ra và được phân tích thành các thành phần ứng suất theo các phương của phân tử đất đá nghiên cứu.

Việc giải bài toán phân bố ứng suất phụ thêm trong bán không gian vô hạn đàn hồi chịu tải trọng trên bề mặt đã được công bố nhiều tác giả. Điển hình như Boussinesq năm 1885 đưa ra lời giải cho bài toán tải trọng tập trung tác dụng, tải trọng phân bố đều, trên bề mặt bán không gian vô hạn đàn hồi. Với bài toán phân bố ứng suất phụ thêm do tải trọng dạng hình thang đã được công bố trong Hamilton Gray, 1936 theo hình vẽ 2.3 [42] và các công thức 2.5÷2.7.



Hình 2.3. Bài toán bán không gian vô hạn đàn hồi [42]

Theo Hamilton–Gray: x là phương ngang, z là phương đứng hướng xuống và y là phương vuông góc với phương đứng; theo Phase2: x là phương ngang, y là phương đứng và z vuông góc với phương đứng của mô hình. Khi đối chiếu hai phương pháp, quy ước $x_{\text{Gray}} \equiv x_{\text{Phase2}}$, $z_{\text{Gray}} \equiv y_{\text{Phase2}}$.

Xét một phân tử ứng suất bất kỳ trong bán không gian vô hạn đàn hồi được tính theo công thức [42]:

- Ứng suất theo phương ngang

$$\sigma_x = \frac{p}{\pi a} \left[a\beta + x\alpha + \frac{az}{R_0^2} (x - b) + 2z \log_e \frac{R_1}{R_0} \right] \quad (2.5) \quad [42]$$

- Ứng suất theo phương thẳng đứng

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi a} \left[a\beta + x\alpha - \frac{az}{R_0^2} (x - b) \right] \quad (2.6) \quad [42]$$

- Ứng suất cắt:

$$\tau_{xz} = -\frac{p}{\pi a} \left[z\alpha - \frac{az^2}{R_0^2} \right] \quad (2.7) \quad [42]$$

Trong đó:

- x, z - Là tọa độ hai chiều trong bán không gian vô hạn đàn hồi Oxz;
- R_0, R_1, R_2 - Là các bán kính tọa độ tính từ điểm quan sát tới các vị trí tải trọng trên bề mặt;
- α, β - Là các góc lần lượt tạo bởi R_0R_1 và R_1R_2 ;
- a, b - Là chiều rộng các cạnh tải trọng theo phương Ox;
- p - Là cường độ tải trọng tính bằng lực trên một đơn vị chiều dài.

Cơ sở tính toán: Bài toán giải tích của Hamilton Gray (1936) [42] được mô tả tải phân bố gồm một đoạn tăng tuyến tính từ 0 đến p trên chiều rộng a, tiếp theo là đoạn tải đều p đến vị trí b. Bài toán được xét trong trạng thái biến dạng phẳng (plane strain), với x là phương ngang và z là chiều sâu. Theo quy ước của tài liệu, ứng suất nén được lấy dấu dương.

Đối với bãi thải đang xét, lấy một nửa phía trái theo Case VII và phản chiếu đối xứng qua đường $x = b$. Các thông số được sử dụng là:

a = 100 m: bề rộng đoạn tải tăng tuyến tính ở mỗi sườn;

b = 150 m: khoảng cách từ chân bãi thải đến trục đối xứng;

2b = 300 m: tổng bề rộng đáy bãi thải sau khi lấy đối xứng;

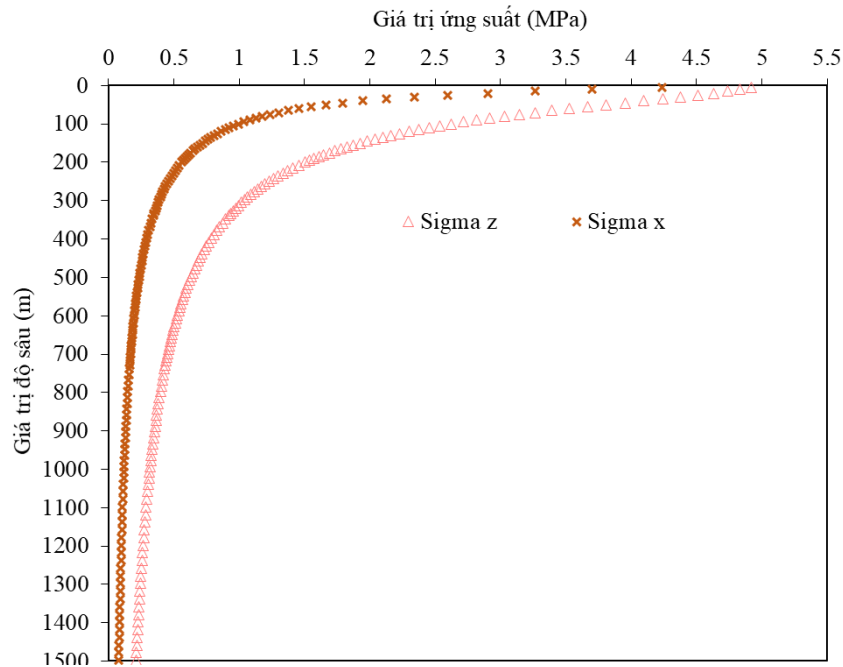
b - a = 50 m: chiều rộng phần tải đều ở mỗi nửa; do đó đoạn tải đều ở giữa có tổng bề rộng $2(b - a) = 100$ m;

p = 5 MPa: tải trọng bề mặt cực đại dùng trong phép tính. Trong mô hình biến dạng phẳng, chiều dày quy ước theo phương vuông góc mặt cắt là 1 m. Do đó, tải trọng $P = 5\text{MN/m}$ được quy đổi tương đương thành áp lực bề mặt $p = 5\text{MN/m}^2 = 5\text{MPa}$.

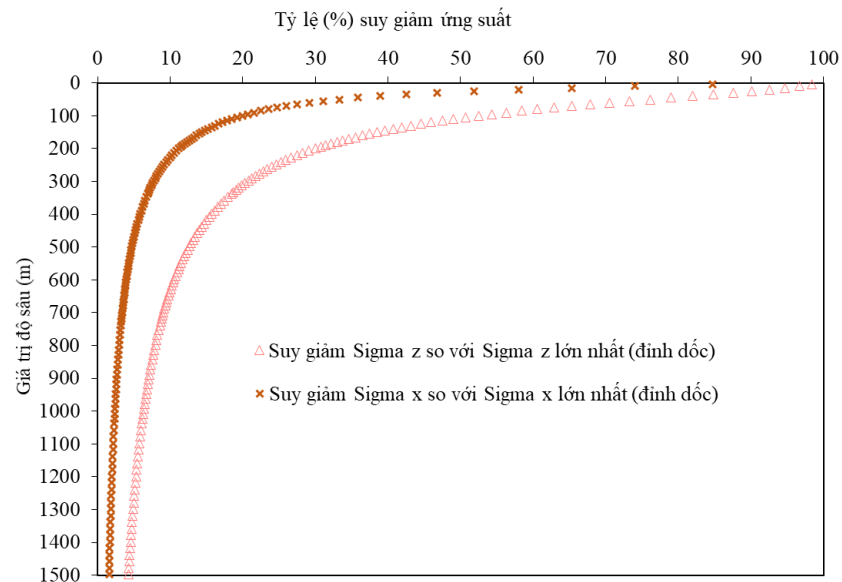
2.3.2. Khảo sát chiều sâu giới hạn và sự phù hợp của kích thước mô hình kiểm chứng

Từ Hình 2.1, công thức (2.5), (2.6) và đặc điểm của bãi thải cũng như các đường lò nằm dưới bãi thải trình bày ở chương 1 có thể thấy rằng cần xác định chiều sâu giới hạn - vị trí phân tổ đất đá trong môi trường không hoặc ít chịu ảnh hưởng bởi ngoại lực tác dụng trên bề mặt. Hay nói cách khác cần xác định ở độ sâu bao nhiêu mét cách bề mặt bãi thải sẽ không hoặc ít còn ảnh hưởng của áp lực nhân tạo do bãi thải gây ra đối với đường lò nằm bên dưới. Trên cơ sở này dựa vào công thức (2.5), (2.6), Hình 2.3 và tham số lập mô hình thể hiện trên hình 2.1 có $P = 5\text{MN/m}$, $a = 100\text{m}$, $b = 150\text{m}$, $b - a = 50\text{m}$ biểu diễn được sự phụ thuộc của giá trị ứng suất σ_z và σ_x theo chiều sâu đến 1.500m tại vị trí nằm ngay dưới đỉnh dốc thể hiện trên Hình 2.4 và Hình 2.5.

Từ hình 2.4 có thể thấy rằng, ứng suất σ_z và σ_x giảm theo chiều sâu điểm khảo sát. Giá trị σ_z tại những vị trí điểm khảo sát nhỏ hơn 200m tính từ bề mặt đất thì ảnh hưởng của tải trọng bề mặt gây ra là rõ nhất, thể hiện giá trị ứng suất lớn nhất từ $1,5 \div 5\text{ MPa}$. Còn những điểm khảo sát ở độ sâu lớn hơn 200m giá trị ứng suất gây ra bởi tải trọng bề mặt giảm dần và đến vị trí độ sâu 500m thì giá trị ứng suất giảm gần bằng 0,6 MPa, giá trị này tương ứng với tỷ lệ giảm ứng suất bằng 12% thể hiện trên Hình 2.5, tiếp tục đến vị trí cách mặt đất bằng 1.000m thì giá trị ứng suất giảm gần về bằng 0,22MPa, giá trị này tương ứng với tỷ lệ giảm ứng suất bằng 4,9% thể hiện trên Hình 2.5.



Hình 2.4. Quan hệ giữa ứng suất Sigma z và Sigma x với độ sâu



Hình 2.5. Quan hệ giữa tỷ lệ suy giảm ứng suất Sigma z và Sigma x với độ sâu

Giá trị Sigma x tại những vị trí điểm khảo sát nhỏ hơn 200m tính từ bề mặt đất thì ảnh hưởng của tải trọng bề mặt gây ra là rõ nhất, thể hiện giá trị ứng suất lớn nhất từ $0,5 \div 4,23$ MPa. Còn những điểm khảo sát tại vị trí lớn hơn 200m giá trị ứng suất gây ra bởi tải trọng bề mặt giảm dần và đến vị trí độ sâu 500m thì giá trị ứng suất giảm gần về bằng 0,23 MPa, giá trị này tương ứng với tỷ lệ giảm ứng suất bằng 4,6% thể hiện trên Hình 2.5, tiếp tục đến vị trí cách mặt đất bằng 1.000m thì giá trị ứng suất

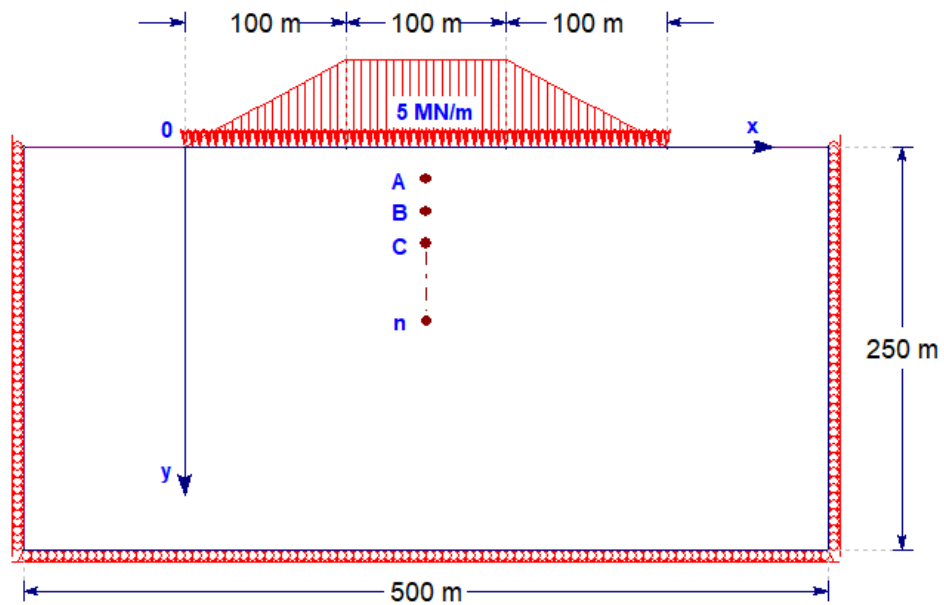
giảm gần về bằng 0,11MPa, giá trị này tương ứng với tỷ lệ giảm ứng suất bằng 2,3% thể hiện trên Hình 2.5.

Từ những giá trị phân tích trên cho thấy trong điều kiện đầu vào của tải trọng phụ thêm trên bề mặt giả thiết như trên thì tại độ sâu nhỏ hơn 200m tính từ mặt đất thì ứng suất phụ thêm sinh ra do tác dụng của tải trọng bề mặt thể hiện rõ nhất. Do vậy kích thước mô hình của bài toán mô phỏng trên Hình 2.1 đáp ứng được yêu cầu mục tiêu nghiên cứu. Mặt khác khi nghiên cứu các trường hợp ảnh hưởng của BTBM mở đến ứng xử cơ học của KCC đường lò nằm bên dưới bãi thải trong điều kiện xây dựng mô hình tại Hình 2.2 chiều sâu đặt đường lò cách bề mặt đất 50m là thể hiện rõ nhất ảnh hưởng của tải trọng BTBM. Về kích thước mô hình kiểm chứng lựa chọn theo kích thước mô hình tại Hình 2.2 là đáp ứng được mục tiêu nghiên cứu.

Cũng trong điều kiện đầu vào của tải trọng phụ thêm trên bề mặt giả thiết như trên tại độ sâu lớn hơn 1.000m tính từ mặt đất thì ứng suất phụ thêm sinh ra do tác dụng của tải trọng bề mặt là rất nhỏ hay nói cách khác là không đáng kể. Trong phạm vi nghiên cứu này, độ sâu giới hạn được xác định khi ứng suất phụ thêm do tải trọng bề mặt giảm xuống mức rất nhỏ so với giá trị ứng suất tại vùng chịu ảnh hưởng rõ rệt; giá trị này phụ thuộc vào độ lớn và phạm vi phân bố của tải trọng bề mặt cũng như điều kiện hình học của bài toán. Trên cơ sở đó, độ sâu 1.000 m được lựa chọn là độ sâu giới hạn để xét ảnh hưởng của tải trọng bề mặt trong phạm vi nghiên cứu.

2.3.3 Xây dựng mô hình kiểm chứng

Kết quả của bài toán phân bố ứng suất phụ thêm trong bán không gian vô hạn đàn hồi chịu tải trọng trên bề mặt trên phù hợp để sử dụng cho các bài toán nghiên cứu về ảnh hưởng của BTBM đến ứng xử của KCC đường lò nằm dưới bãi thải trình bày trong luận án này. Tuy nhiên, với khối lượng tính toán và mức độ phức tạp khi xây dựng bài toán trong luận án, tác giả lựa chọn xây dựng mô hình nghiên cứu bằng phương pháp số trong chương trình Phase² được xây dựng dựa trên kết quả nghiên cứu của Hamilton Gray năm 1936. Để đảm bảo độ tin cậy của mô hình trong quá trình nghiên cứu, tác giả đã thực hiện kiểm chứng mô hình bằng việc so sánh kết quả của bài toán giải tích với bài toán mô hình số. Mô hình kích thước bài toán kiểm chứng thể hiện trên Hình 2.6.



Hình 2.6. Mô hình bài toán kiểm chứng

Mô hình bài toán kiểm chứng được xây dựng có kích thước chiều rộng 500m, chiều cao 250m được thiết lập điều kiện biên bằng các phần tử ngăn chống cho dịch chuyển theo các phương Ox và Oy như trên Hình 2.6.

Trong mô hình số kiểm chứng, tác giả đã mô phỏng bãi thải trên bề mặt bằng tải trọng phân bố dạng hình thang có đáy nhỏ rộng 100m (tương đương với đỉnh bãi thải), đáy lớn kích thước 300m (tương đương với chân bãi thải), áp lực tải trọng 5 MN/m (tương đương với bãi thải có chiều cao 250m khi TLTT bằng 20 kN/m³). Môi trường đất đá trong mô hình số kiểm chứng thể hiện trên Bảng 2.1.

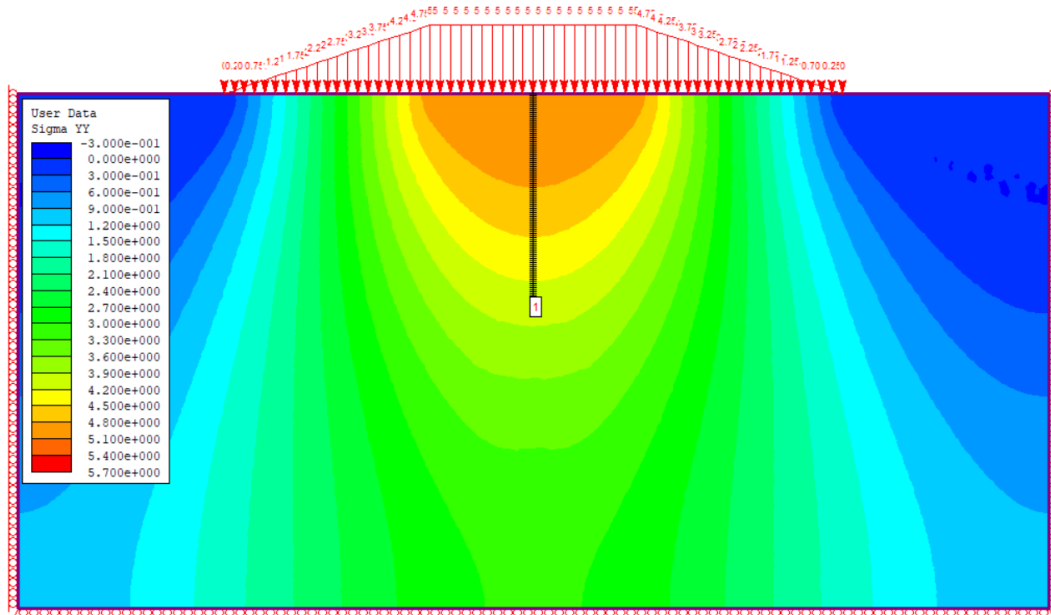
Kết quả ứng suất trong mô hình số được quan sát tại các điểm nằm chính giữa bên dưới bãi thải (các điểm A, B, C ...n) thể hiện trên Hình 2.6.

2.3.4 Kết quả kiểm chứng

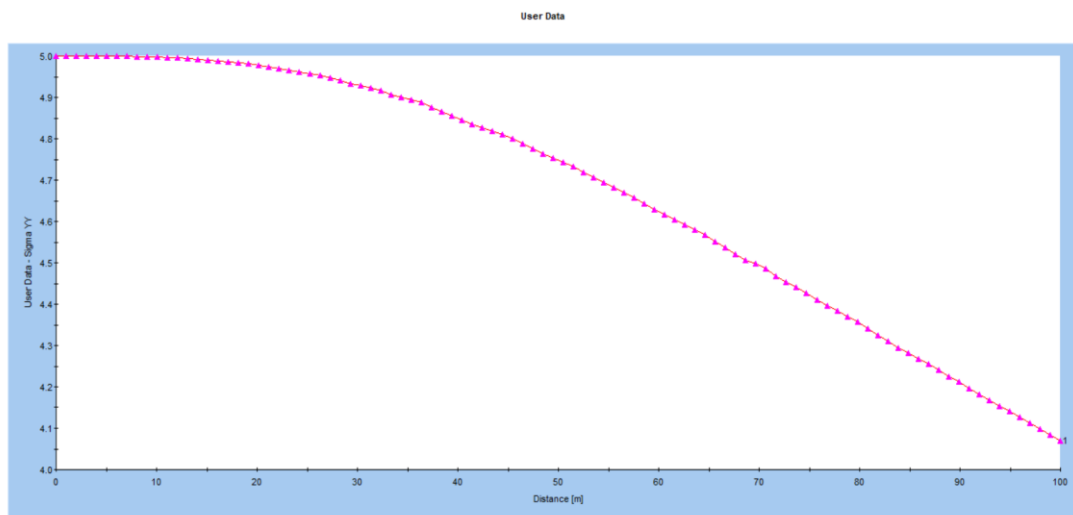
Trạng thái ứng suất trong khối đá

Trạng thái ứng suất nguyên sinh trong khối đá được mô phỏng trong mô hình có xem xét tới ảnh hưởng của trường trọng lực tác dụng lên mô hình. Trường ứng suất trọng lực được đặc trưng bằng các thông số: ứng suất theo phương thẳng đứng xác định dựa vào TLTT của khối đá và chiều sâu điểm khảo sát. Bản chất của bài toán nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải là xét tải trọng phụ thêm trên bề mặt theo phương thẳng đứng, do đó thành phần ứng suất theo phương thẳng đứng là quan trọng

nhất. Luận án tiến hành so sánh thành phần ứng suất chính theo phương thẳng đứng giữa hai phương pháp giải tích và mô hình số. Kết quả ứng suất sigma y (phương đứng theo phase 2) thể hiện trên Hình 2.7 và hình 2.8.



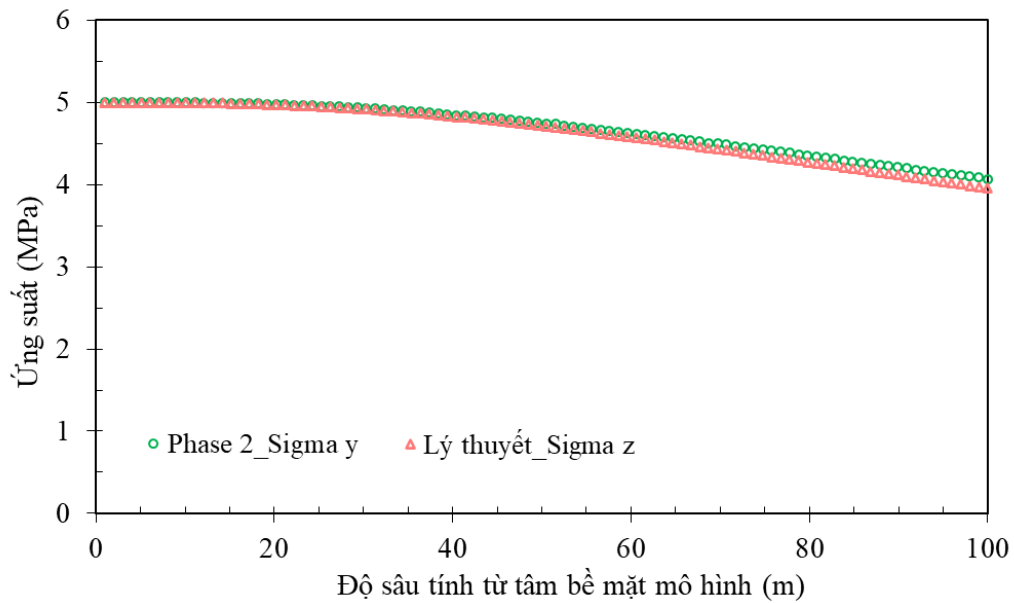
Hình 2.7. Phân bố ứng suất sigma y theo phương đứng



Hình 2.8. Đường cong phân bố ứng suất theo phương đứng

Ứng suất chính theo phương thẳng đứng ở trạng thái đàn hồi của khối đá chịu ảnh hưởng của bãi thải có dạng phi tuyến với cường độ giảm dần theo chiều sâu.

Kết quả kiểm chứng bài toán ứng suất phụ thêm trong bán không gian vô hạn đàn hồi chịu tải trọng trên bề mặt bằng phương pháp giải tích của Hamilton Gray năm 1936 và bằng phần mềm Phase2 thể hiện trên Hình 2.9.



Hình 2.9. Kết quả kiểm chứng giá trị ứng suất bằng giải tích và phần mềm

Trong Hình 2.9 thể hiện giá trị ứng suất σ_y (theo phương đứng) tại các điểm quan sát nằm chính giữa bên dưới bãi thải khi thực hiện tính toán theo kết quả giải tích và giá trị ứng suất σ_y (theo phương đứng) tại các điểm quan sát nằm chính giữa bên dưới bãi thải khi thực hiện tính toán trên mô hình số Phase2. Ứng suất theo phương thẳng đứng σ_y giảm tương đối chậm theo chiều sâu vì vùng chịu tải rộng (300 m): Tại $y = 50$ m, $\sigma_y \approx 4,714$ MPa; tại $y = 100$ m, $\sigma_y \approx 3.955$ MPa, tương đương khoảng 79,1% tải cực đại trên bề mặt. Vì vậy, khi đi sâu xuống dưới trục giữa, trường ứng suất do bãi thải chuyển dần sang trạng thái mà thành phần tăng thêm theo phương đứng chiếm ưu thế rõ rệt so với thành phần ngang trong mặt phẳng. Kết quả của cả bài toán giải tích và mô hình số đã phản ánh đúng bản chất của vấn đề nghiên cứu. Ngoài ra, kết quả của lời giải giải tích và mô hình số đều xét ở trạng thái khối đá đàn hồi đồng nhất, nói cách khác khối đá chưa bị phá hủy. Từ Hình 2.9 cho thấy phân bố và xu thế biến thiên của ứng suất theo phương đứng theo chiều sâu trong mô hình số ở trạng thái đàn hồi chưa bị phá hủy khá phù hợp với kết quả giải tích. Các đường cong ứng suất thu được từ mô hình số bám sát các giá trị lý thuyết, phản ánh đúng quy luật truyền tải trọng từ bề mặt xuống khối đất đá bên dưới.

Sai số trung bình giữa kết quả mô phỏng số và kết quả giải tích của các giá trị ứng suất theo phương đứng vào khoảng 2,0% khi mô hình mô phỏng ở trạng thái đàn

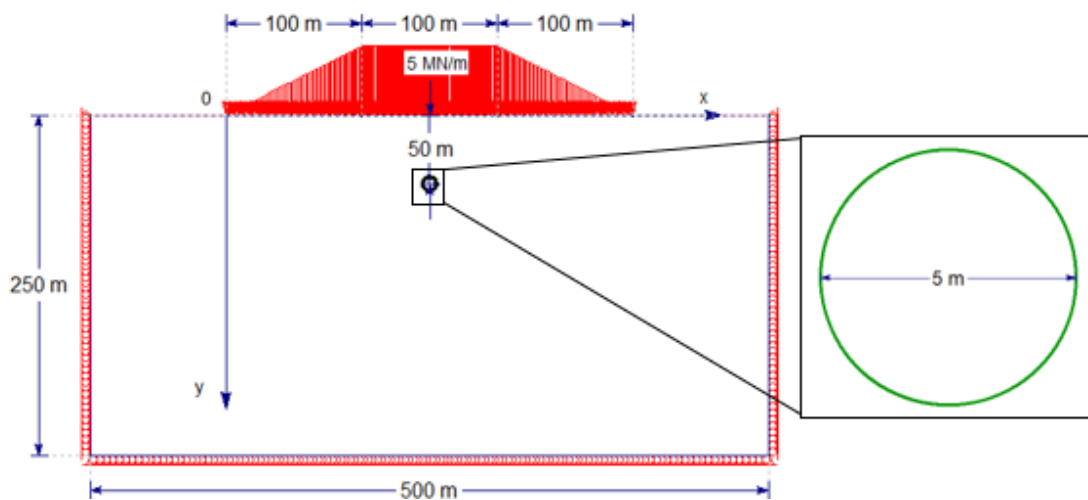
hồi, chưa có biểu hiện phá hủy. Đây là sự khác biệt do phương pháp số có xét đến các điều kiện biên so với bài toán giải tích.

Với mức sai lệch nhỏ và xu thế phân bố ứng suất gần như trùng khớp với lời giải lý thuyết, có thể thấy rằng mô hình số được xây dựng trong luận án mô phỏng bằng phần mềm Phase2 đúng bản chất cơ học của bài toán truyền tải trọng từ bề mặt xuống khối đất đá phía dưới. Kết quả kiểm chứng cũng khẳng định tính đúng đắn của các thao tác mô phỏng số bằng phần mềm Phase² để xây dựng mô hình và nghiên cứu các tham số minh chứng các luận điểm của luận án mô hình số. Do vậy, mô hình có đủ độ tin cậy để được sử dụng trong các phân tích tiếp theo về ảnh hưởng của BTBM mở đến ứng xử cơ học của KCC giữ đường lò nằm dưới bãi thải được trình bày ở Chương 3.

2.4. Các trường hợp nghiên cứu

2.4.1 Hình dạng kích thước đường lò dưới bãi thải và KCC

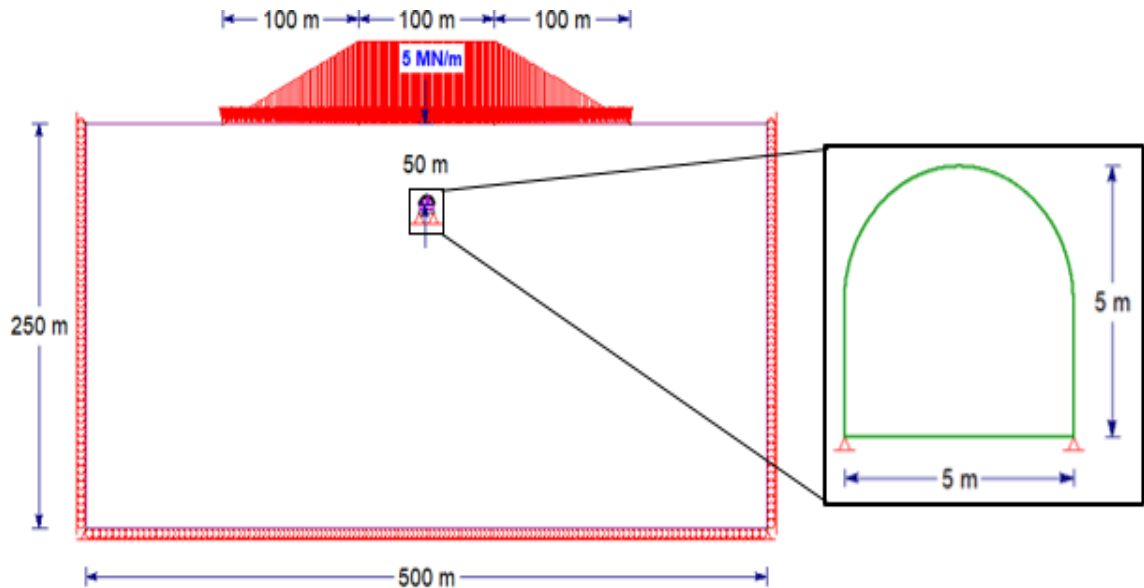
Trường hợp khảo sát với đường lò hình tròn, kích thước mô hình có chiều rộng 500m, chiều cao 250m, bãi thải được mô hình hóa dưới dạng tải trọng phân bố hình thang có kích thước đáy bãi thải bằng 300m, kích thước đỉnh bãi thải bằng 100m, chiều cao lớn nhất của bãi thải bằng 250m, đường lò hình tròn có kích thước đường kính bằng 5m đặt cách bề mặt đất 50m, thể hiện trên Hình 2.10.



Hình 2.10. Mô hình nghiên cứu với hình dạng đường lò hình tròn

Trường hợp khảo sát với đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt, kích thước mô hình có chiều rộng 500m, chiều cao 250m, bãi thải hình thang có kích thước

đáy bãi thải bằng 300m, kích thước đỉnh bãi thải bằng 100m, chiều cao lớn nhất của bãi thải bằng 250m, đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt có kích thước chiều rộng bằng 5m chiều cao bằng 5m đặt cách bề mặt đất 50m, thể hiện trên Hình 2.11.



Hình 2.11. Mô hình nghiên cứu với hình dạng đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt
KCC cho đường lò trong các phương án mô phỏng bằng phần tử thanh tương đương với vì thép SVP33, tham số của KCC thể hiện trên Bảng 2.2.

Bảng 2.2. Tham số đầu vào của đường lò và kết cấu chống thép SVP33

STT	Tham số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Tham số đường lò hình tròn			
	Đường kính	R	5,0	m
2	Tham số đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt			
	Chiều cao tường	h	2,5	m
	Chiều rộng	b	5,0	m
	Bán kính vòm	R_v	2,5	m
3	Tham số vì thép SVP33			
	Bước chống	l	0,50	m
	Chiều cao mặt cắt	-	0,137	m
	Diện tích mặt cắt ngang	S	0,00425	m ²
	Mô đun biến dạng	E	200000	MPa

	Hệ số Poisson	μ	0,35	-
	Độ bền nén	σ_n	500	MPa
	Độ bền kéo	σ_k	500	MPa
	Khối lượng theo chiều dài	-	33	Kg/m

2.4.2. Trường hợp ảnh hưởng của TLTT đất đá thải đến ứng xử KCC

Trong khai thác mỏ, đất đá thải được tập kết trên bề mặt với thành phần vật liệu, mức độ phong hóa và trạng thái đầm nén khác nhau, dẫn đến sự thay đổi đáng kể về TLTT. Sự khác biệt này làm biến đổi tải trọng tác dụng lên nền và các công trình đường lò phía dưới, đặc biệt là KCC giữ đường lò, thông qua sự thay đổi trạng thái ứng suất và điều kiện truyền tải trọng trong khối đất đá bao quanh.

Do đó, việc nghiên cứu ảnh hưởng của TLTT đất đá đổ thải đến ứng xử nội lực của KCC là cần thiết nhằm làm rõ quy luật biến thiên của M và N, đánh giá mức độ bất lợi của các điều kiện tải trọng khác nhau và làm cơ sở cho việc lựa chọn giải pháp thiết kế, kiểm tra và gia cường KCC trong điều kiện tồn tại BTBM.

- Đặc điểm vật liệu và TLTT của đất đá thải

Trong khai thác mỏ lộ thiên và hầm lò, đất đá thải được tập kết trên bề mặt với thành phần và đặc tính cơ học rất khác nhau, phụ thuộc vào điều kiện địa chất, phương pháp khai thác và công nghệ đổ thải. Sự khác biệt về mức độ phong hóa, kích thước hạt và mức độ đầm nén của vật liệu bãi thải dẫn đến sự thay đổi đáng kể về TLTT, từ đó chi phối trực tiếp tải trọng tác dụng lên nền và các công trình ngầm phía dưới, đặc biệt là KCC giữ đường lò.

- Vật liệu bãi thải theo mức độ phong hóa

Theo mức độ phong hóa, vật liệu bãi thải có thể được chia thành các nhóm từ ít phong hóa đến phong hóa mạnh. Đất đá thải ít phong hóa thường có cấu trúc hạt còn nguyên vẹn, liên kết giữa các hạt tương đối tốt, khả năng chịu lực cao và biến dạng nhỏ. Ngược lại, đất đá thải phong hóa mạnh có cấu trúc rời rạc, nhiều hạt mịn và lỗ rỗng, độ bền thấp và dễ tái phân bố khi chịu tải. Mức độ phong hóa càng cao thì TLTT tự nhiên của vật liệu bãi thải càng giảm, đồng thời khả năng truyền tải trọng xuống nền và đường lò càng kém ổn định.

- Vật liệu bãi thải theo kích thước hạt

Xét theo kích thước hạt, vật liệu bãi thải bao gồm đất đá thải mịn, đá thải vụn và đá thải cỡ lớn. Đất đá thải mịn và hỗn hợp đất–đá thường có nhiều hạt nhỏ, khả năng lấp đầy các lỗ rỗng tốt nhưng lại có dung trọng thấp và độ ổn định kém khi chịu tải lớn. Đá thải vụn từ các mỏ đá cứng như granite, basalt hoặc limestone có kích thước hạt trung bình, cạnh sắc, tạo khung chịu lực tương đối tốt, do đó TLTT và khả năng truyền tải trọng cao hơn. Đá thải cỡ lớn có kích thước hạt thô, ít hạt mịn, TLTT lớn nhưng thường tồn tại các khoảng rỗng cục bộ, làm cho phân bố tải trọng không đồng đều trong khối bãi thải.

- Vật liệu bãi thải theo mức độ đầm nén

Theo mức độ đầm nén, vật liệu bãi thải có thể tồn tại ở trạng thái đổ rời tự nhiên hoặc được đầm nén trong quá trình đổ thải có kiểm soát. Đất đá thải đổ rời thường có hệ số rỗng lớn, TLTT thấp và dễ biến dạng khi chịu tải. Ngược lại, đất đá thải được đầm nén có cấu trúc chặt hơn, hệ số rỗng giảm, TLTT tăng lên đáng kể và khả năng ổn định tổng thể của bãi thải được cải thiện. Mức độ đầm nén vì vậy là yếu tố quan trọng cần xem xét khi đánh giá ảnh hưởng của bãi thải đến KCC giữ đường lò.

- Khoảng giá trị dung trọng đặc trưng của các nhóm vật liệu bãi thải

Trên cơ sở phân loại nêu trên, KLTT đặc trưng của các nhóm vật liệu bãi thải thường nằm trong các khoảng giá trị sau: [25]

Đất đá thải rời (đất phong hóa, đất pha đá, bùn đất thải): TLTT thường trong khoảng $16 \div 20 \text{ kN/m}^3$, tương ứng với $KLTT \approx 1,6 \div 2,0 \text{ t/m}^3$, dễ xảy ra lún và trượt khi chịu tải hoặc gặp điều kiện bất lợi.

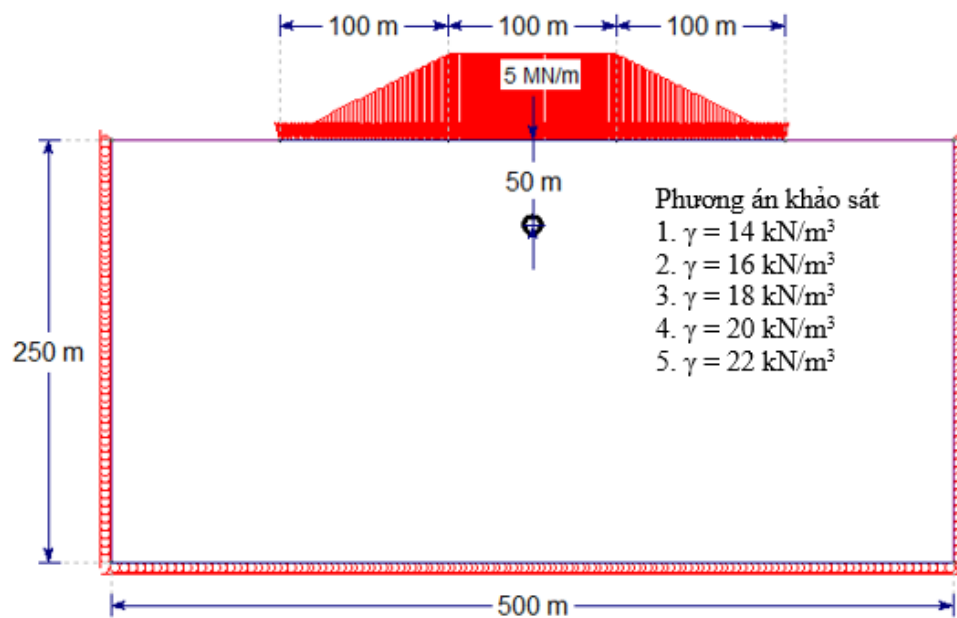
Đá thải vụn từ mỏ đá cứng (granite, basalt, limestone): TLTT trung bình đến cao, khoảng $18 \div 22 \text{ kN/m}^3$, tương ứng với $KLTT \approx 1,8 \div 2,2 \text{ t/m}^3$, có khả năng truyền tải trọng tốt hơn và độ ổn định cao hơn so với đất đá thải rời.

Đá thải cỡ lớn (ít hạt mịn, kích thước hạt thô): TLTT thường đạt $20 \div 24 \text{ kN/m}^3$, tương ứng với $KLTT \approx 2,0 \div 2,4 \text{ t/m}^3$, khả năng chịu tải lớn nhưng có thể xuất hiện phân bố tải trọng không đồng đều do tồn tại các khoảng rỗng trong khối thải.

Đất đá thải được đầm nén: TLTT cao nhất, thường trong khoảng $22 \div 26 \text{ kN/m}^3$, tương ứng với $KLTT \approx 2,2 \div 2,6 \text{ t/m}^3$, cho độ ổn định tốt và được sử dụng ở những khu vực cần kiểm soát chặt chẽ độ lún và biến dạng.

Như vậy, TLTT của vật liệu bãi thải là đại lượng tổng hợp phản ánh đồng thời mức độ phong hóa, kích thước hạt và trạng thái đầm nén của vật liệu. Việc xác định đúng các khoảng TLTT đặc trưng này là cơ sở quan trọng để xây dựng các kịch bản mô phỏng, phân tích ứng xử nội lực trong KCC giữ đường lò dưới tác động của BTBM.

Trong trường hợp nghiên cứu ảnh hưởng của TLTT đất đá đổ thải đến ứng xử KCC các trường hợp khảo sát sẽ lấy TLTT $\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$, $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$, $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ và $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$. Sơ đồ mô hình nghiên cứu thể hiện trên Hình 2.12.



Hình 2.12. Mô hình trường hợp nghiên cứu thay đổi TLTT đất đá thải

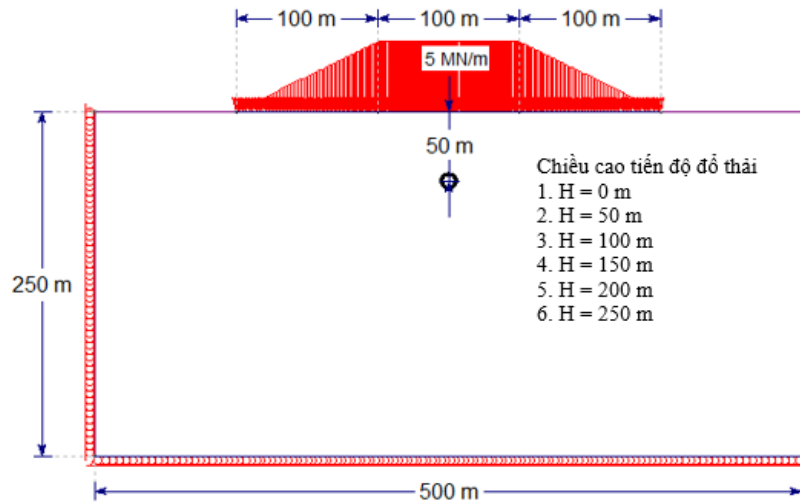
2.4.3. Trường hợp ảnh hưởng của CCBT đến ứng xử cơ học của KCC

Trong quá trình khai thác mỏ, BTBM được hình thành và phát triển theo tiến độ đổ thải, gắn liền với khối lượng đất đá phát sinh ở từng giai đoạn khai thác. Ở giai đoạn đầu, bãi thải có chiều cao nhỏ, phạm vi ảnh hưởng đến nền và các công trình ngầm phía dưới còn hạn chế. Khi quá trình đổ thải tiếp tục, chiều cao bãi thải tăng dần theo thời gian, dẫn đến sự gia tăng tải trọng thẳng đứng tác dụng lên nền và mở rộng vùng ảnh hưởng của bãi thải.

Sự gia tăng CCBT không chỉ làm tăng giá trị tải trọng truyền xuống khối đất đá bên dưới mà còn làm thay đổi trạng thái ứng suất và điều kiện phân bố tải trọng xung quanh đường lò. Do đó, tải trọng tác dụng lên KCC giữ đường lò biến đổi theo từng

giai đoạn đổ thải, thể hiện qua sự thay đổi về M và N trong KCC. Việc xem xét bãi thải theo tiến độ phát triển là cần thiết nhằm đánh giá đúng mức độ bất lợi của từng giai đoạn đổ thải và xác định các thời điểm tiềm ẩn nguy cơ mất ổn định của KCC.

Trong trường hợp nghiên cứu ảnh hưởng của CCBT đến ứng xử KCC này sẽ khảo sát CCBT: 50m, 100m, 150m, 200m, 250m. Sơ đồ mô hình nghiên cứu thể hiện trên Hình 2.13.

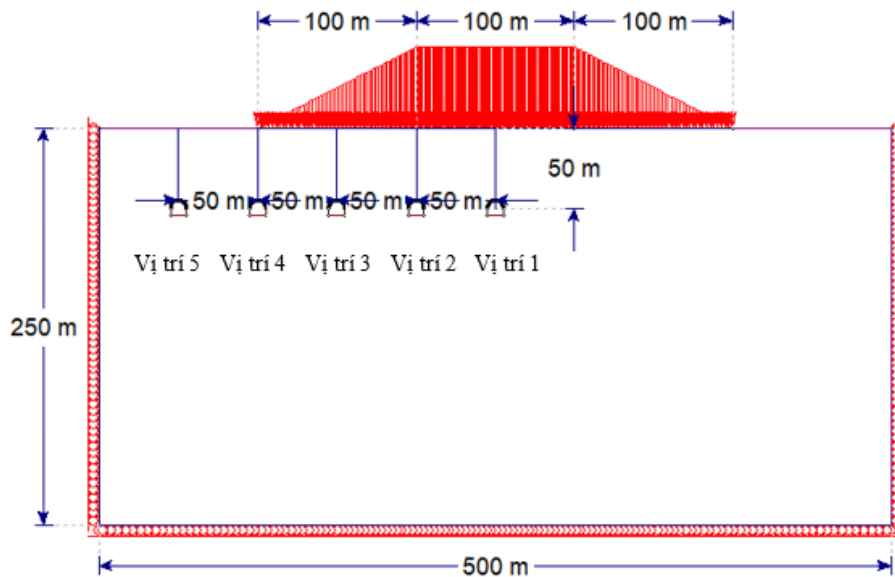


Hình 2.13. Mô hình trường hợp nghiên cứu thay đổi CCBT

2.4.4. Trường hợp ảnh hưởng của vị trí đặt đường lò với bãi thải đến ứng xử cơ học của KCC

Ngoài các yếu tố về TLTT đất đá thải và CCBT, thì vị trí đặt đường lò so với BTBM cũng là yếu tố quan trọng chi phối trạng thái ứng suất và nội lực trong KCC giữ đường lò nằm dưới bãi thải. Sự thay đổi vị trí đường lò so với bãi thải dẫn đến sự khác biệt về mức độ và hình thức truyền tải trọng từ bãi thải xuống khối đất đá xung quanh đường lò, từ đó làm thay đổi đáng kể ứng xử cơ học của KCC.

Trong trường hợp nghiên cứu ảnh hưởng của vị trí đặt đường lò với bãi thải đến ứng xử cơ học của KCC đường lò nằm bên dưới, luận án khảo sát 05 trường hợp bố trí đường lò so với bãi thải bao gồm: 1) đường lò nằm dưới trung tâm bãi thải, 2) đường lò nằm giữa đỉnh sườn bãi thải, 3) đường lò nằm giữa sườn bãi thải, 4) đường lò nằm tại chân bãi thải và 5) đường lò nằm ngoài bãi thải. Các trường hợp này phản ánh đầy đủ các điều kiện truyền tải trọng khác nhau của bãi thải và là cơ sở để so sánh, đánh giá mức độ bất lợi đối với KCC đường lò. Sơ đồ mô hình nghiên cứu thể hiện trên Hình 2.14.



Hình 2.14. Mô hình trường hợp nghiên cứu vị trí đặt đường lò với bãi thải

Kết luận chương 2

Trên cơ sở bài toán giải tích kinh điển về phân bố ứng suất phụ thêm trong bán không gian vô hạn đàn hồi chịu tải trọng bề mặt, luận án đã tiến hành xây dựng mô hình bằng phần mềm Phase² nghiên cứu ảnh hưởng của BTBM mở đến ứng xử KCC lò nằm dưới bãi thải và đã tiến hành kiểm chứng mô hình số. Kết quả so sánh cho thấy phân bố và giá trị ứng suất phụ thêm theo phương thẳng đứng và phương ngang thu được từ mô hình số phù hợp với lời giải lý thuyết của tác giả Hamilton Gray;

Trên cơ sở phân tích thực trạng hình thành BTBM mở trong điều kiện đổ thải trên mặt bằng, đưa ra các phương án nghiên cứu ảnh hưởng của BTBM mở đến ứng xử cơ học của KCC đường lò hình tròn và hình tường thẳng vòm bán nguyệt nằm dưới bãi thải mở bao gồm:

- 1) Trường hợp ảnh hưởng của TLTT đất đá thải đến ứng xử cơ học KCC;
- 2) Trường hợp ảnh hưởng của CCBT đến ứng xử cơ học của KCC;
- 3) Trường hợp ảnh hưởng của vị trí tương quan đường lò với bãi thải đến ứng xử cơ học của KCC;

Nội dung và kết quả của các trường hợp khảo sát này sẽ được trình bày trong Chương 3

CHƯƠNG 3

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA KẾT CẤU CHỐNG GIỮ ĐƯỜNG LÒ**3.1. Ảnh hưởng của TLTT đất đá thải đến ứng xử cơ học KCC**

Mục tiêu của trường hợp nghiên cứu này làm sáng tỏ ảnh hưởng của TLTT đất đá thải trong bãi thải đến ứng xử cơ học (nội lực của KCC giữ đường lò: M, N) của KCC giữ đường lò có dạng hình tròn và hình tường thẳng vòm bán nguyệt nằm dưới bãi thải mỏ. Các trường hợp khảo sát lấy TLTT đất đá trong bãi thải bao gồm: $\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$, $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$, $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ và $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$. Mô hình khảo sát theo Hình 2.10 tham số đầu vào của mô hình khảo sát theo Bảng 2.1 và Bảng 2.2.

Kết quả M và N trong KCC thép với giá trị TLTT đất đá thải bằng 14 kN/m^3 ứng với đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 3.1.1.

Kết quả M và N trong KCC thép với giá trị TLTT đất đá thải bằng 16 kN/m^3 ứng với đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 3.1.2.

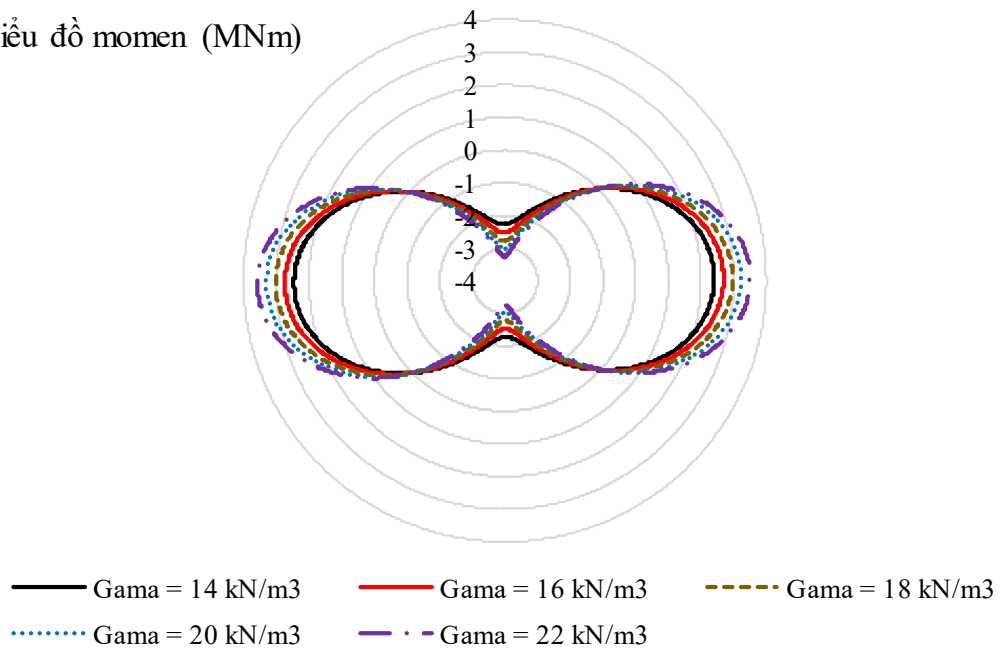
Kết quả M và N trong KCC thép với giá trị TLTT đất đá thải bằng 18 kN/m^3 ứng với đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 3.1.3.

Kết quả M và N trong KCC thép với giá trị TLTT đất đá thải bằng 20 kN/m^3 ứng với đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 3.1.4.

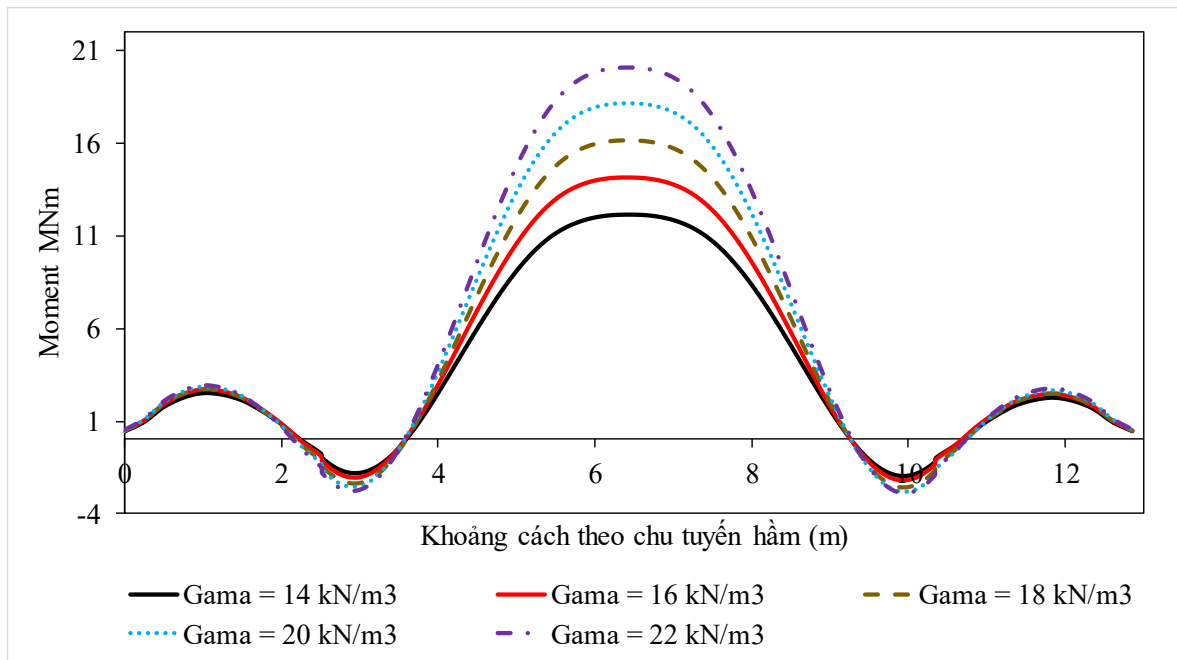
Kết quả M và N trong KCC thép với giá trị TLTT đất đá thải bằng 22 kN/m^3 ứng với đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 3.1.5.

Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép đường lò hình tròn và đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt trong các trường hợp thay đổi TLTT của đất đá thải thể hiện trên Hình 3.1.

Biểu đồ momen (MNm)



a. Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép hình tròn

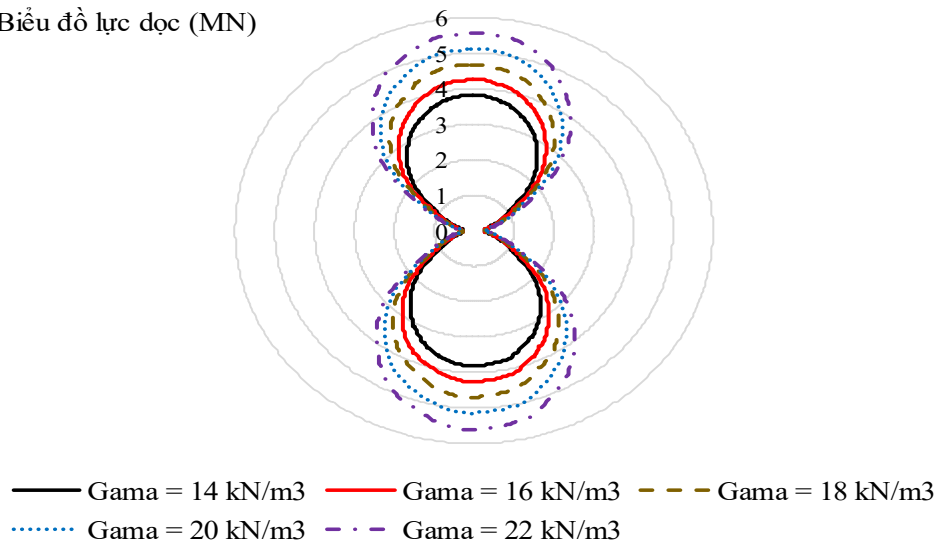
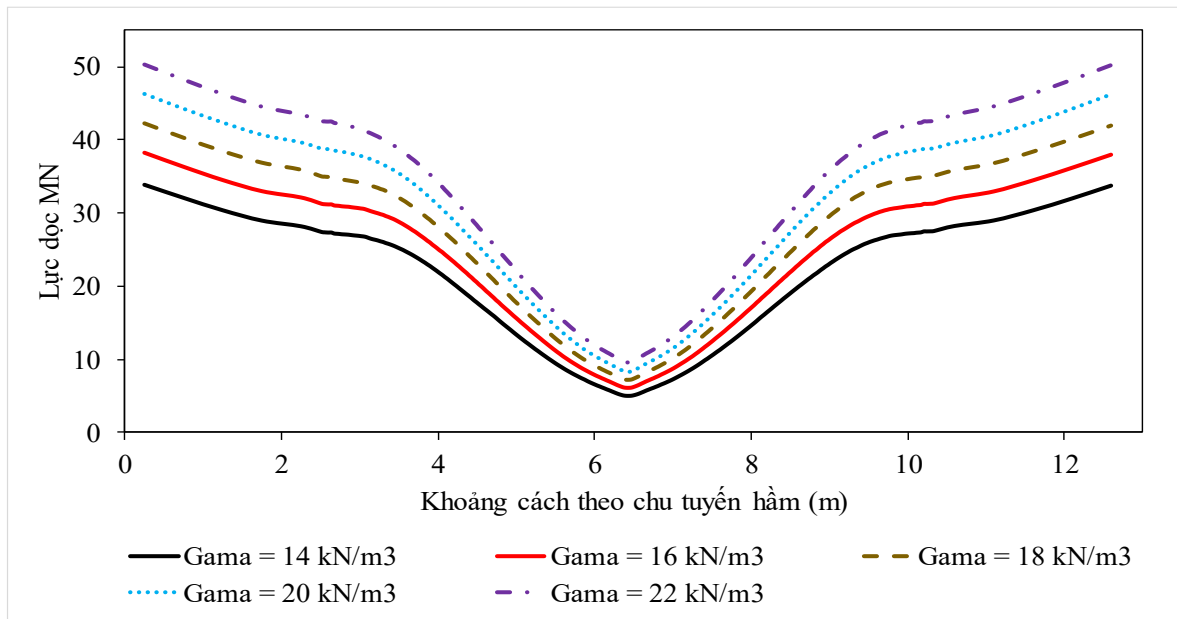


b. Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình 3.1. Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép ứng với các loại TLTT đất đá trong bãi thải

Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép đường lò hình tròn và đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt trong các trường hợp thay đổi TLTT của đất đá thải thể hiện trên Hình 3.2.

Biểu đồ lực dọc (MN)

*a. Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép hình tròn**b. Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt***Hình 3.2.** Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép ứng với các loại TLTT đất đá trong bãi thải**Phân tích kết quả:**

Dựa vào kết quả nội lực từ Hình PL 3.1.1 đến Hình PL3.1.5 và Hình 3.1; Hình 3.2 có thể thấy rằng khi TLTT của đất đá thải trong BTBM mở tăng thì nội lực xuất hiện trong KCC (M và N) đường lò nằm dưới bãi thải cũng tăng theo. Kết quả quan sát cho thấy biểu đồ M luôn đạt giá trị lớn nhất tại nóc đường lò với cả tiết diện hình tròn và hình tường

thẳng vòm bán nguyệt, biểu đồ lực dọc đạt giá trị lớn nhất tại hông đường lò hình tròn và chân tường đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt. Các kết quả từ biểu đồ nội lực cũng cho thấy, trong cùng điều kiện TLTT đất đá bãi thải thì nội lực xuất hiện trong đường lò nằm dưới bãi thải tiết diện tròn luôn nhỏ hơn so với nội lực xuất hiện trong đường lò có tiết diện tường thẳng vòm bán nguyệt do sự phân bố nội lực trong kết cấu chống kín tiết diện tròn tốt hơn so với KCC dạng hở có biên dạng tường thẳng vòm bán nguyệt.

Ngoài ra, biểu hiện tăng của nội lực trong hai tiết diện đường lò hình tròn và đường lò có biên dạng tường thẳng vòm bán nguyệt cũng có sự sai khác. Các kết quả thu được cho thấy mức độ tăng của nội lực trong KCC có tiết diện tường thẳng vòm bán nguyệt luôn lớn hơn mức độ tăng của nội lực trong KCC tiết diện tròn trong cùng điều kiện thay đổi về TLTT đất đá bãi thải.

3.2. Ảnh hưởng của CCBT đến ứng xử cơ học của KCC

Mục tiêu của trường hợp nghiên cứu này làm sáng tỏ ảnh hưởng của CCBT đến ứng xử cơ học (nội lực của kết cấu chống: M, N) trong KCC đường lò có dạng hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt nằm dưới bãi thải mỏ. Theo đó, CCBT tăng dần theo thời gian đổ thải tương ứng với áp lực nhân tạo của bãi thải tăng theo thời gian đổ thải. Các trường hợp khảo sát lấy CCBT cách nhau 50m gồm các trường hợp: CCBT $h = 0\text{m}$ (chưa đổ thải), $h = 50\text{m}$, $h = 100\text{m}$, $h = 150\text{m}$, $h = 200\text{m}$, $h = 250\text{m}$ tương ứng với CCBT từ khi chưa có bãi thải tới hoàn tất quá trình đổ thải. Mô hình khảo sát theo Hình 2.13 Thông số đầu vào của mô hình khảo sát theo Bảng 2.1 và Bảng 2.2. Các trường hợp khảo sát, tiến hành quan sát nội lực xuất hiện trong KCC của đường lò nằm ở vị trí dưới trung tâm bãi thải, đường lò đặt cách bề mặt đất bằng 50m.

Kết quả M và N trong KCC thép với giá trị CCBT $h = 0\text{m}$ ứng với đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 3.2.1.

Kết quả M và N trong KCC thép với giá trị CCBT $h = 50\text{m}$ ứng với đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 3.2.2.

Kết quả M và N trong KCC thép với giá trị CCBT $h = 100\text{m}$ ứng với đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL3.2.3.

Kết quả M và N trong KCC thép với giá trị CCBT $h = 150\text{m}$ ứng với đường

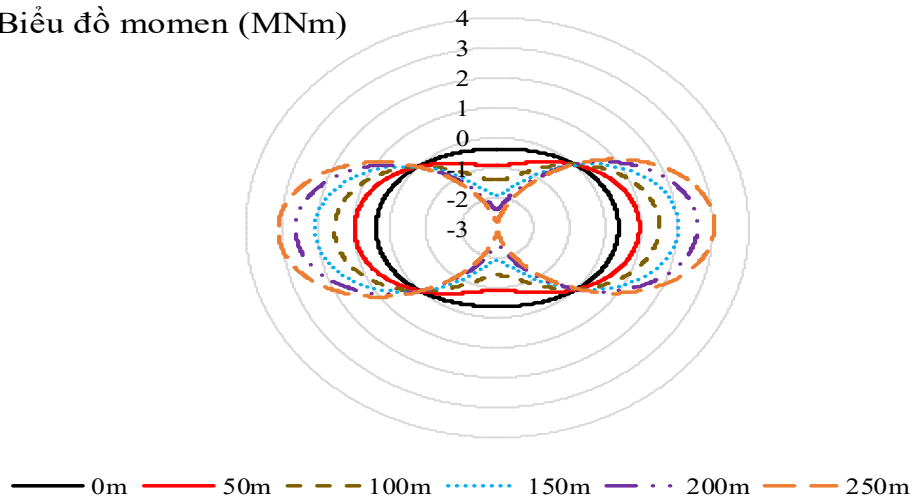
lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 3.2.4.

Kết quả M và N trong KCC thép với giá trị CCBT $h = 200\text{m}$ ứng với đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 3.2.5.

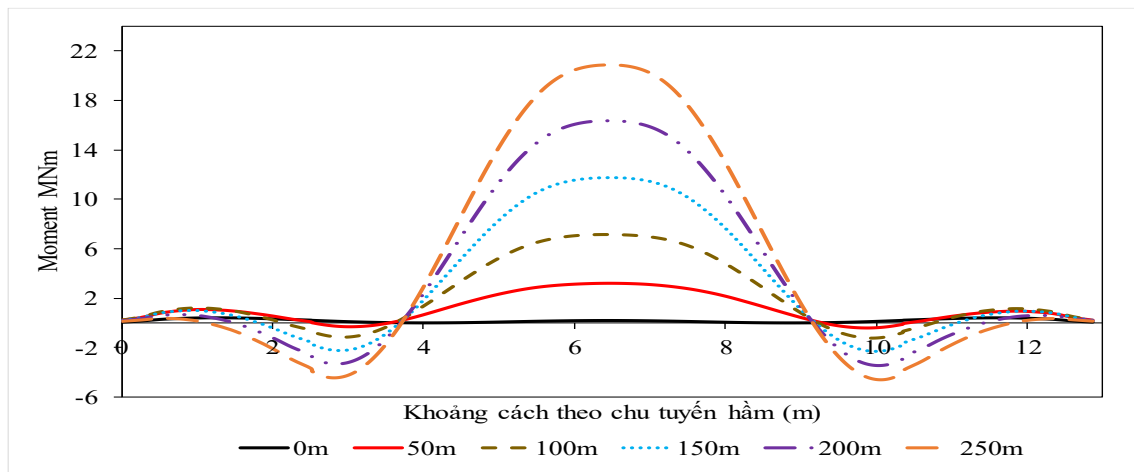
Kết quả M và N trong KCC thép với giá trị CCBT $h = 250\text{m}$ ứng với đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 3.2.6.

Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép đường lò hình tròn và đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt trong các trường hợp thay đổi CCBT thể hiện trên Hình 3.3.

Biểu đồ momen (MNm)



a. Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép hình tròn

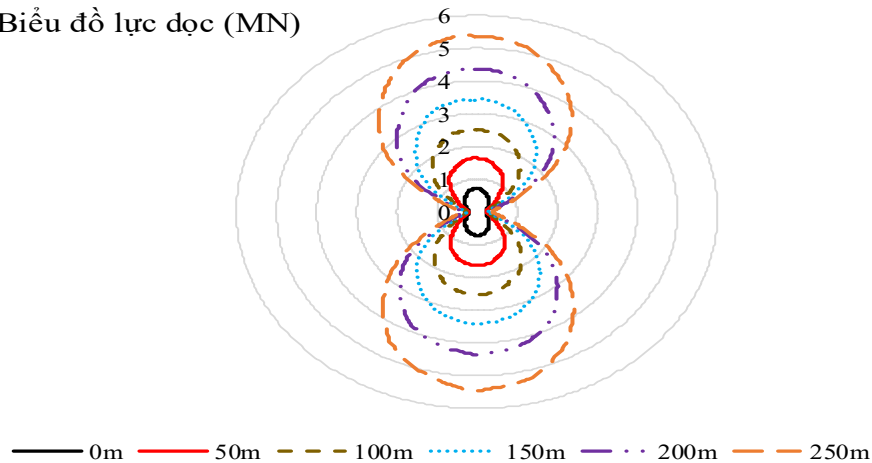


b. Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

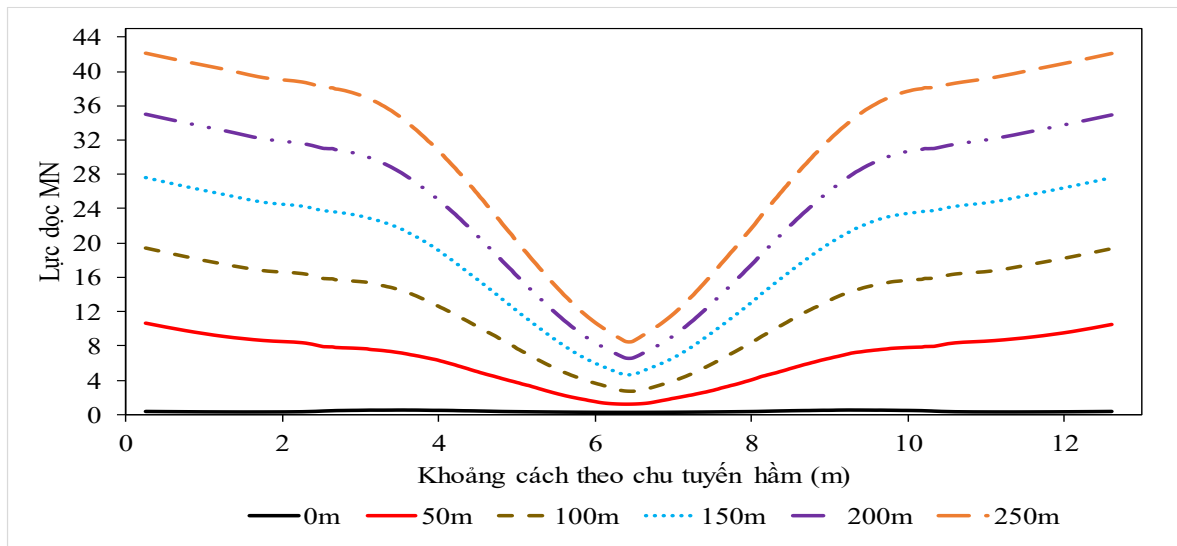
Hình 3.3. Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép ứng với các CCBT

Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép đường lò hình tròn và đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt trong các trường hợp thay đổi CCBT thể hiện trên Hình 3.4.

Biểu đồ lực dọc (MN)



a. Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép hình tròn



b. Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình 3.4. Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép ứng với các CCBT**Nhận xét:**

Dựa vào kết quả nội lực từ Hình PL 3.2.1 đến Hình PL3.2.6 và Hình 3.3; Hình 3.4 có thể thấy rằng chiều cao BTBM mở, khi tăng CCBT thì giá trị nội lực trong KCC đường lò nằm dưới bãi thải cũng tăng theo trong cả trường hợp đường lò hình tròn và hình tường thẳng vòm bán nguyệt. Tuy nhiên, giá trị nội lực trong KCC cũng như tốc độ tăng nội lực trong KCC của đường lò có tiết diện tường thẳng vòm bán nguyệt luôn lớn hơn so với đường lò tiết diện hình tròn trong cùng điều kiện. Nguyên nhân là do KCC đường lò hình tròn là KCC kín, còn KCC đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt là KCC hở.

Để làm rõ sự ảnh hưởng của CCBT tới nội lực xuất hiện trong KCC, tác giả tiến hành phân tích hệ số K_{3m} và K_{3n} đặc trưng cho sự sai biệt giá trị nội lực theo tiến trình đổ thải tại các CCBT khác nhau so với trạng thái không có bãi thải. Cụ thể hệ số K_{3m} và K_{3n} được tính bằng hiệu số sai biệt nội lực tại các mức với nội lực trong KCC khi không đổ thải.

$$K_{3m} = M_i - M_0 \quad (3.1)$$

$$K_{3n} = N_i - N_0 \quad (3.2)$$

Trong đó:

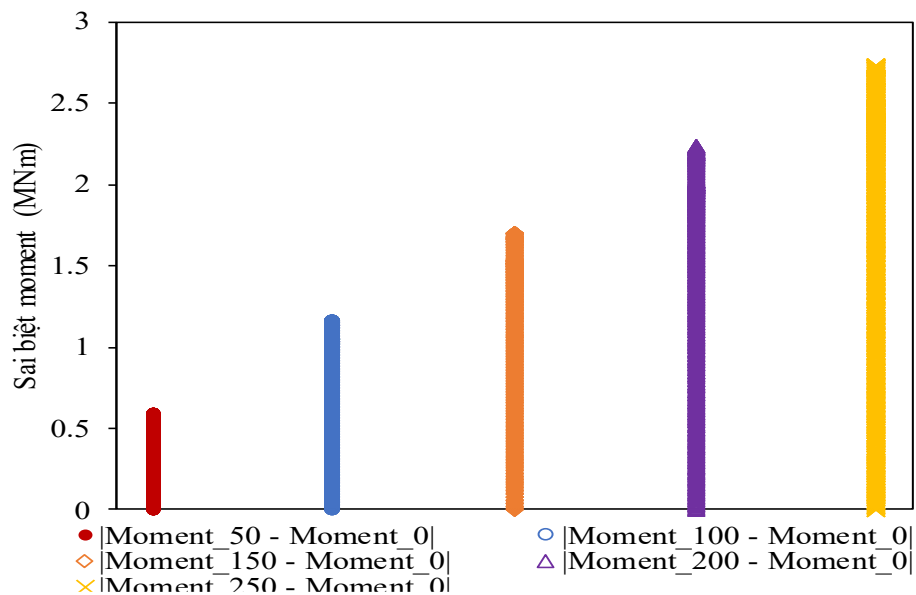
K_{3m} , K_{3n} – Sai biệt M và N;

M_i , N_i – Giá trị M và N trong KCC tại các CCBT khác nhau;

M_0 , N_0 – Giá trị M và N trong KCC khi không có bãi thải;

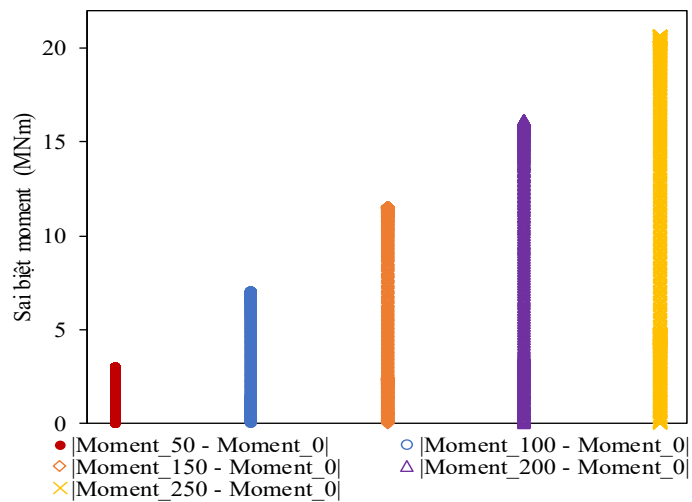
i – Các trường hợp đổ thải tại các mức CCBT từ 50m, 100m, 150m, 200m đến 250m.

Biểu đồ sai biệt giá trị M trong các trường hợp CCBT khác nhau trường hợp đường lò hình tròn thể hiện trên Hình 3.5.



Hình 3.5. Biểu đồ sai biệt giá trị M ứng với CCBT khác nhau đường lò hình tròn

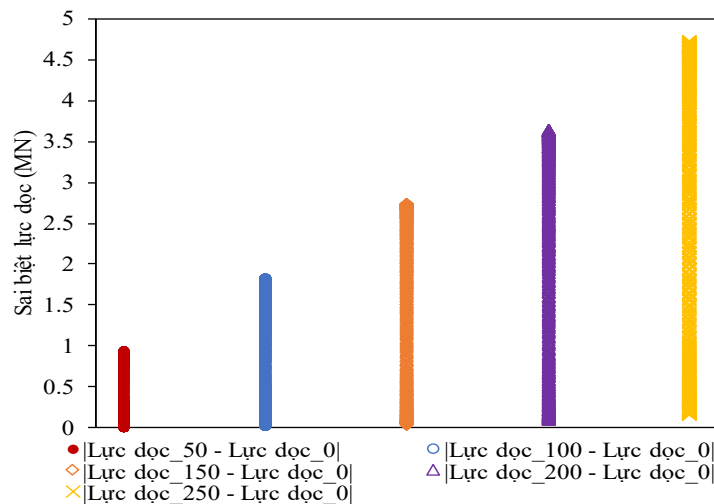
Biểu đồ sai biệt giá trị M trong các trường hợp CCBT khác nhau trường hợp đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình 3.6.



Hình 3.6. Biểu đồ sai biệt giá trị M ứng với CCBT khác nhau đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt

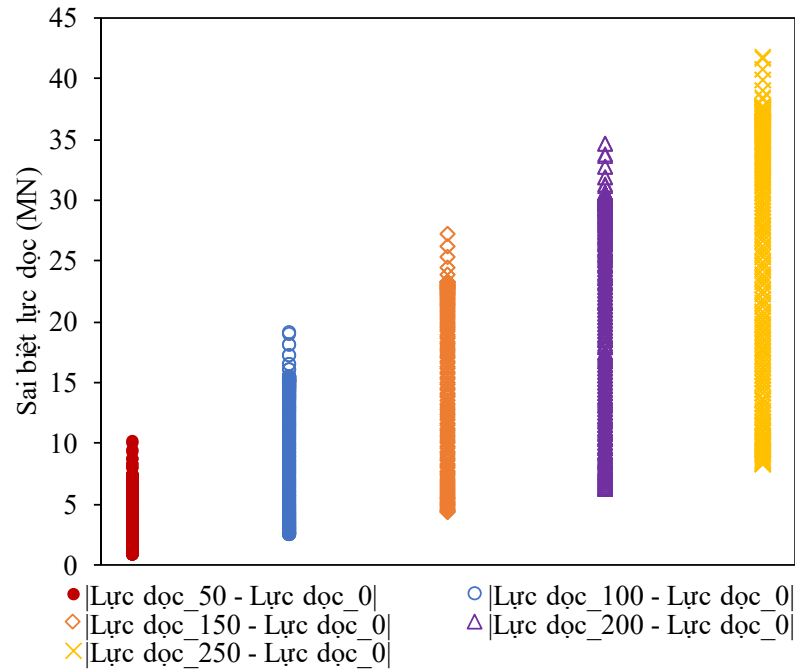
Ghi chú: Trong Hình 3.5. và Hình 3.6 M50 - M0 là giá trị M lớn nhất trong KCC thép đường lò đặt ở vị trí tâm bãi thải khi CCBT được 50m trừ đi giá trị M lớn nhất trong KCC thép đường lò đặt ở vị trí tâm bãi thải khi chưa có bãi thải. M100 - M0, M150 - M0, M200 - M0, M250 - M0 giải thích tương tự.

Biểu đồ sai biệt giá trị N trong các trường hợp CCBT khác nhau trường hợp đường lò hình tròn thể hiện trên Hình 3.7.



Hình 3.7. Biểu đồ sai biệt giá trị N ứng với CCBT khác nhau trường hợp đường lò hình tròn

Biểu đồ sai biệt giá trị N trong các trường hợp CCBT khác nhau trường hợp đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình 3.8.



Hình 3.8. Biểu đồ sai biệt giá trị N ứng với CCBT khác nhau đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Ghi chú: Trong Hình 3.7 và Hình 3.8 $N_{50} - N_0$ là giá trị N lớn nhất trong KCC thép đường lò đặt ở vị trí tâm bãi thải khi CCBT được 50m trừ đi giá trị N lớn nhất trong KCC thép đường lò đặt ở vị trí tâm bãi thải khi chưa có bãi thải. $N_{100} - N_0$, $N_{150} - N_0$, $N_{200} - N_0$, $N_{250} - N_0$ giải thích tương tự.

Dựa vào kết quả từ Hình 3.5 đến Hình 3.8 có thể thấy rằng khi thay đổi CCBT của bãi thải tương ứng với các giá trị từ 50m, 100m, 150m, 200m đến 250m. Thì sai biệt về M và N đều tăng theo CCBT trong cả hai trường hợp đường lò hình tròn và đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt.

Sự sai biệt về M lớn nhất và N trong KCC đường lò nằm dưới bãi thải mở tương ứng với các giá trị từ 50m, 100m, 150m, 200m đến 250m trong trường hợp đường lò hình tròn so với trường hợp đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Bảng 3.1 và Bảng 3.2.

Bảng 3.1. Sự sai biệt về M lớn nhất trong KCC khi thay đổi CCBT

Hiệu mô men Max Tham số	M50 - M0	M100 - M0	M150 - M0	M200 - M0	M250 - M0
Đường lò hình tròn	0,60	1,16	1,71	2,24	2,73
Đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt	2,99	6,95	11,55	16,15	20,68
$M_{\max BN} - M_{\max TR}$	2,39	5,79	9,84	13,91	17,95
$M_{\max BN}/M_{\max TR}$	4,98	5,99	6,75	7,21	7,56

Ghi chú: M0 là M lớn nhất khi chưa đổ thải, M50, M100, M150 M200, M250 là M lớn nhất khi CCBT bằng tương ứng bằng 50m, 100m, 150m, 200m, 250m. $M_{\max BN} - M_{\max TR}$ là M lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt trừ M lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tròn, $M_{\max BN}/M_{\max TR}$ là M lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt chia cho M lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tròn.

Sự sai biệt về N lớn nhất trong KCC đường lò nằm dưới bãi thải mở tương ứng với các giá trị từ 50m, 100m, 150m, 200m đến 250m trong trường hợp đường lò hình tròn so với trường hợp đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Bảng 3.2

Bảng 3.2. Sự sai biệt về N lớn nhất trong KCC khi thay đổi CCBT

Hiệu lực dọc Max Tham số	N50 - N0	N100 - N0	N150 - N0	N200 - N0	N250 - N0
Đường lò hình tròn	0,93	1,82	2,74	3,65	4,73
Đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt	10,22	19,02	27,20	34,69	10,22
$N_{\max BN} - N_{\max TR}$	9,29	17,2	24,46	31,04	5,49
$N_{\max BN}/N_{\max TR}$	10,99	10,45	9,93	9,50	2,16

Ghi chú: N_0 là N lớn nhất khi chưa đổ thải, N_{50} , N_{100} , N_{150} , N_{200} , N_{250} là N lớn nhất khi CCBT bằng tương ứng bằng 50m, 100m, 150m, 200m, 250m. $N_{max BN} - N_{max TR}$ là N lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt trừ N lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tròn, $N_{max BN}/M_{max TR}$ là N lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt chia cho N lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tròn.

3.3. Ảnh hưởng của vị trí tương đối giữa đường lò và bãi thải đến ứng xử cơ học của KCC

Mục tiêu của nghiên cứu này là làm sáng tỏ ảnh hưởng của vị trí đặt đường lò so với bãi thải đến ứng xử cơ học (nội lực của KCC: Mô men M , lực dọc N) trong KCC thép đường lò có dạng hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt nằm dưới bãi thải mỏ. Các trường hợp khảo sát lấy với các trường hợp như Hình 2.12: 1) đường lò nằm dưới trung tâm bãi thải, 2) đường lò nằm tại khu vực đỉnh sườn bãi thải, 3) đường lò nằm giữa sườn bãi thải, 4) đường lò nằm tại chân bãi thải và 5) đường lò nằm ngoài của bãi thải. Thông số đầu vào của mô hình khảo sát theo Bảng 2.1 và Bảng 2.2.

Kết quả M và N trong KCC thép khi vị trí đường lò nằm tại trung tâm bãi thải với đường lò hình tròn và đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 3.3.1.

Kết quả M và N trong KCC thép khi vị trí đường lò nằm tại đỉnh sườn bãi thải thể hiện trên Hình PL 3.3.2.

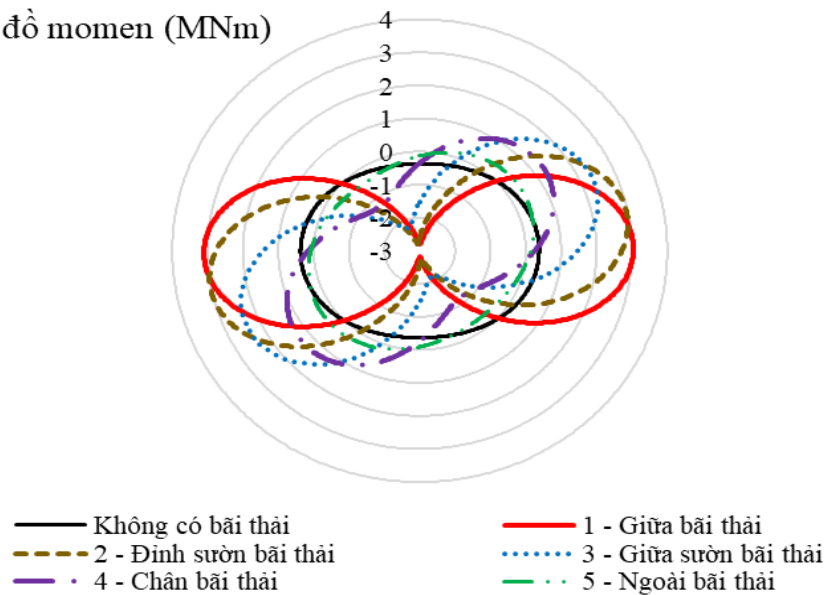
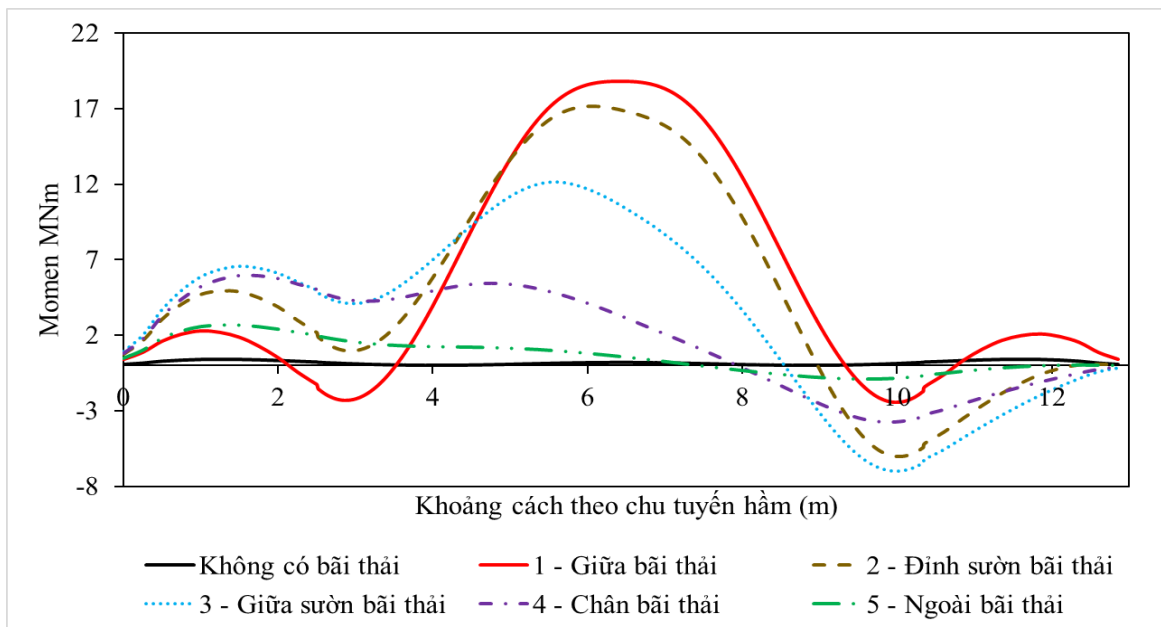
Kết quả M và N trong KCC thép khi vị trí đường lò nằm giữa sườn bãi thải thể hiện trên Hình PL 3.3.3.

Kết quả M và N trong KCC thép khi vị trí đường lò nằm tại chân bãi thải thể hiện trên Hình PL3.3.4.

Kết quả M và N trong KCC thép khi vị trí đường lò nằm ngoài phạm vi bãi thải thể hiện trên Hình PL 3.3.5

Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép đường lò hình tròn và đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt trong các trường hợp thay đổi vị trí tương quan của đường lò với bãi thải thể hiện trên Hình 3.9.

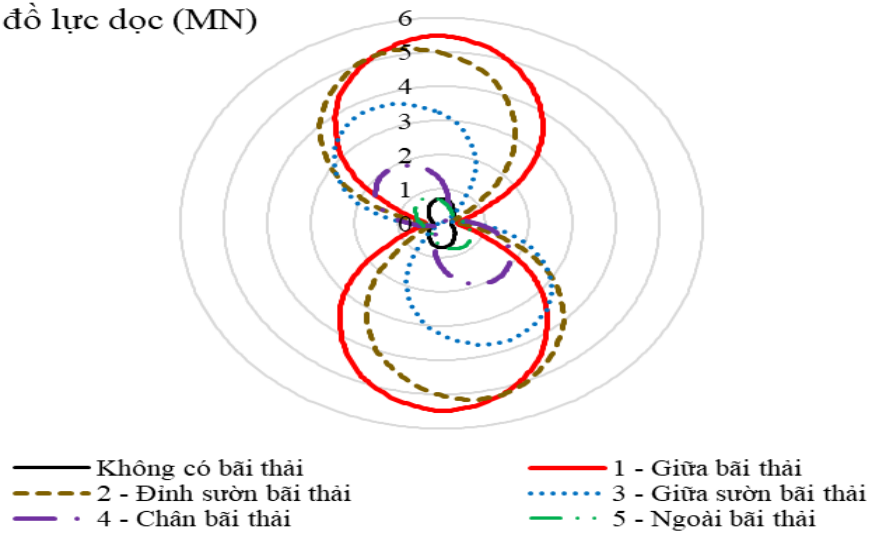
Biểu đồ momen (MNm)

a. *M trong KCC thép hình tròn*b. *M trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt*

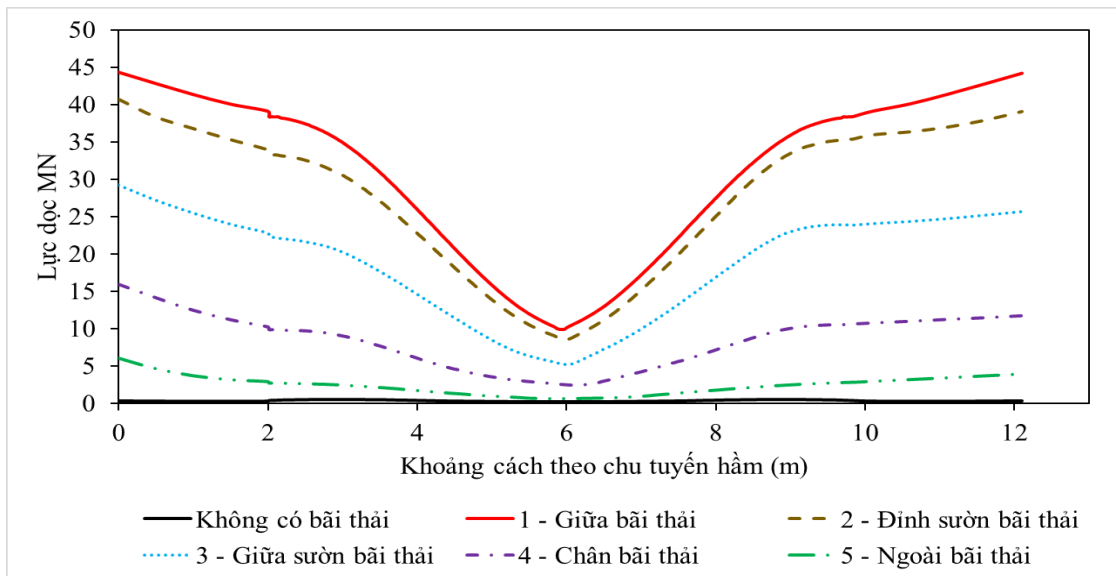
Hình 3.9. Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép ứng với thay đổi vị trí tương quan của đường lò với bãi thải

Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép trong các trường hợp thay đổi vị trí tương quan của đường lò với bãi thải thể hiện trên Hình 3.10.

Biểu đồ lực dọc (MN)



a. Biểu đồ N trong KCC thép hình tròn



b. Biểu đồ N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình 3.10. Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép ứng với thay đổi vị trí tương quan của đường lò với bãi thải

Nhận xét:

Trong cả hai trường hợp đường lò hình tròn và đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thì khi chưa có bãi thải biểu đồ M có hình dạng đối xứng qua trục đường lò. Khi có bãi thải thì trường hợp đường lò nằm giữa bãi thải hình dạng biểu đồ M cũng có dạng đối xứng qua trục đường lò tuy nhiên giá trị M lớn hơn so với trường hợp không có bãi thải.

Trong cả hai trường hợp đường lò hình tròn và đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thì khi đường lò dịch chuyển dần từ vị trí giữa bãi thải ra ngoài bãi thải, giá trị M trong KCC thép có xu hướng giảm dần, hình dạng biểu đồ M có xu hướng biến đổi bất đối xứng, tại vị trí đường lò ở ngoài bãi thải có giá trị và dạng biểu đồ M trong KCC gần giống với trường hợp không có bãi thải. Điều này cho thấy phạm vi và mức độ ảnh hưởng của vị trí đường lò so với bãi thải thể hiện rất rõ, và có ảnh hưởng trực tiếp đến sự chịu lực của KCC thép cho đường lò.

Cũng trong cả hai trường hợp hình dạng đường lò khi vị trí tương đối của đường lò so với bãi thải thay đổi theo chiều hướng tăng dần tính bất đối xứng của bãi thải (đường lò dịch chuyển từ vị trí 1 - Giữa bãi thải tới vị trí 4 - Chân bãi thải) biểu đồ M có mức độ bất đối xứng so với trục thẳng đứng của đường lò. Phương lệch đối xứng của biểu đồ M có xu hướng dịch chuyển ngược hướng dốc của bãi thải. Biểu hiện lệch đối xứng so với trục thẳng đứng của biểu đồ M do độ lệch tải trọng của bãi thải tác dụng lên kết cấu chống có xu hướng tăng dần.

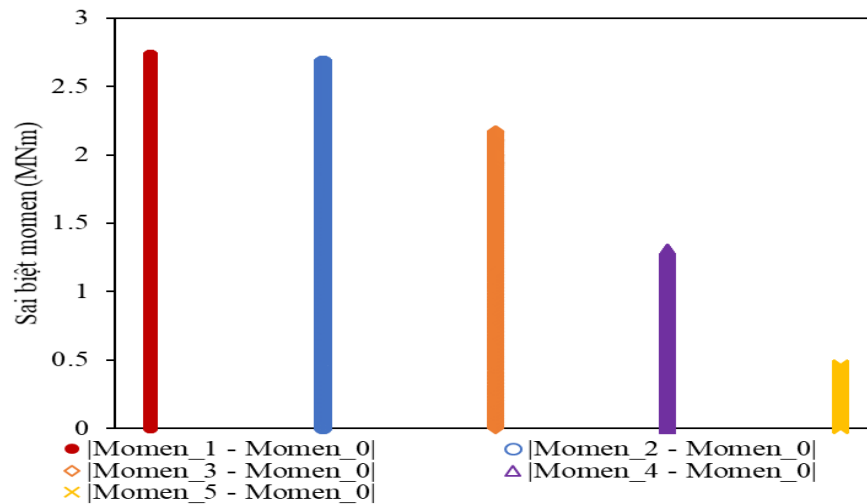
Trong cả hai trường hợp hình dạng đường lò thì các vị trí lớn nhất của M xuất hiện trong KCC cũng thay đổi rõ rệt theo từng vị trí tương đối của đường lò so với bãi thải và các vị trí M lớn nhất này cũng có xu hướng lệch theo các vị trí tương đối của đường lò với bãi thải.

Trong cả hai trường hợp hình dạng đường lò, trái ngược với quy luật của biểu đồ M, biểu đồ N trong KCC có xu hướng phát triển theo hai bên hông của đường lò. Tuy nhiên, quy luật về tính bất đối xứng cũng có xu hướng tăng dần nhưng theo phương của hướng dốc bãi thải.

Tính chất bất đối xứng của biểu đồ M và N trong KCC có tiết diện tròn thể hiện rõ ràng hơn so với KCC tiết diện tường thẳng vòm bán nguyệt.

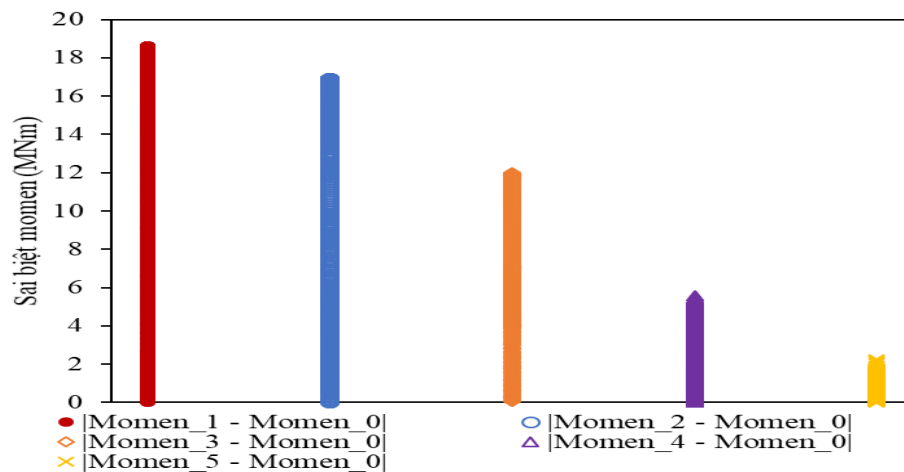
Sau đây sẽ lập biểu đồ và bảng để so sánh làm rõ sự sai biệt giá trị nội lực lớn nhất trong KCC thép của đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt đặt ở vị trí trung tâm trong trường hợp chưa có bãi thải và có bãi thải ứng với đường lò đặt ở vị trí 1 (đường lò nằm tại tâm bãi thải), vị trí 2 (đường lò nằm tại đỉnh sườn bãi thải), vị trí 3 (đường lò nằm giữa sườn bãi thải), vị trí 4 (đường lò nằm tại chân bãi thải) và vị trí 5 (đường lò nằm ngoài bãi thải) theo sơ đồ vị trí tại Hình 2.14.

Biểu đồ sai biệt giá trị M tại các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 so với trường hợp không có bãi thải của đường lò hình tròn thể hiện trên Hình 3.11.



Hình 3.11. Biểu đồ sai biệt giá trị M tại các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 so với trường hợp không có bãi thải của đường lò hình tròn

Biểu đồ sai biệt giá trị M tại các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 so với trường hợp không có bãi thải của đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình 3.12.



Hình 3.12. Biểu đồ sai biệt giá trị M tại các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 so với trường hợp không có bãi thải của đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt

Ghi chú: Trong Hình 3.11. và Hình 3.12 $M_1 - M_0$ là giá trị M lớn nhất trong KCC thép đường lò đặt ở vị trí 1 đã đổ thải theo Hình 2.14 trừ đi giá trị M lớn nhất trong KCC thép đường lò đặt ở vị trí số 1 khi chưa có bãi thải. $M_2 - M_0$, $M_3 - M_0$, $M_4 - M_0$, $M_5 - M_0$ giải thích tương tự.

Từ kết quả tổng hợp trên Hình 3.11 cho thấy đối với KCC kín (hình tròn), sai biệt M tại tất cả các vị trí (1→5) đều lớn hơn trường hợp không có bãi thải, khẳng định sự xuất hiện của bãi thải bề mặt luôn làm gia tăng mô men trong KCC so với trường hợp không có bãi thải. Giá trị sai biệt M đạt lớn nhất tại vị trí 1 (dưới trung tâm bãi thải) và giảm dần khi đường lò dịch chuyển ra xa trung tâm bãi thải, phản ánh quy luật suy giảm ảnh hưởng tải trọng bề mặt theo khoảng cách từ tâm bãi thải ra mép rìa bãi thải. Mức biến thiên của giá trị sai biệt M diễn ra tương đối đều và ổn định, cho thấy KCC kín kiểm soát tốt sự gia tăng M .

Từ kết quả trên Hình 3.12 cho thấy với KCC hở (vòm bán nguyệt tường thẳng) cũng có cùng quy luật với trường hợp đường lò hình tròn. Tuy nhiên giá trị sai biệt M của đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt lớn hơn giá trị M trường hợp đường lò hình tròn tại cùng vị trí. Đặc biệt, tại các vị trí trên sườn bãi thải (vị trí 2 và 3) duy trì ở mức cao, phản ánh trạng thái uốn lệch tâm bất lợi do truyền tải trọng không đối xứng và hạn chế về khả năng phân bố lại nội lực của KCC hở.

Sự sai biệt về M lớn nhất trong KCC đường lò nằm dưới bãi thải mở tương ứng với khi không có bãi thải và có bãi thải ở các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 trong trường hợp đường lò hình tròn so với trường hợp đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Bảng 3.3.

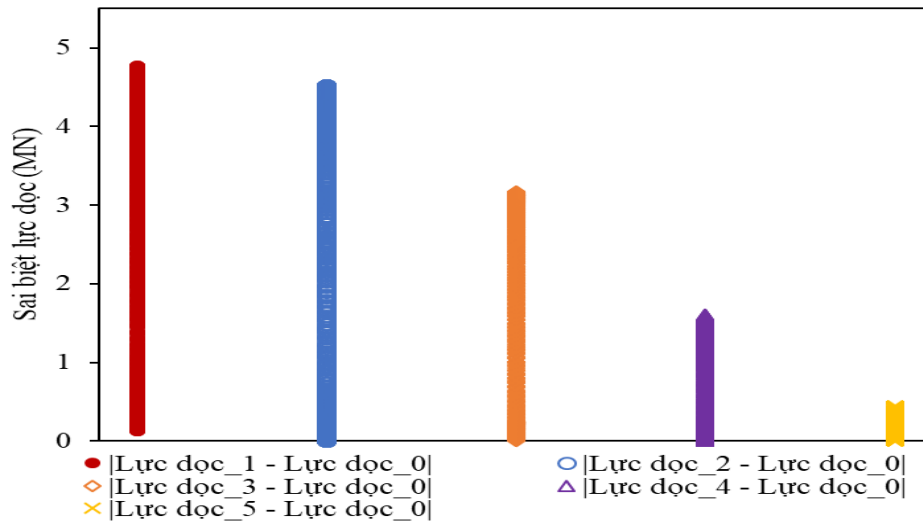
Bảng 3.3. Sự sai biệt về M lớn nhất khi không có bãi thải và có bãi thải ở các vị trí 1, 2, 3, 4, 5

Hiệu mô men Max Tham số	M1 - M0	M2 - M0	M3 - M0	M4 - M0	M5 - M0
Đường lò hình tròn	2,73	2,68	2,17	1,31	0,46
Đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt	18,61	16,93	11,97	5,57	2,24
$M_{\max \text{ BN}} - M_{\max \text{ TR}}$	15,88	14,25	9,80	4,26	1,78
$M_{\max \text{ BN}}/M_{\max \text{ TR}}$	6,82	6,32	5,52	4,25	4,87

Ghi chú: M_0 là M lớn nhất khi chưa đổ thải, M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 là M lớn nhất khi đường lò tại vị trí 1,2,3,4,5. $M_{\max \text{ BN}} - M_{\max \text{ TR}}$ là M lớn nhất trong KCC thép

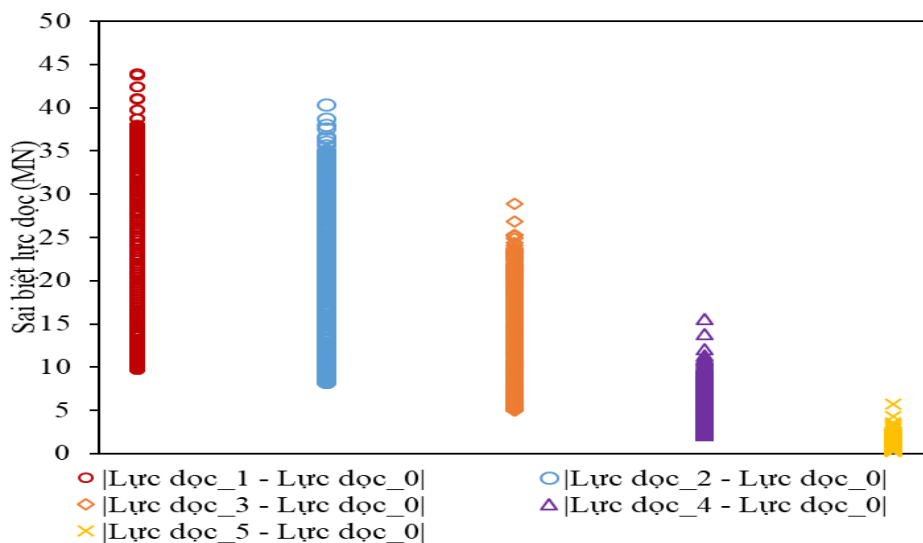
đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt trừ M lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tròn, $M_{\max BN}/M_{\max TR}$ là M lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt chia cho M lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tròn.

Biểu đồ sai biệt giá trị N tại các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 so với trường hợp không có bãi thải của đường lò hình tròn thể hiện trên hình 3.13.



Hình 3.13. Biểu đồ sai biệt N tại các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 so với trường hợp không có bãi thải của đường lò hình tròn

Biểu đồ sai biệt giá trị N tại các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 so với trường hợp không có bãi thải của đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên hình 3.14.



Hình 3.14. Biểu đồ sai biệt N tại các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 so với trường hợp không có bãi thải của đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Ghi chú: Trong Hình 3.13. và Hình 3.14 $N1 - N0$ là giá trị N lớn nhất trong kết cấu chống thép đường lò đặt ở vị trí 1 khi đã đổ thải trừ đi giá trị N lớn nhất trong KCC thép đường lò đặt ở vị trí tâm bãi thải khi chưa có bãi thải. $N2 - N0$, $N3 - N0$, $N4 - N0$, $N5 - N0$ giải thích tương tự.

Từ kết quả tổng hợp trên Hình 3.13 cho thấy đối với KCC kín (hình tròn), sai biệt N tại tất cả các vị trí (1→5) đều lớn hơn trường hợp không có bãi thải, khẳng định sự xuất hiện của BTBM luôn làm gia tăng N trong KCC so với trường hợp không có bãi thải. Giá trị sai biệt N đạt lớn nhất tại vị trí 1 (dưới trung tâm bãi thải) và giảm dần khi đường lò dịch chuyển ra các vị trí 2→5, phản ánh quy luật suy giảm tải trọng nén theo khoảng cách từ tâm bãi thải ra mép rìa bãi thải. Mức biến thiên của sai biệt N tương đối nhỏ và ổn định, cho thấy KCC kín có khả năng phân bố lại lực nén hiệu quả.

Từ kết quả trên Hình 3.14 cho thấy N trong KCC hở (vòm bán nguyệt tường thẳng) cũng có cùng quy luật với trường hợp đường lò hình tròn. Tuy nhiên giá trị sai biệt N của đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt lớn hơn giá trị M trường hợp đường lò hình tròn tại cùng vị trí. Đặc biệt, tại các vị trí trên sườn bãi thải (vị trí 2 và 3) duy trì ở mức cao, phản ánh trạng thái uốn lệch tâm bất lợi do truyền tải trọng không đối xứng và hạn chế về khả năng phân bố lại nội lực của KCC hở.

Sự sai biệt về N lớn nhất trong KCC đường lò nằm dưới bãi thải mở tương ứng với khi không có bãi thải và có bãi thải ở các vị trí 1, 2, 3, 4, 5 trong trường hợp đường lò hình tròn so với trường hợp đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Bảng 3.4.

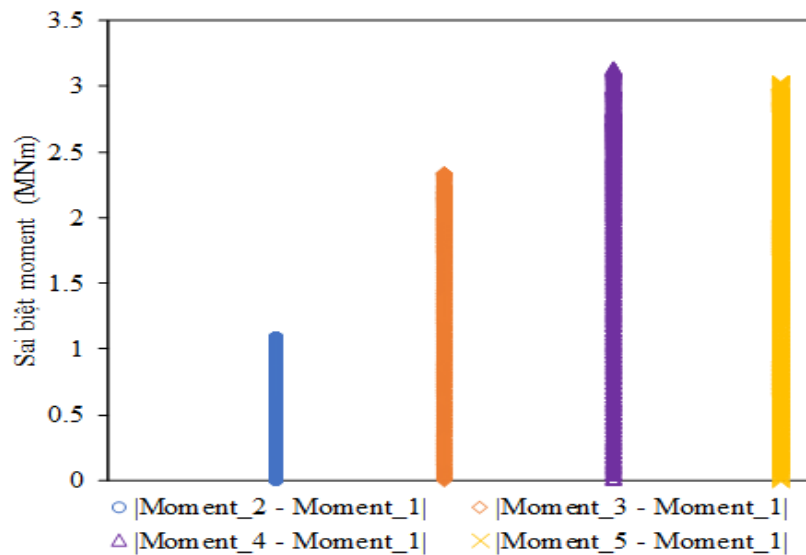
Bảng 3.4. Sự sai biệt về N lớn nhất khi không có bãi thải và có bãi thải ở các vị trí 1, 2, 3, 4, 5

Hiệu lực dọc Max Tham số	$N1 - N0$	$N2 - N0$	$N3 - N0$	$N4 - N0$	$N5 - N0$
Đường lò hình tròn	4,77	4,53	3,17	1,60	0,44
Đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt	43,94	40,35	28,88	15,54	5,72
$N_{\max \text{ BN}} - N_{\max \text{ TR}}$	39,17	35,82	25,71	13,94	5,28
$N_{\max \text{ BN}}/N_{\max \text{ TR}}$	9,21	8,91	9,11	9,71	13,00

Ghi chú: N_0 là N lớn nhất khi chưa đổ thải, N_1, N_2, N_3, N_4, N_5 là N lớn nhất khi đường lò tại vị trí 1,2,3,4,5. $N_{max BN} - N_{max TR}$ là N lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt trừ N lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tròn, $N_{max BN}/N_{max TR}$ là N lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt chia cho N lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tròn.

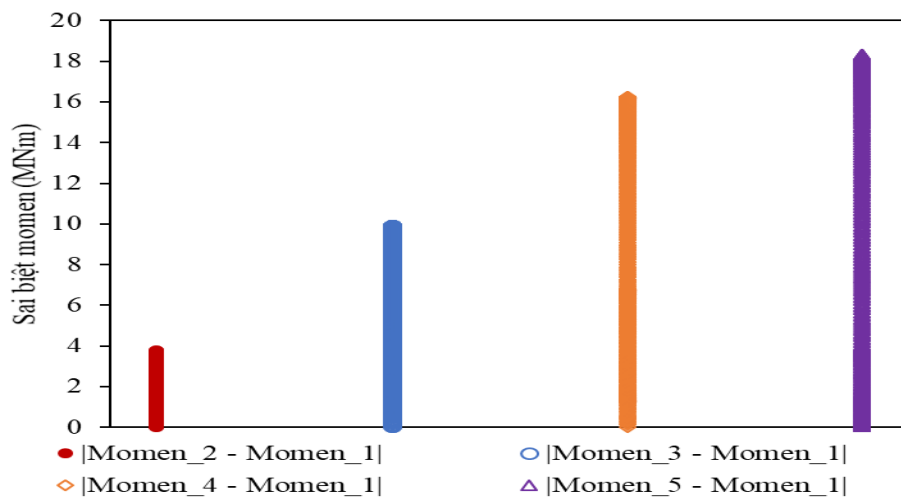
Sau đây sẽ lập biểu đồ và bảng để so sánh làm rõ sự sai biệt giá trị nội lực KCC thép của đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt đặt ở vị trí 2 (đường lò nằm tại đỉnh sườn bãi thải), vị trí 3 (đường lò nằm giữa sườn bãi thải), vị trí 4 (đường lò nằm tại chân bãi thải) và vị trí 5 (đường lò nằm ngoài bãi thải) so với đường lò nằm tại vị trí 1 (đường lò nằm tại tâm bãi thải), theo sơ đồ vị trí tại Hình 2.14.

Trường hợp có bãi thải biểu đồ sai biệt giá trị M tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 của đường lò hình tròn thể hiện trên Hình 3.15.



Hình 3.15. Biểu đồ sai biệt giá trị M tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 của đường lò hình tròn

Trường hợp có bãi thải biểu đồ sai biệt giá trị M tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 của đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình 3.16.



Hình 3.16. Biểu đồ sai biệt giá trị M tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 của đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt

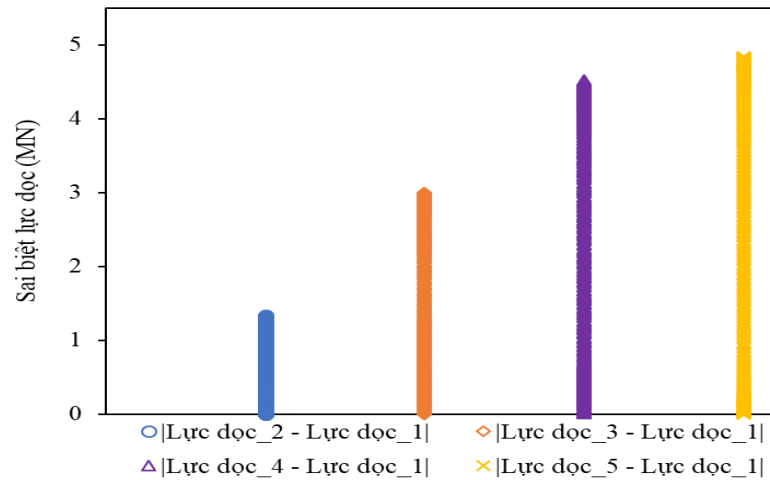
Sự sai biệt về M lớn nhất trong KCC đường lò nằm dưới bãi thải mở tương ứng với các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 trong trường hợp đường lò hình tròn so với trường hợp đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Bảng 3.5.

Bảng 3.5. Sự sai biệt về M lớn nhất ứng với các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1

Tham số \ Hiệu mô men Max	M1 - M2	M1 - M3	M1 - M4	M1 - M5
Đường lò hình tròn	1,08	2,34	3,13	3,03
Đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt	3,79	9,92	16,23	18,31
$M_{\max BN} - M_{\max TR}$	2,71	7,58	13,10	15,28
$M_{\max BN}/M_{\max TR}$	3,50	4,24	5,18	6,04

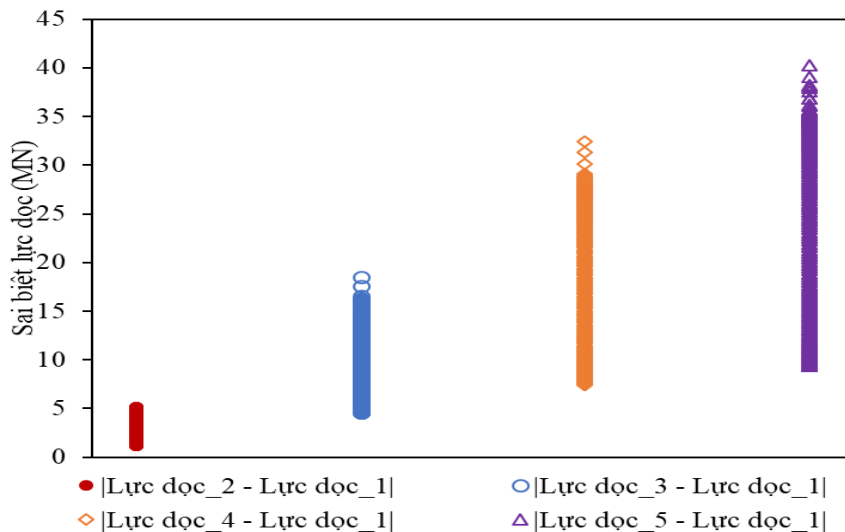
Ghi chú: M1 là M lớn nhất đường lò tại vị trí 1, M2, M3 M4, M5 là M lớn nhất khi đường lò tại vị trí 2,3,4,5. ($|M1 - Mi|$ lấy giá trị dương) $M_{\max BN} - M_{\max TR}$ là M lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt trừ M lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tròn, $M_{\max BN}/M_{\max TR}$ là M lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt chia cho M lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tròn.

Trường hợp có bãi thải biểu đồ sai biệt giá trị N tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 của đường lò hình tròn thể hiện trên Hình 3.17.



Hình 3.17. Biểu đồ sai biệt giá trị N tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 của đường lò hình tròn

Trường hợp có bãi thải biểu đồ sai biệt giá trị N tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 của đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình 3.18.



Hình 3.18. Biểu đồ sai biệt giá trị N tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 của đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt

Ghi chú: Trong Hình 3.17. và Hình 3.18 Lực dọc_2-Lực dọc_1 là giá trị N lớn nhất trong KCC thép đường lò đặt ở vị trí 2 khi đã đổ thải trừ đi giá trị N lớn nhất trong KCC thép đường lò đặt ở vị trí 1 khi đã đổ thải. $N_3 - N_1$, $N_4 - N_1$, $N_5 - N_1$, giải thích tương tự.

Sự sai biệt về N lớn nhất trong KCC đường lò nằm dưới bãi thải mỏ tương ứng với các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1 trong trường hợp đường lò hình tròn so với trường hợp đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Bảng 3.6.

Bảng 3.6. Sự sai biệt về N lớn nhất ứng với các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí 1

Hiệu lực dọc Max Tham số	N1-N2	N1-N3	N1-N4	N1-N5
Đường lò hình tròn	1,34	3,00	4,52	4,84
Đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt	5,15	18,48	32,46	40,24
$N_{\max BN} - N_{\max TR}$	3,81	15,47	27,94	35,39
$N_{\max BN}/N_{\max TR}$	3,84	6,15	7,18	8,31

Ghi chú: $N1$ là N lớn nhất đường lò ở vị trí 1, $N2, N3, N4, N5$ là N lớn nhất khi đường lò tại vị trí 2,3,4,5. ($|N1 - Ni|$ lấy giá trị dương) $N_{\max BN} - N_{\max TR}$ là N lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt trừ N lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tròn, $N_{\max BN}/N_{\max TR}$ là N lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt chia cho N lớn nhất trong KCC thép đường lò hình tròn.

Từ kết quả mô phỏng trên Hình 3.15 đến Hình 3.18 có thể thấy rằng sai biệt N trong KCC thép đường lò tại các vị trí 2, 3, 4, 5 so với vị trí số 1 dao động mạnh hơn so với hệ số sai biệt N tại cùng các vị trí. Cụ thể, với đường lò tiết diện hình tròn có sai biệt về giá trị M lớn nhất trong KCC thép dao động trong khoảng từ 1,08 đến 3,03, trong khi đó tiết diện tường thẳng vòm bán nguyệt dao động trong khoảng từ 3,79 đến 18,31. Còn sai biệt N lớn nhất trong KCC thép đối với đường lò hình tròn dao động trong khoảng từ 1,34 đến 4,48, trong khi đó tiết diện tường thẳng vòm bán nguyệt dao động từ 5,15 đến 40,24.

Nhận xét

Kết quả phân tích cho thấy vị trí tương đối giữa đường lò và BTBM là yếu tố chi phối mạnh đến mức độ và cơ chế phát triển nội lực trong KCC giữ đường lò. Khi đường lò nằm dưới trung tâm bãi thải, nội lực trong KCC đạt giá trị lớn nhất do chịu

tác động trực tiếp của tải trọng bãi thải; khi đường lò dịch chuyển ra các vị trí đỉnh sườn, giữa sườn, chân bãi thải và ngoài phạm vi bãi thải, M và N đều giảm dần theo quy luật rõ ràng, phản ánh sự suy giảm ảnh hưởng của tải trọng bãi thải theo khoảng cách.

Đối với M , đây là đại lượng nhạy cảm nhất với vị trí đường lò. M đạt giá trị lớn nhất tại vị trí dưới trung tâm và trên sườn bãi thải, đặc biệt bất lợi đối với KCC hở do xuất hiện trạng thái uốn lệch tâm và tập trung mô men cục bộ. Các hệ số sai biệt K_{1m} và K_{2m} khẳng định rằng vị trí đường lò càng gần trung tâm và sườn bãi thải thì mức độ bất lợi về M càng lớn, trong khi KCC kín có khả năng kiểm soát tốt hơn sự gia tăng M nhờ cơ chế chịu lực vòng khép kín.

Đối với N , kết quả cho thấy N lớn nhất cũng xuất hiện khi đường lò nằm dưới trung tâm bãi thải và giảm dần khi đường lò dịch chuyển ra ngoài. Tuy nhiên, mức biến thiên của N nhỏ và ổn định hơn nhiều so với M , thể hiện qua các hệ số sai biệt K_{1n} và K_{2n} . Điều này cho thấy N chủ yếu phản ánh trạng thái chịu nén tổng thể của kết cấu, ít nhạy cảm với vị trí đường lò và dạng kết cấu hơn so với M .

So sánh hai dạng kết cấu cho thấy, KCC kín (hình tròn) luôn có nội lực nhỏ hơn và phân bố ổn định hơn, trong khi KCC hở (vòm bán nguyệt tường thẳng) nhạy cảm hơn với sự thay đổi vị trí đường lò, đặc biệt về M tại các vị trí trên sườn bãi thải. Điều này khẳng định hình dạng vỏ chống không làm thay đổi quy luật ảnh hưởng của vị trí đường lò, nhưng quyết định mức độ bất lợi của nội lực.

Kết luận chương 3

Trong Chương 3, luận án đã sử dụng mô phỏng số để nghiên cứu có hệ thống ảnh hưởng của BTBM đến ứng xử cơ học của KCC giữ đường lò, thông qua ba nhóm yếu tố chính: trọng lượng thể tích đất đá đổ thải, CCBT, và vị trí tương đối giữa đường lò và bãi thải. Trên cơ sở phân tích M và N đối với hai dạng KCC điển hình (KCC kín hình tròn và KCC hở vòm bán nguyệt tường thẳng), các kết quả đạt được cho phép rút ra những kết luận sau:

Thứ nhất, TLTT đất đá đổ thải là tham số chi phối trực tiếp đến độ lớn nội lực trong KCC giữ đường lò. Khi TLTT đất đá đổ thải tăng, cả M uốn và N trong KCC đều gia tăng theo quy luật rõ ràng và nhất quán, không phụ thuộc vào hình dạng kết cấu.

Thứ hai, CCBT chi phối sự phát triển nội lực trong KCC theo cơ chế tích lũy. Kết quả cho thấy M tăng nhanh và nhạy cảm nhất với CCBT, đặc biệt đối với KCC hở, trong khi N tăng tương đối ổn định và phản ánh trạng thái chịu nén tổng thể.

Thứ ba, vị trí tương đối giữa đường lò và BTBM là yếu tố quyết định mức độ bất lợi của nội lực trong KCC. Khi đường lò nằm dưới trung tâm bãi thải, nội lực đạt giá trị lớn nhất; khi dịch chuyển ra đỉnh sườn, giữa sườn, chân bãi thải và ngoài phạm vi bãi thải, M và N đều giảm dần theo quy luật rõ ràng.

Các kết quả và luận điểm khoa học của chương này là cơ sở quan trọng để lựa chọn trường hợp tính toán bất lợi, đề xuất giải pháp bố trí đường lò hợp lý và định hướng gia cường KCC trong điều kiện tồn tại BTBM.

CHƯƠNG 4

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BÃI THẢI ĐẾN ỨNG XỬ CỦA KẾT
CẤU CHỐNG THÉP CHO ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI MỎ THAN MÔNG
DƯƠNG QUẢNG NINH**

4.1 Tổng quan

Trong chương này trên cơ sở kết quả quy luật nội lực trong KCC thép của đường lò nằm dưới bãi thải khi nghiên cứu bài toán lý thuyết chương 3, luận án tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của BTBM đến ứng xử nội lực của KCC thép cho đường lò trong điều kiện mỏ than Mông Dương với mục đích tìm ra quy luật nội lực trong KCC thép trong điều kiện bài toán thực tế.

Phương án khảo sát: Do trong điều kiện thực tế đường lò nằm dưới bãi thải tại các vị trí khác nhau sẽ chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố bao gồm: loại khối đá, than; chiều dày các lớp khối đá, than; thể nằm của các lớp khối đá, than; góc dốc của các lớp khối đá, than...vv hay nói cách khác đường lò đặt ở vị trí khác nhau bên dưới bãi thải không chỉ ảnh hưởng của BTBM mà còn bị chi phối bởi nhiều yếu tố tự nhiên và kỹ thuật ảnh hưởng đến ứng xử nội lực trong KCC. Chính vì vậy trong Chương này không nghiên cứu trường hợp dịch chuyển vị trí đường lò so với bãi thải (đường lò đặt ở trung tâm bãi thải, sườn bãi thải, chân bãi thải và ngoài bãi thải) mà chỉ nghiên cứu chiều cao bãi thải (xét yếu tố ảnh hưởng thực tế hình thành bãi thải theo thời gian từ khi mới đổ thải đến khi kết thúc đổ thải) ảnh hưởng đến ứng xử cơ học của KCC đường lò nằm dưới bãi thải. Bãi thải mỏ than Mông Dương có CCBT cuối cùng tính từ mặt đất đổ thải đến đỉnh bãi thải bằng 217m, trên cơ sở CCBT này các trường hợp khảo sát sẽ lấy CCBT như sau: chưa đổ thải, CCBT tăng 50m với mỗi lần đổ thải (các trường hợp khảo sát bãi thải có chiều cao bằng 0m, 50m, 100m, 150m, 200m và 217m).

Về hình dạng kích thước đường lò: Hiện nay các loại hình dạng đường lò tại các mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh gồm: hình tường thẳng vòm bán nguyệt, hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền, hình vòm, hình móng ngựa, hình vòm ba tâm, hình tròn, hình thang, hình chữ nhật, hình vuông...vv. Trong luận án này lựa chọn 3 loại hình dạng đường lò để khảo sát bao gồm: đường lò hình tròn có đường kính bằng

5m, đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt có chiều rộng 5m chiều cao 5m, đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền có chiều rộng 5m chiều cao 5m.

Về loại đường lò: Trong thực tế hệ thống đường lò nằm dưới bãi thải có rất nhiều loại đường lò như: đường lò chuẩn bị, đường lò cơ bản, đường lò nằm ngang, đường lò nằm nghiêng, giếng nghiêng, giếng đứng, đường lò nằm gần mặt đất, đường lò nằm sâu dưới mặt đất, đường lò đào trong đá, đường lò đào trong than, đường lò đào trong cả đá và than, đường lò có diện tích nhỏ ($<15\text{m}^2$), đường lò có diện tích trung bình ($15\div 25\text{m}^2$), đường lò có diện tích lớn ($>25\text{m}^2$), hầm trạm...vv. Trong bài toán thực tế này do hiện nay ở phần nằm nông khoảng sản than đã khai thác gần hết các mỏ đã và đang khai thác xuống sâu nên để có ý nghĩa thực tế cho kết quả nghiên cứu (khi các mỏ khai thác xuống sâu) luận án chọn độ sâu đặt đường lò để nghiên cứu nằm ở độ sâu -355 m theo mặt cắt địa chất tuyến AA đi qua trung tâm mỏ than Mông Dương, đường lò đào trong khối đá bột kết, đường lò nằm ngang có diện tích tiết diện thuộc loại trung bình.

Về KCC đường lò: Thực tế hiện nay có rất nhiều loại hình KCC giữ như: KCC thép, KCC bê tông cốt thép, KCC neo, KCC hỗn hợp. Luận án lựa chọn KCC bằng vì thép SVP33 để khảo sát, khoảng cách bước chống bằng 0,5m.

Việc lựa chọn phạm vi và điều kiện nghiên cứu như trên cho phép đánh giá trực tiếp và định lượng ảnh hưởng của CCBT đến nội lực trong KCC thép trong điều kiện bãi thải mỏ than Mông Dương, đồng thời tạo cơ sở để đối chiếu và kiểm chứng các quy luật tổng quát đã thiết lập trong Chương 3.

4.2. Điều kiện bãi thải mỏ than Mông Dương

Để tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải mỏ đến ứng xử cơ học của KCC thép cho đường lò nằm dưới bãi thải luận án lựa chọn điều kiện bãi thải mỏ than Mông Dương, cụ thể lựa chọn mặt cắt địa chất tuyến AA đi qua trung tâm mỏ than Mông Dương bên trên bề mặt có bãi thải với CCBT lớn nhất bằng 217m. Mặt cắt địa chất thể hiện bãi thải mỏ và các vỉa than nằm dưới bãi thải của tuyến mặt cắt địa chất AA thể hiện trên Hình PL 1.2.1 [8].

Từ mặt cắt địa chất tuyến AA cho thấy: từ mức +30 trở lên là phần bãi thải mỏ, phần bên dưới bãi thải mỏ bao gồm các loại khối đá như cuội kết, sạn kết, cát kết, bột

kết, vỉa than. Nhưng các lớp cuội kết và sạn kết không đáng kể có chiều dày phân lớp mỏng, chủ yếu là đá cát kết và bột kết có chiều dày phân lớp lớn. Các loại đá trên mặt cắt tuyến AA được mô tả như sau [19]:

+ Tầng đá thải: Thành phần gồm các tầng, hòn đá cuội kết, sạn kết, cát kết, bột kết và sét kết kích thước không đồng đều, sắp xếp rất hỗn độn. Đây là sản phẩm của quá trình khai thác lộ thiên của mỏ Cao Sơn, vỉa 10, vỉa 9 và đầu lộ vỉa đổ ra tạo nên, tầng này chưa ổn định.

+ Cuội kết: Đá có màu xám đến xám sáng, thành phần hạt chủ yếu là thạch anh.

+ Sạn kết: Là loại đá tương đối phổ biến trong cột địa tầng, độ hạt chuyển tiếp từ cuội kết sang cát kết.

+ Cát kết: Là loại đá phân bố rộng rãi và phổ biến nhất trong cột địa tầng. Đá có màu xám sáng, đến xám tối.

+ Bột kết: Là loại đá phân bố trong địa tầng giữa các vỉa than hoặc phần vách trụ các vỉa than. Đá có màu xám đến xám đen, cấu tạo dạng phân lớp, gắn kết tương đối rắn chắc.

+ Sét kết: là loại đá phổ biến ở vách trụ hoặc nằm kẹp trong các vỉa than.

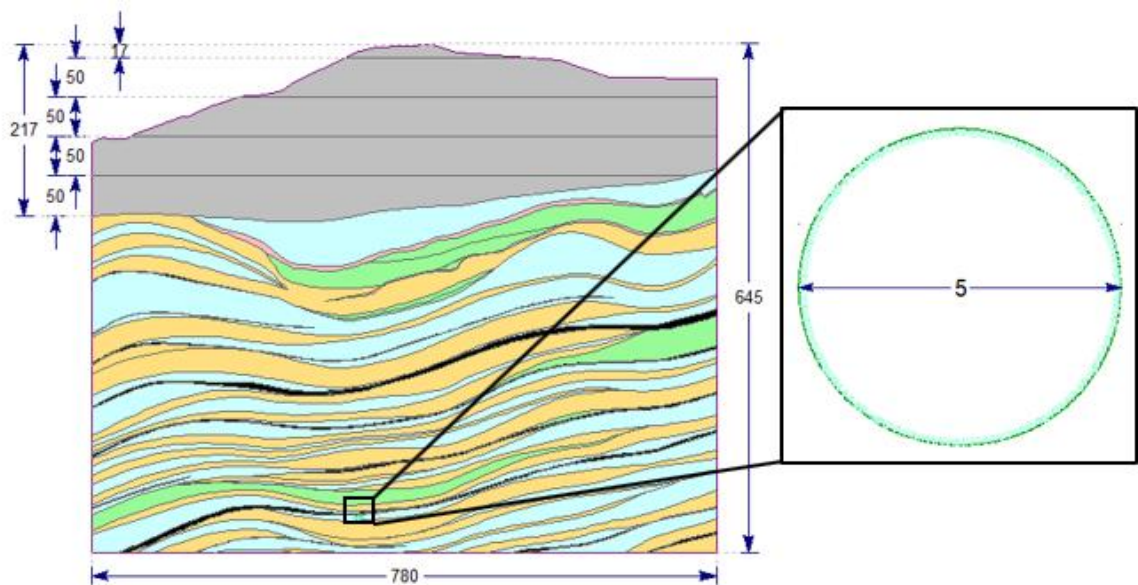
Trong phạm vi nghiên cứu này, đường lò được bố trí trong khối đá bột kết ở độ sâu -355 m, tương ứng với điều kiện địa chất phổ biến trong khu vực trung tâm mỏ. Việc lựa chọn mặt cắt AA và điều kiện địa chất điển hình nêu trên bảo đảm rằng mô hình tính toán phản ánh đúng môi trường làm việc thực tế của đường lò dưới bãi thải mỏ Mông Dương, đồng thời tạo cơ sở tin cậy cho việc đánh giá ảnh hưởng của chiều cao bãi thải đến ứng xử của KCC thép cho đường lò nằm dưới bãi thải.

4.3. Xây dựng mô hình và điều kiện đầu vào

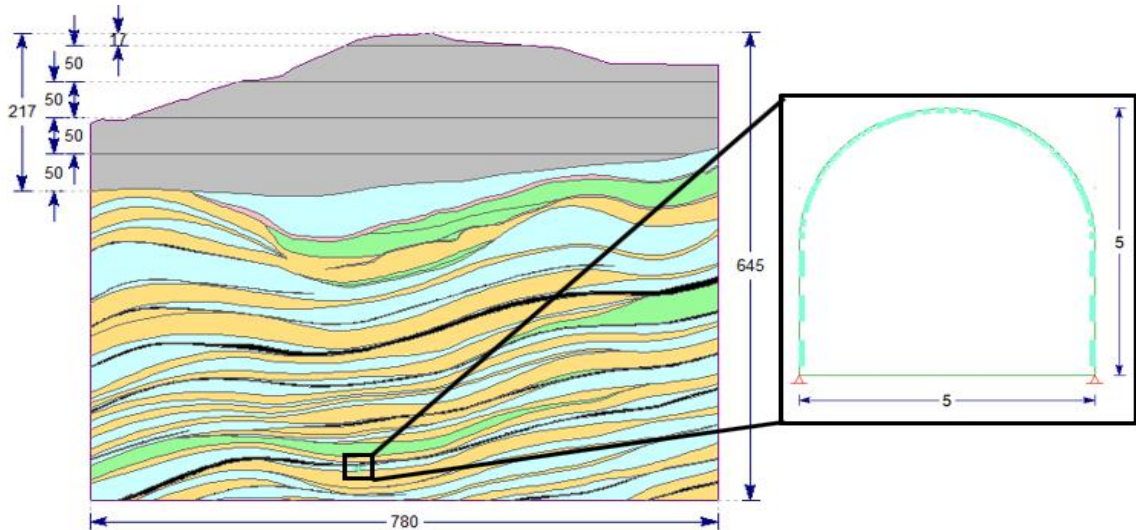
Trên cơ sở nghiên cứu bài toán lý thuyết của Chương 3. Từ điều kiện CCBT, địa chất, địa hình, điều kiện thể nằm các lớp đất đá, vỉa than, chiều dày vỉa than, cấu tạo vỉa than, cấu tạo các lớp đất đá của tuyến mặt cắt AA qua khu trung tâm mỏ than Mông Dương, tiến hành lập mô hình mô phỏng với trường hợp chưa hình thành bãi thải mỏ và sau khi hình thành bãi thải mỏ với các CCBT lấy bằng 50m với mỗi lần đổ thải để tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải đến ứng xử cơ học của KCC thép cho đường lò nằm dưới bãi thải. Kích thước mô hình khảo sát có kích thước

chiều cao x rộng bằng 645m x 780m, đường lò khảo sát đặt ở độ sâu -355m nằm trong khối đá bột kết. Trường hợp khảo sát thứ nhất đường lò có hình dạng hình tròn, đường kính 5m, mô hình và vị trí đặt đường lò thể hiện trên Hình 4.1. Trường hợp khảo sát thứ 2 đường lò có hình dạng tường thẳng vòm bán nguyệt kích thước chiều rộng 5m, chiều cao 5m, mô hình và vị trí đường lò thể hiện trên Hình 4.2. Trường hợp khảo sát thứ 3 đường lò có hình dạng tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền kích thước chiều rộng 5m, chiều cao tính cả vòm nền bằng 5m, mô hình và vị trí đường lò thể hiện trên Hình 4.3.

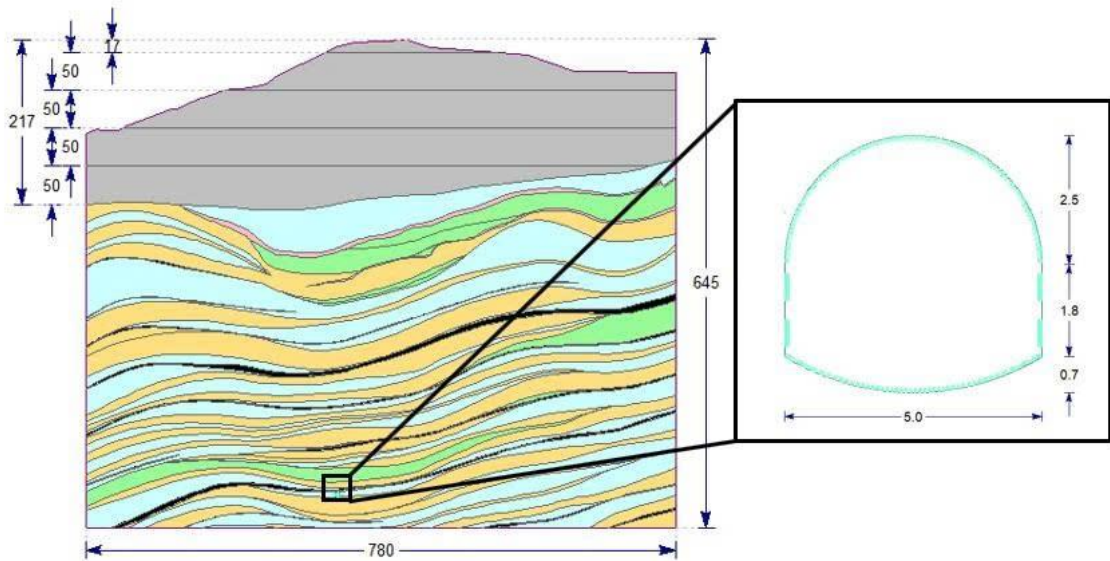
Việc lựa chọn ba dạng tiết diện này nhằm đánh giá và so sánh ảnh hưởng của BTBM đến hai cơ chế chịu lực điển hình của KCC: cơ chế chịu lực của KCC kín hình tròn tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền và chống hờ tường thẳng vòm bán nguyệt.



Hình 4.1. Mô hình trường hợp đường lò có hình dạng hình tròn



Hình 4.2. Mô hình trường hợp đường lò có hình dạng tường thẳng vòm bán nguyệt



Hình 4.3. Mô hình trường hợp đường lò có hình dạng tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền

Các tham số đầu vào của mô hình nghiên cứu theo dữ liệu địa chất của bãi thải mỏ than Mông Dương thể hiện trên Bảng 4.1, các tham số kỹ thuật của mô hình, đường lò vì thép thể hiện trên Bảng 4.2. Khối đá trong mô hình được mô phỏng theo tiêu chuẩn bên Hoek–Brown (2002); các tham số còn lại của mô hình được lấy theo Bảng 2.1, còn tham số đầu vào của vì chống thép được lấy theo Bảng 2.2.

Bảng 4.1. Tham số đầu vào của khối than đá

STT	Thông số	Đơn vị tính	Cuội kết	Sét kết	Bột kết	Cát kết	Than	Đá thải
1	Dung trọng	MN/m ³	0,0263	0,0258	0,0262	0,0264	0,014	0,02
2	Mô đun biến dạng	MPa	13.400	3180	10.600	11.100	2140	733,2
3	Hệ số nở hông	-	0,2	0,2	0,2	0,2	0,12	0,25
4	Độ bền nén đá liền khối	MPa	108,5	20,3	37,8	104,9	10,5	17,0
5	Mô hình phá hủy	-	Hoek-Brown					

Bảng 4.2. Tham số đầu vào đường lò và KCC vì thép

STT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Thông số đường lò hình tròn			
	Đường kính	R	5,0	m
2	Thông số đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt			
	Chiều cao	h	5,0	m
	Chiều rộng	b	5,0	m
	Bán kính vòm	R	2,5	m
3	Thông số đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền			
	Chiều cao từ chân vòm nền đến chân vòm nóc lò	h	1,8	m
	Chiều rộng	b	5,0	m
	Bán kính vòm nóc	R	2,5	m
	Khoảng cách từ chân tường đến đỉnh vòm nền	R'	0,7	m
4	Mô hình khối đá được lựa chọn là mô hình phá hủy Hoek-Brown với tham số mô hình khảo sát			

	Kích thước (rộng x cao)	-	645 x 780	m x m
	Chiều sâu đặt đường lò	-	-355	m
	Hệ số áp lực ngang	K	0,5	-

4.4 Kết quả ảnh hưởng của CCBT đến nội lực trong KCC thép đường lò hình tròn

Kết quả M và N trong KCC thép đường lò hình tròn trường hợp chưa có bãi thải (đây được xem là trạng thái tham chiếu để so sánh với các trường hợp có bãi thải ở các giai đoạn đổ thải tiếp theo) thể hiện trên Hình PL 4.4.1

Từ kết quả trên Hình PL 4.4.1 cho thấy giá trị N trong KCC xuất hiện tại vị trí hai bên hông đường lò lớn hơn nóc và nền đường lò. Giá trị M xuất hiện tại phần nóc đường lò lớn hơn hai bên hông và nền đường lò.

Kết quả nội lực trong trường hợp chưa đổ thải này được lựa chọn làm mốc so sánh để đánh giá mức độ gia tăng và biến đổi nội lực của KCC trong các trường hợp có bãi thải ở các giai đoạn đổ thải tiếp theo (50 m, 100 m, 150 m, 200 m và 217 m).

Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp CCBT bằng 50m đường lò hình tròn thể hiện trên Hình PL 4.4.2.

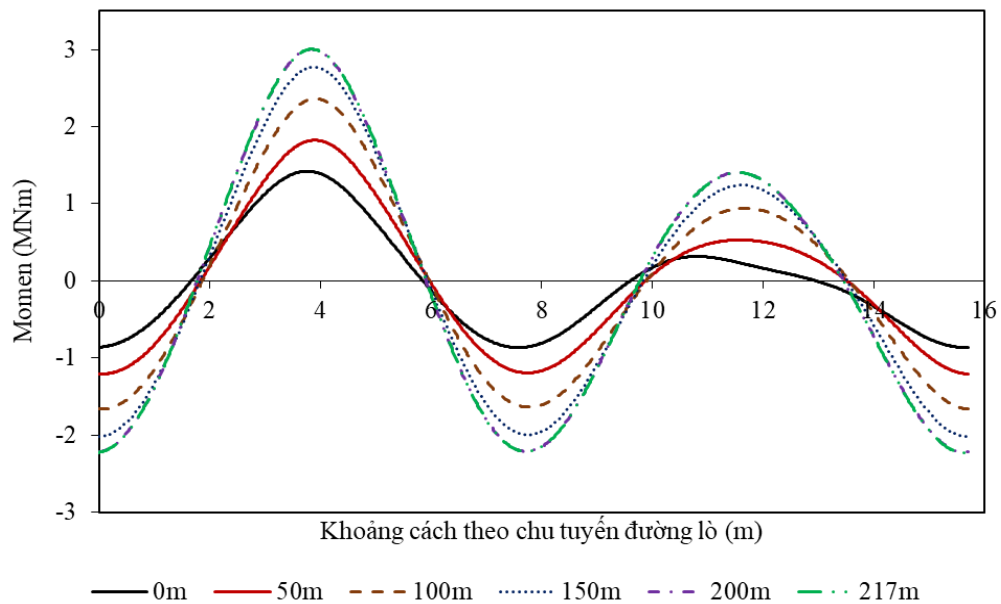
Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp CCBT bằng 100m đường lò hình tròn thể hiện trên Hình PL 4.4.3.

Kết quả M và N trong KCC lò bằng thép trường hợp CCBT bằng 150m đường lò hình tròn thể hiện trên Hình PL 4.4.4.

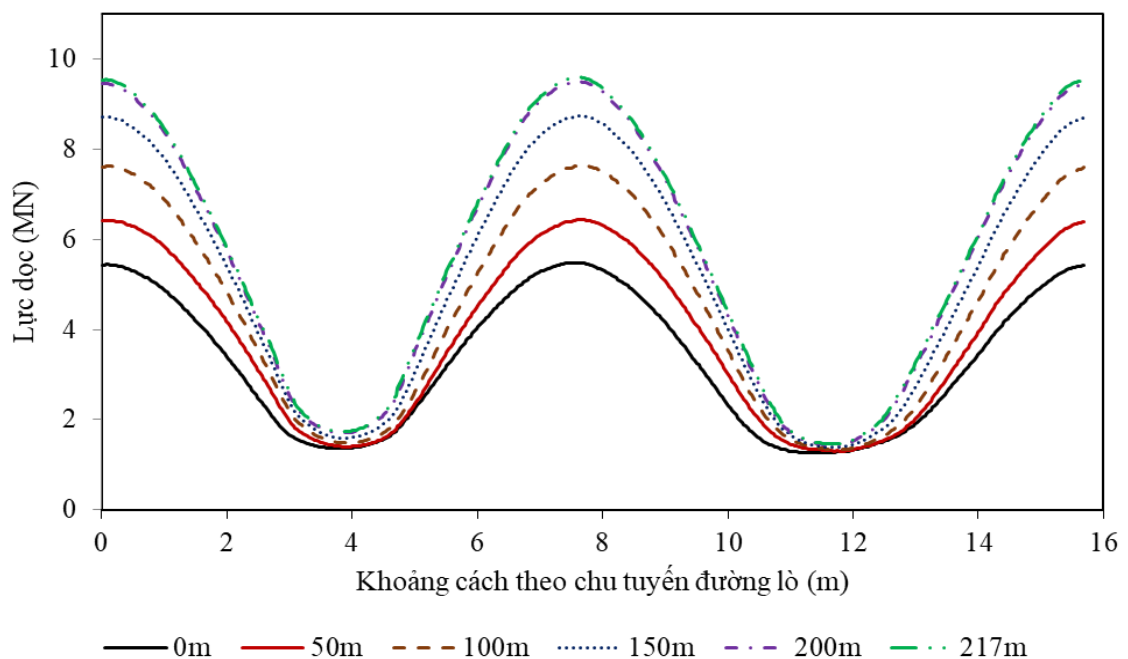
Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp CCBT bằng 200m đường lò hình tròn thể hiện trên Hình PL 4.4.5.

Kết quả M và N trong KCC lò bằng thép trường hợp CCBT bằng 217m đường lò hình tròn thể hiện trên Hình PL 4.4.6.

Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép trong các trường hợp CCBT đường lò hình tròn thể hiện trên Hình 4.4



Hình 4.4. Tổng hợp biểu đồ M trong các trường hợp CCBT đường lò hình tròn
 Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép trong các trường hợp CCBT đường lò hình tròn thể hiện trên Hình 4.5



Hình 4.5. Tổng hợp biểu đồ N trong các trường hợp CCBT đường lò hình tròn
 Từ kết quả M và N trong các trường hợp CCBT thể hiện trên Hình PL 4.4.1 đến Hình PL 4.4.6 và biểu đồ tổng hợp M và N trên Hình 4.4 và Hình 4.5 cho thấy khi CCBT tăng ($H = 0 \rightarrow 217$ m) thì nội lực (M và N) trong KCC cũng tăng theo.

Khi chưa đổ thải và tại mức CCBT thấp (CCBT 0m, 50m, 100m, 150m) do BTBM được hình thành có cốt cao bằng nhau nên nội lực trong KCC có tính đối xứng qua trục đường lò, nhưng đến CCBT ở mức 200m và 217m do thu nhỏ chiều rộng đỉnh bãi thải và đường lò đặt lệch sang một bên có phần bãi thải cao, một bên có phần bãi thải thấp đã dẫn đến tải trọng lệch tác dụng lên đường lò kết quả nội lực trong KCC đường lò hình tròn cũng có biểu hiện chịu lực lệch qua trục đường lò tuy nhiên không đáng kể. Cũng từ Hình 4.4 và Hình 4.5 cho thấy sau khi hoàn thành đổ thải tại chiều cao 217m, M trong KCC tăng 1,75 lần so với trường hợp không có bãi thải, còn N trong KCC tăng khoảng 2,1 lần so với trường hợp không có bãi thải.

4.5. Kết quả ảnh hưởng của CCBT đến nội lực trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp chưa có bãi thải đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 4.5.1.

Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp CCBT bằng 50m đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 4.5.2.

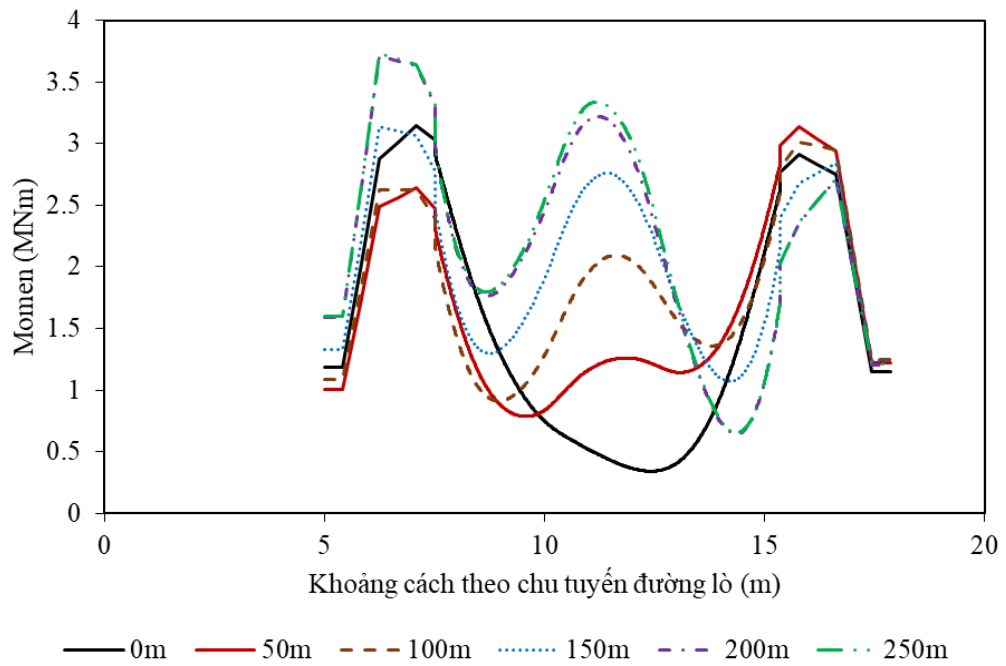
Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp CCBT bằng 100m đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 4.5.3.

Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp CCBT bằng 150m đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 4.5.4.

Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp CCBT bằng 200m đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 4.5.5.

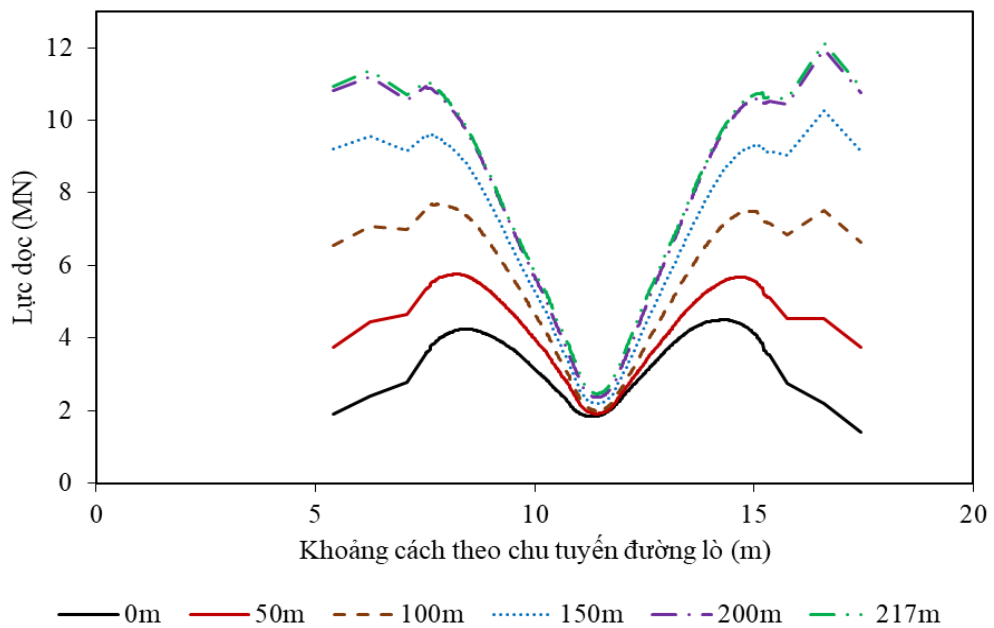
Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp CCBT bằng 217m đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình PL 4.5.6.

Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép trong các trường hợp CCBT mỏ than Mông Dương (0 m → 217 m) đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình 4.6



Hình 4.6. Tổng hợp biểu đồ M trong các trường hợp CCBT đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép trong các trường hợp CCBT đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt thể hiện trên Hình 4.7



Hình 4.7. Tổng hợp biểu đồ N trong các trường hợp CCBT đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Từ Hình PL 4.5.1 đến Hình PL 4.5.6 và Hình 4.6 có thể thấy rằng khi CCBT tăng giá trị M trong KCC cũng tăng theo tỷ lệ thuận. Khi CCBT còn thấp ($0\text{ m} \rightarrow 150\text{ m}$) giá trị M tăng ít và phân bố khá đều qua trục đối xứng của đường lò, nhưng khi bãi thải có chiều cao lớn ($200\text{ m} \rightarrow 217\text{ m}$) giá trị M nhanh, rõ rệt và xuất hiện phân bố không đối xứng qua trục đường lò (giá trị mô men tường trái nhỏ hơn giá trị M tường phải).

Giá trị M phân bố đối xứng qua trục đường lò khi CCBT thấp và phân bố lệch qua trục đường lò khi bãi thải có chiều cao lớn là do bề mặt đổ thải khi bãi thải còn thấp là bằng phẳng, khi CCBT tăng thì bề mặt địa hình bãi thải không còn bằng phẳng mà lệch sang phía bên phải (bề mặt bãi thải phía bên phải cao hơn phía bên trái) điều này gây ra tải trọng lệch tác dụng lên đường lò dẫn đến giá trị M trong khung chống thép cũng bị tác động và phía bên có CCBT lớn hơn giá trị M lớn hơn và ngược lại.

Khi chưa có bãi thải giá trị M lớn nhất bằng $3,15\text{ MNm}$, giá trị M nhỏ nhất bằng $0,34\text{ MNm}$ khi bãi thải đổ thải kết thúc với chiều cao bằng 217 m thì giá trị lớn nhất của M bằng $3,73\text{ MNm}$ (tăng khoảng $1,18$ lần), giá trị nhỏ nhất của M bằng $0,65$ (tăng khoảng $1,9$ lần).

Từ Hình PL 4.5.1 đến Hình PL 4.5.6 và Hình 4.7 có thể thấy rằng về tổng thể giá trị N trong khung chống thép đều tăng khi CCBT tăng, giá trị biểu đồ N khá đối xứng (thay đổi ít) qua trục đường lò trong cả trường hợp khi bãi thải hình thành thấp đến khi CCBT kết thúc, như vậy có thể thấy rằng giá trị N ít chịu ảnh hưởng khi bãi thải đổ lệch tải so với vị trí đặt đường lò so với giá trị M .

Khi chưa có bãi thải giá trị N lớn nhất bằng $4,5\text{ MN}$, giá trị N nhỏ nhất bằng $1,4\text{ MN}$ khi bãi thải đổ thải kết thúc giá trị lớn nhất của N bằng $12,15\text{ MN}$ (tăng khoảng $2,7$ lần), giá trị nhỏ nhất của N bằng $2,47$ (tăng khoảng $1,76$ lần).

4.6. Kết quả ảnh hưởng của CCBT đến nội lực trong KCC thép đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền

Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp chưa có bãi thải đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền thể hiện trên Hình PL 4.6.1.

Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp CCBT bằng 50 m đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền thể hiện trên Hình PL 4.6.2.

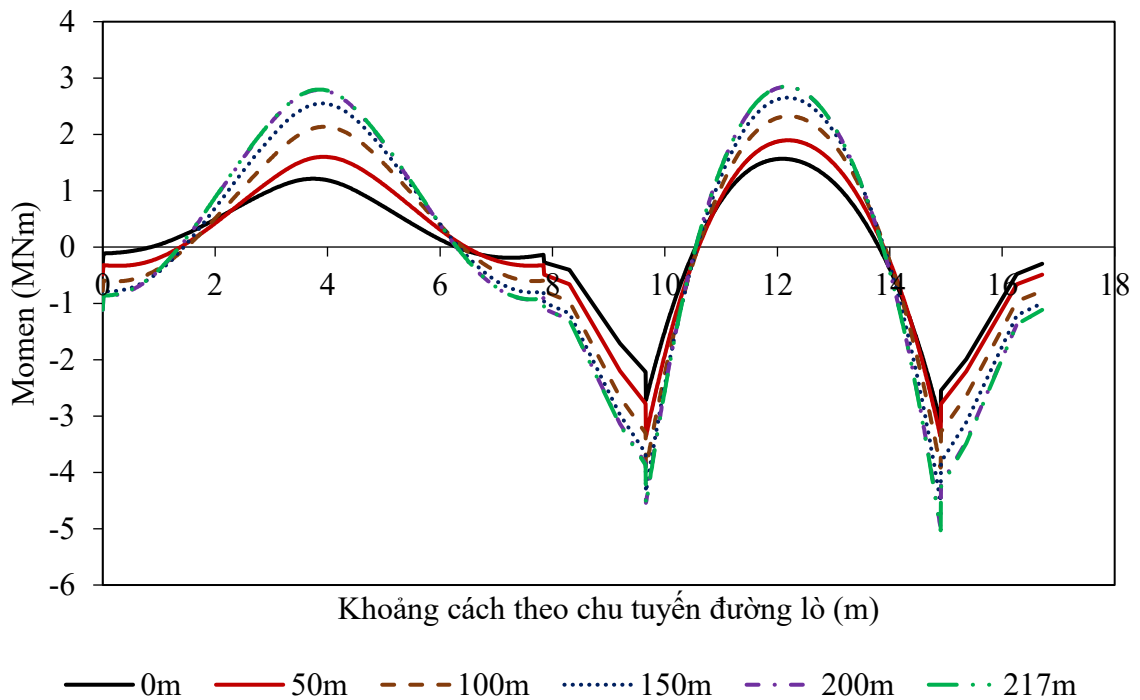
Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp CCBT bằng 100m thể hiện trên Hình PL 4.6.3.

Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp CCBT bằng 150m thể hiện trên Hình PL 4.6.4.

Kết quả M và N trong kết cấu chống thép trường CCBT bằng 200m thể hiện trên Hình PL 4.6.5.

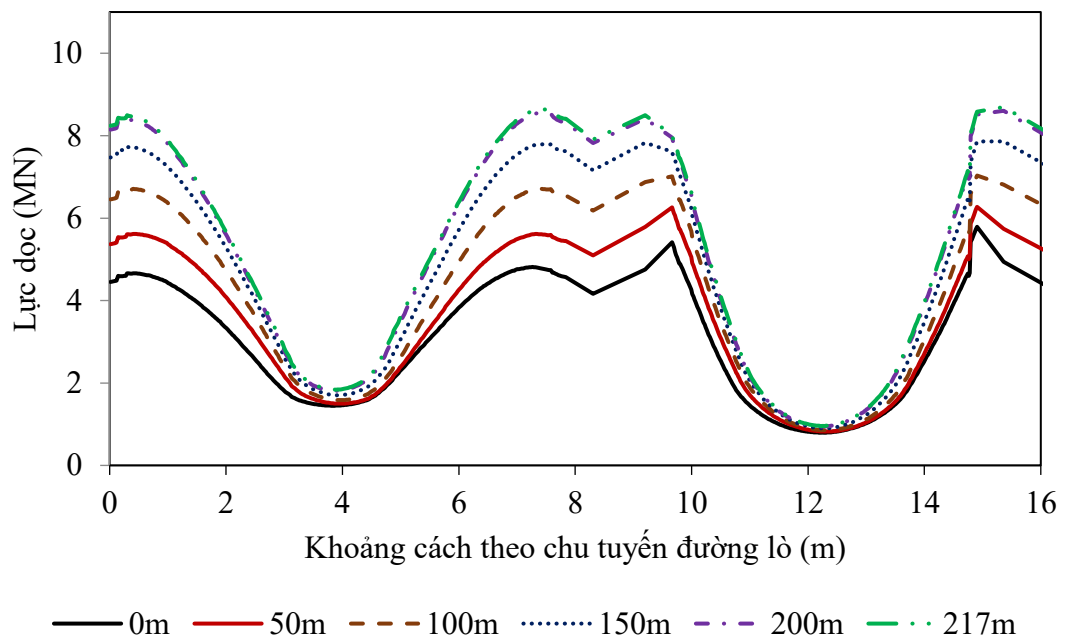
Kết quả M và N trong KCC thép trường hợp CCBT bằng 217m thể hiện trên Hình PL 4.6.6.

Tổng hợp biểu đồ M trong KCC thép trong các trường hợp CCBT mở than Mông Dương (0 m → 217 m) đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền thể hiện trên Hình 4.8



Hình 4.8. Tổng hợp biểu đồ M trong các trường hợp CCBT đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền

Tổng hợp biểu đồ N trong KCC thép trong các trường hợp CCBT đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền thể hiện trên Hình 4.9.



Hình 4.9. Tổng hợp biểu đồ N trong các trường hợp CCBT đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền

Từ Hình PL 4.6.1 đến Hình PL 4.6.6 và Hình 4.8 có thể thấy rằng trong trường hợp đường lò hình tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền khi CCBT tăng giá trị M trong KCC cũng tăng theo tỷ lệ thuận. Khi CCBT còn thấp (0 m $\rightarrow$ 150 m) giá trị M tăng ít và phân bố khá đều qua trục đối xứng của đường lò, nhưng khi bãi thải có chiều cao lớn (200m $\rightarrow$ 217 m) giá trị M nhanh, rõ rệt và xuất hiện phân bố không đối xứng qua trục đường lò (giá trị M tường trái nhỏ hơn giá trị M tường phải).

Khi chưa có bãi thải giá trị M lớn nhất bằng 3,1MNm, giá trị M nhỏ nhất bằng 1,57MNm khi bãi thải đổ thải kết thúc với chiều cao bằng 217m thì giá trị lớn nhất của M bằng 5,03MNm (tăng khoảng 1,62 lần), giá trị nhỏ nhất của M bằng 2,85 (tăng khoảng 1,81 lần).

Từ Hình PL 4.6.1 đến Hình PL 4.6.6 và Hình 4.9 có thể thấy rằng về tổng thể giá trị N trong khung chống thép tăng đều khi CCBT tăng, giá trị biểu đồ N khá đối xứng (thay đổi ít) qua trục đường lò trong cả trường hợp khi bãi thải hình thành thấp đến khi chiều cao đổ thải kết thúc, như vậy có thể thấy rằng giá trị N ít chịu ảnh hưởng khi bãi thải đổ lệch tải so với vị trí đặt đường lò so với giá trị M.

Khi chưa có bãi thải giá trị N lớn nhất bằng 5,79 MN, giá trị N nhỏ nhất bằng 0,8MN khi bãi thải kết thúc giá trị lớn nhất của N bằng 8,69MN (tăng khoảng 1,5 lần), giá trị nhỏ nhất của N bằng 0,96 (tăng khoảng 1,2 lần).

Kết luận chương 4

Trong chương này, luận án đã tiến hành nghiên cứu định lượng ảnh hưởng của BTBM đến ứng xử cơ học của KCC thép cho đường lò nằm dưới bãi thải trong điều kiện cụ thể của mỏ than Mông Dương Quảng Ninh, thông qua mô phỏng số đối với ba dạng tiết diện điển hình: đường lò hình tròn và đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt, đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền. Trên cơ sở các trường hợp khảo sát CCBT tương ứng với chiều cao đổ thải thực tế ($H = 0,50\text{m}, 100\text{m}, 150\text{m}, 200\text{m}$ và 217 m), các kết luận tổng quát sau đây có thể được rút ra:

CCBT trong điều kiện mỏ than Mông Dương chi phối trạng thái nội lực trong KCC đường lò nằm bên dưới. Khi CCBT tăng, cả N và M trong KCC đều tăng, phản ánh rõ hiệu ứng gia tăng tải trọng BTBM theo tiến độ phát triển chiều cao của bãi thải gây ảnh hưởng đến KCC đường lò nằm bên dưới.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Luận án đã tổng hợp đặc điểm hình thành, nguồn gốc của bãi thải và hiện trạng công tác đổ thải của các bãi thải mỏ vùng than Quảng Ninh, và các nước trên thế giới, phương pháp tính nội lực cho KCC các đường lò.

Luận án đã xây dựng và kiểm chứng mô hình số hai chiều bằng phần mềm Phase² với kết quả bài toán giải tích Hamilton Gray năm 1936. Kết quả kiểm chứng khẳng định tính đúng đắn của các thao tác mô phỏng số bằng phần mềm Phase² để xây dựng mô hình và nghiên cứu các tham số minh chứng các luận điểm của luận án. Bằng phần mềm Phase², luận án đã mô phỏng bãi thải trên bề mặt mỏ để nghiên cứu ảnh hưởng trong các trường hợp thay đổi TLTT của đất đá thải trong bãi thải, thay đổi CCBT và thay đổi vị trí tương quan giữa đường lò với bãi thải đến ứng xử KCC thép cho đường lò hình tròn và hình tường thẳng vòm bán nguyệt. Kết quả nghiên cứu trong bài toán lý thuyết chỉ ra rằng:

- Khi thay đổi TLTT của đất đá thải có ảnh hưởng đến ứng xử nội lực trong KCC đường lò hình tròn cũng như hình tường thẳng vòm bán nguyệt. Khi trọng lượng thể tích tăng giá trị nội lực trong KCC thép cho đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt cũng tăng. Trong các trường hợp thay đổi TLTT của đất đá thải thì giá trị nội lực trong KCC thép cho đường lò hình tròn đều nhỏ hơn giá trị nội lực trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt.

- Khi thay đổi CCBT có ảnh hưởng đến ứng xử nội lực trong KCC đường lò hình tròn cũng như hình tường thẳng vòm bán nguyệt. Khi CCBT tăng lên giá trị nội lực trong KCC thép cho đường lò hình tròn và tường thẳng vòm bán nguyệt cũng tăng. Trong các trường hợp thay đổi CCBT thì giá trị nội lực trong KCC thép cho đường lò hình tròn đều nhỏ hơn giá trị nội lực trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt.

- Khi thay đổi vị trí tương quan đường lò với bãi thải có ảnh hưởng đến ứng xử nội lực trong KCC đường lò hình tròn cũng như hình tường thẳng vòm bán nguyệt. Khi đường lò nằm dưới trung tâm bãi thải, nội lực đạt giá trị lớn nhất; khi dịch chuyển ra đỉnh sườn, giữa sườn, chân bãi thải và ngoài phạm vi bãi thải, mô men uốn và lực

dọc đều giảm dần theo quy luật rõ ràng. Trong các trường hợp thay đổi vị trí đường lò so với bãi thải thì giá trị nội lực trong KCC thép cho đường lò hình tròn đều nhỏ hơn giá trị nội lực trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt.

Luận án phát triển mô hình số nghiên cứu cho các đường lò dưới bãi thải của mỏ than Mông Dương, kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng:

- CCBT trong điều kiện mỏ than Mông Dương chi phối trạng thái nội lực trong KCC đường lò nằm bên dưới. Khi CCBT, cả lực dọc và M trong KCC đều tăng, phản ánh rõ hiệu ứng gia tăng tải trọng BTBM theo tiến độ phát triển chiều cao của bãi thải gây ảnh hưởng đến KCC đường lò nằm bên dưới.

- Hình dạng đường lò có ảnh hưởng đến nội lực KCC thép cho đường lò nằm dưới bãi thải, trong nghiên cứu lý thuyết và trong điều kiện thực tế của bãi thải mỏ than Mông Dương đều cho kết quả dưới tác dụng của BTBM thì *giá trị nội lực trong KCC hình tròn nhỏ hơn giá trị nội lực trong KCC hình móng ngựa và hình tường thẳng vòm bán nguyệt*.

Kiến nghị

- Các đơn vị thiết kế, thi công và các mỏ than hầm lò khi thiết kế và thi công đường lò nằm dưới BTBM mở cần chú ý đến áp lực nhân tạo do bãi thải gây ra tác dụng lên KCC thép cho đường lò.

- Các kết quả nghiên cứu của luận án mới chỉ dừng lại ở việc xem xét tới bãi thải dương (bãi thải đổ trên các khu vực mặt bằng). Cần thực hiện các nghiên cứu khác với điều kiện bãi thải âm (bãi thải dưới moong khai thác lộ thiên, bãi thải đổ thải trong hẻm núi, thung lũng..);

- Phạm vi nghiên cứu loại hình KCC mới chỉ dừng lại với loại hình KCC thép. Cần tiếp tục thực hiện với các loại hình KCC khác như neo, neo kết hợp với bê tông phun lưới thép, vỏ chống bê tông liên khối và KCC hỗn hợp;

- Phạm vi nghiên cứu loại đường lò mới chỉ dừng lại đường lò nằm ngang. Cần tiếp tục nghiên cứu trong trường hợp đường lò nằm nghiêng và giếng đứng;

- Phạm vi nghiên cứu về áp lực tác dụng lên KCC mới chỉ xem xét đến áp lực địa tầng và áp lực phụ thêm của bãi thải tác dụng lên đường lò nằm phía dưới bãi thải do vậy cần có thêm các nghiên cứu đường lò chịu đồng thời của tổ hợp áp lực bao gồm

áp lực địa tầng, áp lực nhân tạo do bãi thải gây ra, áp lực nước ngầm và các loại áp lực hình thành trong quá trình khai thác, đào lò.

- Trước xu thế chuyển đổi số và ứng dụng công nghệ của cuộc Cách mạng công nghiệp 4.0, Tập đoàn Công nghiệp Than – Khoáng sản Việt Nam cần tăng cường đầu tư nghiên cứu và ứng dụng các công nghệ số, đặc biệt là trí tuệ nhân tạo (AI), dữ liệu lớn (Big Data) và mô hình song sinh số (Digital Twin), để mô phỏng, dự báo ảnh hưởng của bãi thải đến KCC đường lò, xây dựng các kịch bản hỗ trợ ra quyết định trong thiết kế, thi công và chống giữ đường lò. Việc ứng dụng các công nghệ này sẽ góp phần nâng cao mức độ an toàn, tối ưu hóa giải pháp chống giữ và giảm thiểu ảnh hưởng của BTBM đến các công trình khai thác ngầm.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN CỦA NGHIÊN CỨU SINH

Bài báo tạp chí trong nước

1. Nguyen Huu Sa^{1,*}, Dao Viet Doan², Dang Van Kien², Study on the Impact of Surface Waste Dumps Operations on the Behavior of Roadway Structures in Mine, *Journal of Mining and Earth Sciences*, Vol 67, Issue 4 (2026) 71 - 78.

Bài báo hội nghị quốc gia

2. Đặng Văn Kiên, Đỗ Ngọc Anh, Lê Chí Kiên, Ngô Đức Quyền, Mai Xuân Thanh Tuấn, Nguyễn Hữu Sà (2022), Nghiên cứu ảnh hưởng của tương quan vị trí đường lò phía dưới bãi thải mặt mỏ đến ứng xử cơ học của kết cấu chống giữ đường lò tại vùng than Quảng Ninh, *Hội nghị Toàn Quốc Khoa Học Trái Đất và Tài Nguyên với Phát Triển Bền Vững Hà Nội, 11-11-2022(ERSD 2022)*.

Bài báo tạp chí nước ngoài

1. Dang van kien^{1*}, Vo Trong Hung¹, Bui Xuan Nam¹, Nguyen Huu Sa¹ (2023), Research on the Effect of the Mine Waste Dump on the Stability of Tunnels Below in the Quangninh Coal Area by Numecical Method, *Journal of the Polish Mineral Engineering Society (Tháng 9 năm 2023)*.

2. Nguyen Huu Sa^{1,2}, *Dao Viet Doan² (2026), Research on the influence of waste dump height on the internal forces of steel roadway supports: A case study in mong duong mine, quang ninh, vietnam, *International Journal of GEOMATE (Geotechnique, Construction Materials and Environment) ISSN: 2186-2982 (P), 2186-2990 (O), Japan*.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] Công ty Cổ phần Địa chất Việt Bắc - TKV, Báo cáo kết quả thăm dò nâng cấp trữ lượng mỏ than, 2022.
- [2] Công ty Cổ phần than Hà Lâm - Vinacomin. Bản vẽ mặt cắt địa chất tuyến 40, 2022.
- [3] Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường – Vinacomin, Báo cáo kết quả thăm dò nâng cấp trữ lượng mỏ than Hàm Lâm, 2020.
- [4] Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường – Vinacomin, Báo cáo kết quả thăm dò nâng cấp trữ lượng mỏ than Khe Chàm, 2023.
- [5] Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường – Vinacomin, Báo cáo kết quả thăm dò nâng cấp trữ lượng khu Trung tâm mỏ than Mông Dương, 2020.
- [6] Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường – Vinacomin, Báo cáo kết quả thăm dò nâng cấp trữ lượng mỏ than Núi Béo, 2018.
- [7] Công ty cổ phần Tư vấn đầu tư mỏ và công nghiệp - Vinacomin, Báo cáo Phương án kỹ thuật duy trì sản xuất Dự án khai thác xuống sâu dưới mức -50 mỏ than Ngã Hai - Công ty than Quang Hanh –TKV.
- [8] Công ty CP than Mông Dương - Vinacomin. Bản vẽ mặt cắt địa chất tuyến AA, 2020.
- [9] Công ty than Dương Huy - TKV. Bản vẽ mặt cắt địa chất tuyến V, 2022.
- [10] Công ty than Khe Chàm - TKV. Bản vẽ mặt cắt địa chất tuyến VIII, 2023.
- [11] Công ty than Núi Béo - TKV. Bản vẽ mặt cắt địa chất tuyến VI, 2024.
- [12] Công ty than Quang Hanh - TKV. Bản vẽ mặt cắt địa chất tuyến IVa, 2023.
- [13] Đặng Văn Kiên, Đỗ Ngọc Anh, Lê Chí Kiên, Ngô Đức Quyền, Mai Xuân Thanh Tuấn, Nguyễn Hữu Sà. Nghiên cứu ảnh hưởng của tương quan vị trí đường lò phía dưới bãi thải mặt mỏ đến ứng xử cơ học của kết cấu chống giữ đường lò tại vùng than Quảng Ninh. Tuyển tập báo cáo hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2022). Hà Nội 11/2022. Pp 830- 839. ISBN: 978-604-76-2637-3.

- [14] Đặng Văn Kiên, Ngô Đức Quyền, Nguyễn Chí Kiên, Nguyễn Hữu Sà, Đỗ Xuân Hội, Nghiên cứu đề xuất các giải pháp chống giữ đường lò nằm dưới khu vực bãi thải mỏ vùng Quảng Ninh, Hội nghị Khoa học toàn quốc ACEA - VIETGEO 2021, Phú Yên 13-14/05/2022, 347-355, 2022.
- [15] Đặng Văn Kiên, Võ Trọng Hùng, Đỗ Ngọc Anh, Khuất Mạnh Thắng, Đỗ Thế Anh, Nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải bề mặt đến độ ổn định của vỏ chống giằng đứng tại các mỏ lò Việt Nam, Hội nghị toàn quốc khoa học trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2018), 40-44, 2018
- [16] Đặng Văn Kiên, Võ Trọng Hùng, Đỗ Ngọc Anh, Nguyễn Hữu Sà. Nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải mặt mỏ đến ứng xử của kết cấu chống giữ các đường lò phía dưới tại vùng than Quảng Ninh. Kỷ yếu hội nghị khoa học toàn quốc trái đất, mỏ, môi trường bền vững lần thứ V - Proceedings of the 5th National Conference on Sustainable Earth, Mine, Environment (EME 2022). Hà Nội 15/11/2022. Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ. ISBN: 978-604-357-121-9 DOI: 10.15625/vap.2022.0176.
- [17]. Đào Viết Đoàn. Kết cấu neo chống giữ công trình ngầm và mỏ. Nhà xuất bản Xây dựng, số trang: 380, năm 2018 ISBN: 978-604-82-2332-8
- [18] Đỗ Ngọc Anh. Báo cáo tổng kết đề tài “*Nghiên cứu sự ổn định của đường lò dọc vỉa chống giữ bằng kết cấu chống linh hoạt hình dạng đào qua khối đá có đặc tính không đồng nhất, bất đẳng hướng cao tại các mỏ khai thác than hầm lò vùng Quảng Ninh*”, Mã số 105.08-2015.14, Chủ nhiệm TS. Đỗ Ngọc Anh. Hà Nội 4/2018.
- [19]. Đỗ Ngọc Tước (2013), *Báo cáo tổng kết đề tài: “Nghiên cứu lựa chọn các giải pháp công nghệ đổ thải hợp lý đối với các khu vực nền có cấu trúc địa chất yếu ở các mỏ khai thác than-khoáng sản lộ thiên*”, Viện khoa học công nghệ Mỏ - Vinacomin, Hà Nội
- [20]. Đoàn Văn Thanh và nnk (2020), *Báo cáo tổng kết đề tài: Nghiên cứu công nghệ đổ thải phù hợp tại các khu vực kết thúc khai thác lộ thiên*, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-Vinacomin, Hà Nội.

- [21]. Dương Trung Tâm (2016), Báo cáo tổng kết đề tài: “Nghiên cứu độ ổn định, lựa chọn thông số, trình tự đổ thải, các giải pháp thoát nước và các công trình bảo vệ phù hợp với tình hình biến đổi khí hậu tại các bãi thải mỏ than lộ thiên thuộc TKV”, Viện khoa học công nghệ Mỏ - Vinacomin, Hà Nội.
- [22]. Hồ Sĩ Giao, Bùi Xuân Nam, Lưu Văn Thực, Đỗ Ngọc Tước (2017), *Khai thác quặng*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- [23] Nguyễn Hữu Sà, Đào Viết Đoàn, Đặng Văn Kiên. (2022), Hiện trạng tính toán áp lực tác dụng lên đường lò nằm dưới bãi thải và xây dựng mô hình tính áp dụng cho mỏ than Mông Dương, Tạp chí Công nghiệp mỏ ISSN: 0868-7052, số tháng 6 năm 2022.
- [24] Nguyễn Quang Phích. Bài giảng cơ học Công trình Ngầm, tài liệu lưu hành nội bộ. 2023.
- [25]. Nguyễn Tam Tính. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, 2022. nghiên cứu kỹ thuật đổ thải đất đá hợp lý nhằm đảm bảo độ ổn định bãi thải trong điều kiện mưa mùa nhiệt đới cho các mỏ than lộ thiên Vùng Cẩm Phả - Quảng Ninh
- [26]. Phạm Xuân Tráng (2020), *Báo cáo tổng kết đề tài: “Nghiên cứu, theo dõi, đánh giá và hoàn thiện công nghệ vận tải liên hợp ô tô - băng tải và đổ thải đất đá theo hình thức bãi thải cao tại Bàng Nâu của mỏ than Cao Sơn”*, Công ty Cổ phần tư vấn mỏ - Vinacomin, Hà Nội
- [27] Võ Trọng Hùng, Đặng Văn Kiên, Đỗ Ngọc Anh, Nguyễn Duyên Phong, Khuất Mạnh Thắng, Nghiên cứu ảnh hưởng của bãi thải bề mặt mỏ đến trạng thái làm việc của vỏ chống giằng đứng tại các mỏ hầm lò Việt Nam, Tạp chí Công nghiệp Mỏ, 6, 2018
- [28]. Viện khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, 2016. Báo cáo tổng kết. Công trình: nghiên cứu độ ổn định, lựa chọn thông số, trình tự đổ thải, các giải pháp thoát nước và các công trình bảo vệ phù hợp với tình hình biến đổi khí hậu tại các bãi thải mỏ than lộ thiên thuộc TKV.
- [29]. Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin (2002), Nghiên cứu bổ sung và tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý đá cho các mỏ lộ thiên, hầm lò vùng Quảng Ninh phục vụ công tác khoan, nổ mìn, điều khiển áp lực mỏ, bờ mỏ.

Tiếng Anh

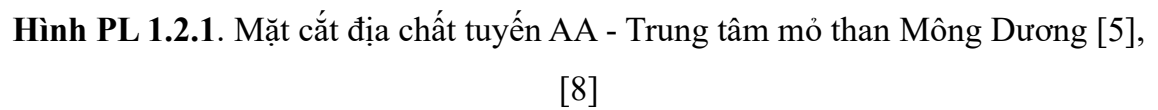
- [30]. Anterrieu O, Chouteau M, Aubertin M (2010), *Geophysical characterization of the large-scale internal structure of a waste rock pile from a hard rock mine*, Bull Eng Geol Environ 69:533-548
- [31]. BAI Ying, QU Guangchen. study on evolution pattern of unsteady temperature field in spontaneous combustion of coal gangue mountains. Journal of Mine Automation. Vol.51 No.9. Sep. 2025.
- [32]. Bao Y, Sun X, Chen J, Zhang W, Han X and Zhan J 2019 Stability assessment and dynamic analysis of a large iron mine waste dump in Panzhihua, Sichuan, China Environ. Earth Sci. 78 (2) 48 DOI: 10.1007/s12665-019-8043-4.
- [33]. Bentley Systems (2023). *PLAXIS 2D Reference Manual*. Bentley Geotechnical Engineering Software.
- [34]. Bentley Systems (2023). *PLAXIS 3D User Manual*. Bentley Geotechnical Engineering Software.
- [35]. Brown, E. T., Bray, J. W., Ladanyi, B., & Hoek, E. (1983). Ground response curves for rock tunnels. Journal of Geotechnical Engineering (ASCE), 109(1), 15–39.
- [36]. Cundall, P. A., & Strack, O. D. L. (1979). A discrete numerical model for granular assemblies. Géotechnique, 29(1), 47–65.
- [37] Dang Van Kien, Nguyen Huu Sa, Ngo Duc Quyen, Research on the effect of the mining waste dump on the mechanical behavior of drifts below in the Quang Ninh coal area by numerical modeling method,, Mining Viet Nam 2022, Hanoi, Viet Nam 4-5/10/2022.
- [38]. DU Yan, BAI Yun-fei, ZHANG Xiao-yong, XIE Mo-wen, MA Guo-xing. Risk assessment of coal gangue slope considering multiple risk factors. Engineering mechanics. Vol.39 No.10 Oct. 2022.
- [39]. Fenner, R. (1938). Untersuchungen zur Erkenntnis des Gebirgsdrucks. Germany.
- [40]. Filonenko-Borodich, M. M. (1940). Approximate theories of elastic foundation. Uchenyie Zapiski Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta.
- [41]. Fredlund, D. G. (1984), *Analytical methods for slope stability analysis, State-of-the-Art*. Communication presented at Proc. 4th Int. Symp. Landslides, 1, Toronto (p. 229-250)

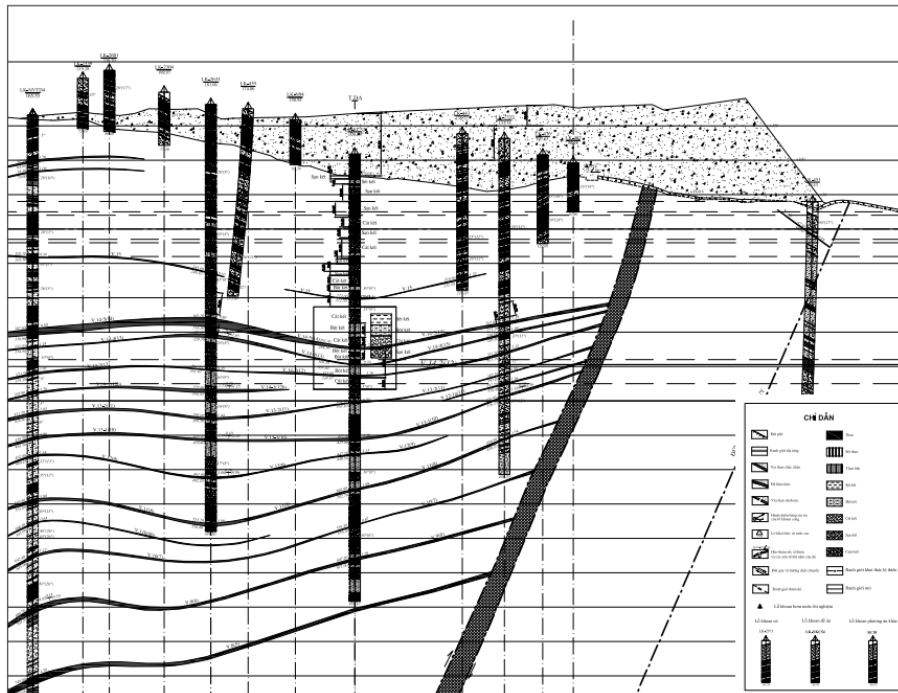
- [42]. GRAY, H., 1936. Stress distribution in elastic solids. Proc. 1st Int. Conf. Soil Mechs. Fdn. Eng., Vol. 2, p.157.
- [43]. Hoek, E., Carranza-Torres, C. & Corkum, B. (2002). *Hoek-Brown failure criterion – 2002 edition. Proceedings of the Fifth North American Rock Mechanics Symposium (NARMS-TAC), Toronto, Canada, pp. 267–273.*
- [44]. Itasca Consulting Group (2022). 3DEC – 3 Dimensional Distinct Element Code: Theory and Background. Minneapolis, USA.
- [45]. Itasca Consulting Group (2021). FLAC2D User's Guide. Minneapolis, USA.
- [46]. Itasca Consulting Group (2019). FLAC3D – Fast Lagrangian Analysis of Continua: Theory and Background. Minneapolis, USA.
- [47]. Kastner, H. (1962). Statik des Tunnel- und Stollenbaues. Springer.
- [48]. Kerr, A. D. (1964). Elastic and viscoelastic foundation models. Journal of Applied Mechanics, 31(3), 491–498.
- [49]. LI Rui-jie, LI Xue-feng. Stability analysis of improved coal gangue slope based on FEM. Journal of Ground Improvement. Vol.5 No.2. Mar. 2023
- [50]. LIN Jiang-yu, WU Yong, MA Xin-wen, et al. Stability evaluation of coal gangue high slope under rainfall conditions[J]. Science Technology and Engineering, 2021, 21(34): 14775-14782
- [51]. McLemore, V. T., Fakhimi, A., van Zyl, D., Ayakwah, G. F., Anim, K., Boakye, K. (2009), Literature review of other rock piles: characterization, weathering, and stability, New Mexico Bureau of Geology and Mineral Resources.
- [52]. Mykhailo Petlovanyi, Kateryna Sai, Dmytro Malashkevych, Vasyl Popovych, and Andrii Khorolskyi. Influence of waste rock dump placement on the geomechanical state of underground mine workings. International Conference "ESSAYS OF MINING SCIENCE AND PRACTICE" (RMGET-2022). doi:10.1088/1755-1315/1156/1/012007.
- [53]. Pasternak, P. L. (1954). On a new method of analysis of an elastic foundation by means of two constants. Gosudarstvennoe Izdatelstvo Literaturi po Stroitelstvu i Arkhitekture, Moscow.
- [54]. Protodyakonov, M.M. (1962). Methods of Roof Control in Underground Mines.

- [55]. Rabcewicz, L. von (1964). The New Austrian Tunnelling Method. *Water Power*, 16(11–12), 453–457.
- [56]. Robertson, A. M. (1982), *Deformation and Monitoring of Waste Dump Slopes*, (p. p.16)
- [57]. Rocscience Inc. (2022). *RS2 (Phase2) User's Guide: Finite Element Analysis of Rock and Soil*. Toronto, Canada.
- [58]. Rocscience Inc. (2022). *RS2 Verification Manual*. Toronto, Canada.
- [59]. Tachie-Menson, S. (2006), *Characterization of the acid-producing potential and investigation of its effect on weathering of the Goathill North Rock Pile at the Questa Molybdenum Mine, New Mexico*, M. Sc. Thesis, New Mexico institute of mining and technology, Socorro, NM.
- [60]. Terzaghi, K. (1946). Rock Defects and Loads on Tunnel Supports. Trong: *Rock Tunneling with Steel Supports*.
- [61]. Terzaghi, K. (1946). Rock defects and loads on tunnel supports. In: *Rock Tunneling with Steel Supports*. Commercial Shearing and Stamping Company.
- [62]. Vaziri V, Sayadi A R, Parbhakar-Fox A, Mousavi A and Monjezi M 2022 Improved mine waste dump planning through integration of geochemical and mineralogical data and mixed integer programming: Reducing acid rock generation from mine waste *J. Environ. Manage.* 309 114712 DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.114712
- [63]. Wickland, B. E., & Wilson, G. W. (2005), *Self-weight consolidation of mixtures of mine waste rock and tailings*, *Canadian Geotechnical Journal*, 42(2), 327-339
- [64]. Wilson G (2000), *Embankment hydrology and unsaturated flow in waste rock*, In: *Slope stability in surface mining, Society for Mining Metallurgy*, p 305.
- [65]. Winkler, E. (1867). *Die Lehre von der Elasticität und Festigkeit*. Prague: H. Dominicus.
- [66]. Yang, H., Rahardjo, H., & Leong, E.-C. (2006), *Behavior of unsaturated layered soil columns during infiltration*, *Journal of Hydrologic Engineering*, 11(4), 329-337.
- [67]. ZHAO Guo-zhen, LV Yi-qing, GUAN Jun-qi, et al. Ecological restoration and slope stability analysis of hillock in Dishan Village[J]. *Coal Engineering*, 2021, 53(4): 152-157

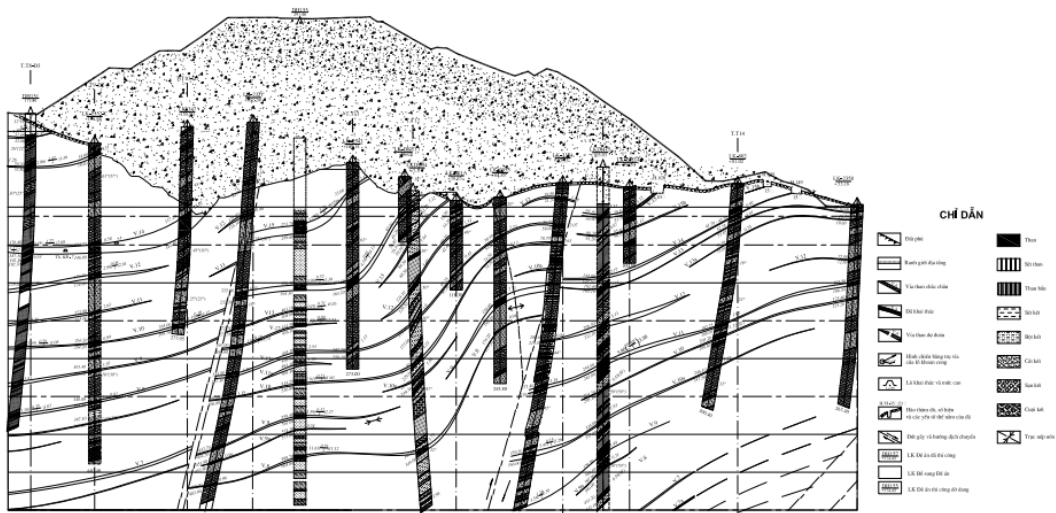
- [68]. Zhan TL, Zhang W, Chen Y (2006), Influence of reservoir level change on slope stability of a silty soil bank, In: *Unsaturated soils 2006*, ASCE, pp 463- 472
- [69]. Zhang L, Zhang J, Zhang L, Tang WH (2011), *Stability analysis of rainfallinduced slope failure: a review*, *Proc ICE Geotech Eng* 164:299
- [70]. Zhou Z, Wang H, Fu H, Liu B (2009), *Influences of rainfall infiltration on the stability of accumulation slope by in-situ monitoring test*, *J Central South Univ Technol* 16:297-302
- [71]. 冷云等等（总共 39 传家）最新矿山井巷工程施工综合技术与标准规范实用手册（第二卷）. 吉林电子出版社出版时间：2025 年 03 月 ISBN 900359-46-6/D*6.

PL 1. Mặt cắt địa chất

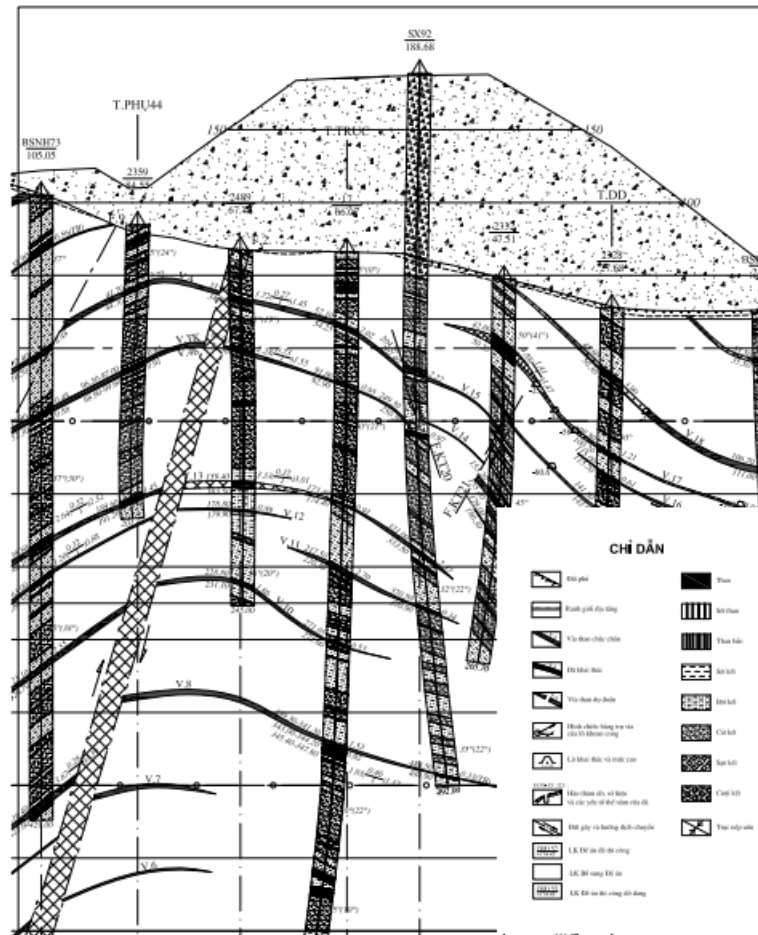




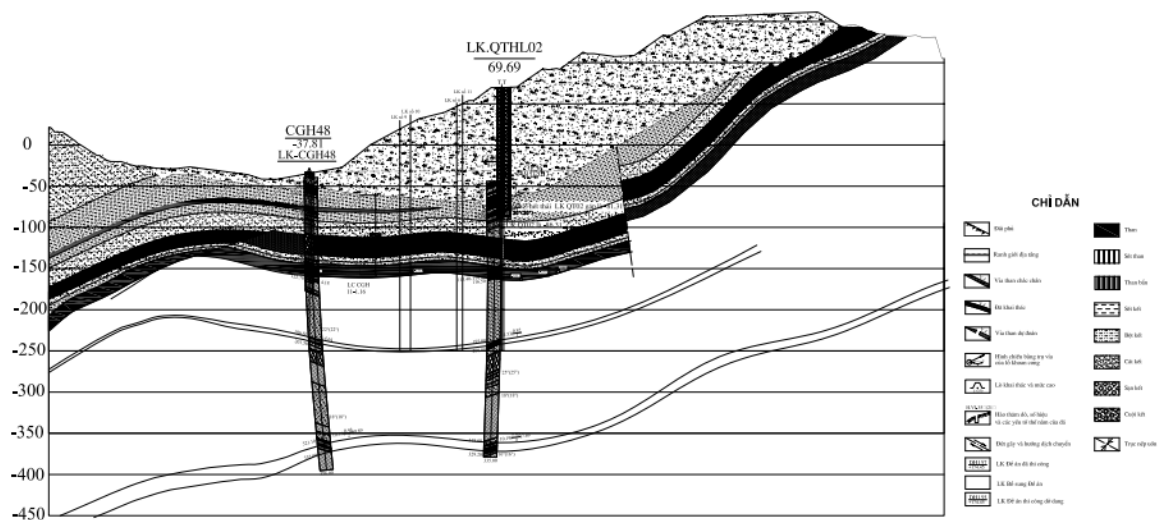
Hình PL 1.2.2. Mặt cắt địa chất tuyến VIII mỏ than Khe Châm [4], [10]



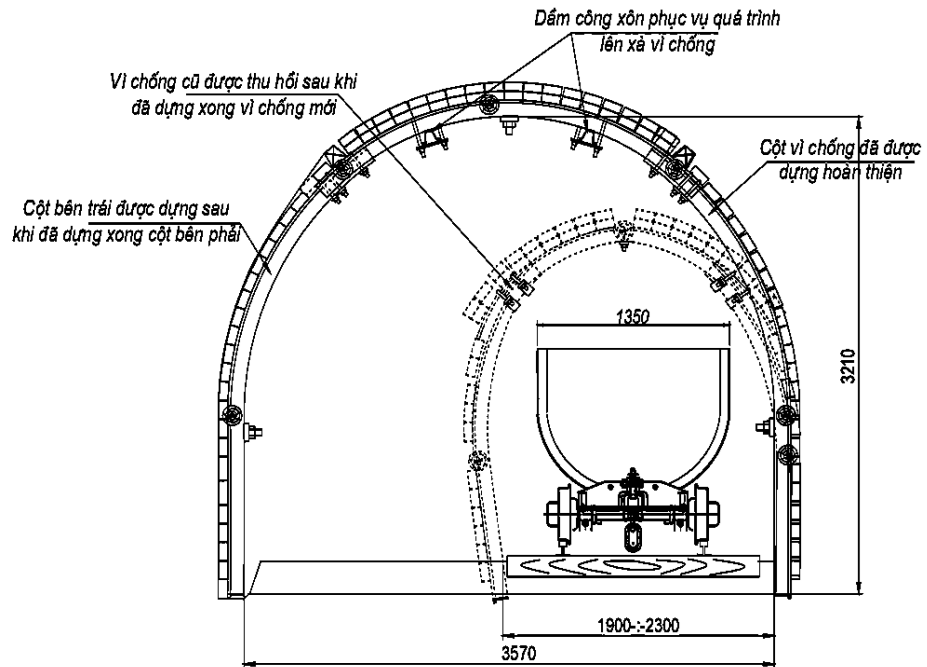
Hình PL 1.2.3. Mặt cắt địa chất tuyến V mỏ than Dương Huy [1], [9]



Hình PL 1.2.4. Mặt cắt địa chất tuyến IVa mỏ than Quang Hanh [7], [12]

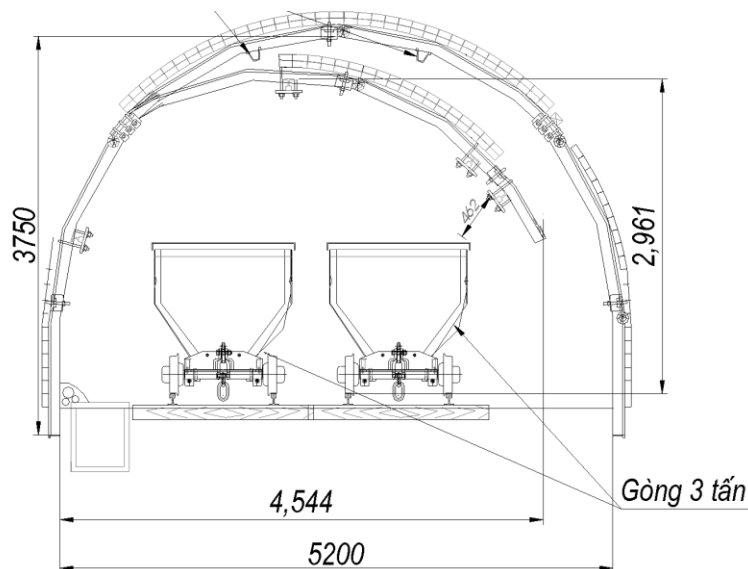


Hình PL 1.2.5. Mặt cắt địa chất tuyến 40 mỏ than Hà Lâm [2], [3]



Hình PL 2.1. Hiện tượng biến dạng của đường lò hạ mức -97,5 ÷ -110 K8CT [5]

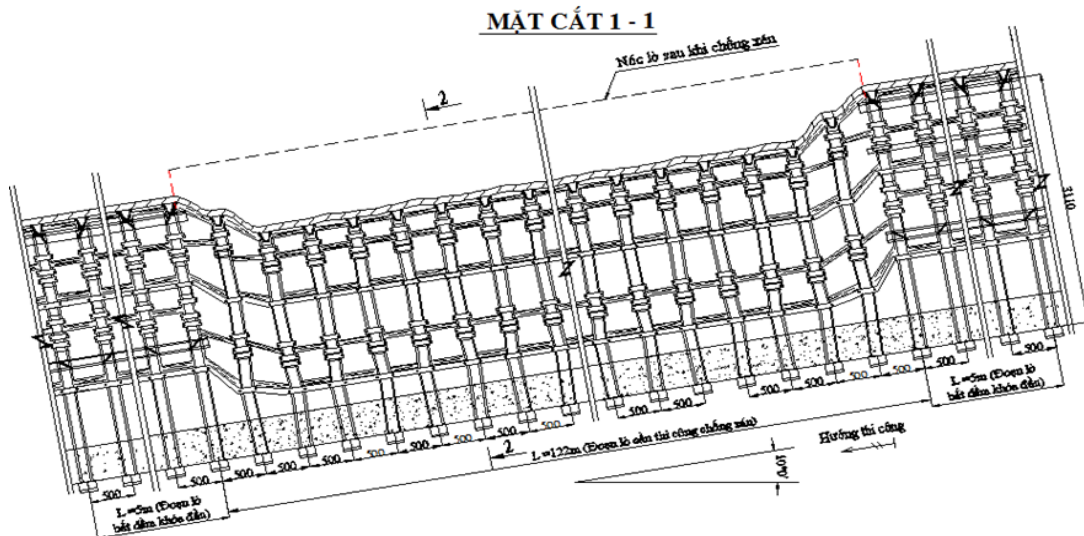
Tại mức khai thác -250 một số đường lò nằm dưới bãi thải Cao Sơn, điển hình được đào trong đá bột kết với tiết diện 17,9 m² chống bằng thép CBII-22 bước chống 0,8m/vì sau một thời gian sử dụng đường lò bị nén lún thu nhỏ diện tích còn 11m² phải đào xén mở rộng sử dụng KCC bằng thép CBII-22, bước chống 0,7m/vì thể hiện trên Hình PL 2.2.



Hình PL 2.2. Đường lò xuyên vỉa mức -250KD [26]

- Tại mỏ than Khe Chàm:

Tại mỏ than Khe Chàm III nhiều hệ thống đường lò nằm dưới bãi thải Bàng Nâu bị mất ổn định. Điển hình như đường lò thượng vận tải 14.5 khu Đông Nam, được thi công vào năm 2019 theo thiết kế đường lò được chống bằng thép SVP 22, tiết diện $9,4 \text{ m}^2$, chèn kín nóc, hông chèn so le bằng tấm chèn bê tông cốt thép đúc sẵn đặt và đặt dầm nền. Do ảnh hưởng của lớp áp lực đất đá và áp lực nhân tạo của bãi thải phía trên nên nhiều đoạn lò bị nén ép mạnh làm giảm tiết diện đường lò, tiết diện thực tế sử dụng còn $5,4 \text{ m}^2$ ảnh hưởng tới công tác thông gió, vận tải, thoát nước của khu vực. Để đảm bảo an toàn, khả năng sử dụng đường lò, Công ty đã chống xén đưa đường lò về tiết diện ban đầu. Tình trạng nén lún tại lò thượng vận tải 14.5 thể hiện trên Hình PL 2.3 và Hình PL 2.4.



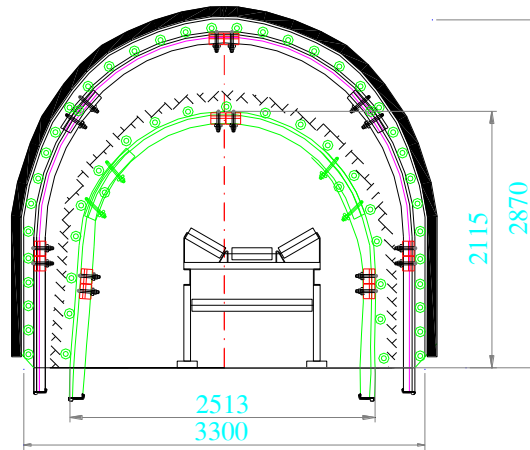
Hình PL 2.3. Nén lún tại lò thượng vận tải 14.5 khu Đông Nam [4]



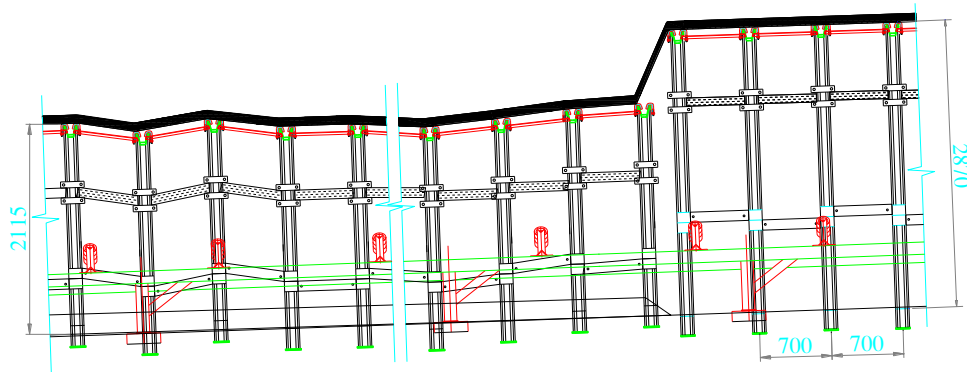
Hình PL 2.4. Hiện tượng biến dạng, lún tại đường lò thượng vận tải 14.5

- Tại mỏ than Núi Béo

Tại mỏ than Núi Béo ở mức -150 nằm dưới bãi thải Chính Bắc nhiều đường lò bị mất ổn định. ĐIể hình như đường lò đào trong đá bột kết diện tích 9m^2 , sử dụng KCC bằng vì thép SVP22 bước chống 0,7m/vì, sau khi thi công một thời gian đường lò bị nén bẹp thu nhỏ diện tích sử dụng còn 5m^2 . Để đảm bảo an toàn, khả năng sử dụng đường lò, Công ty đã chống xén đưa đường lò về tiết diện ban đầu. Tình trạng nén lún của đường lò thể hiện trên Hình PL 2.5 và Hình PL 2.6.



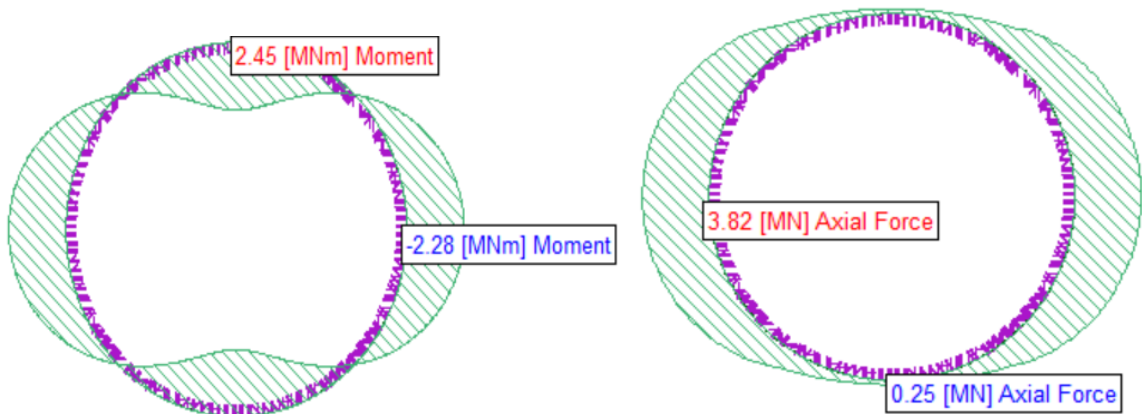
Hình PL 2.5. Mặt cắt ngang chống giữ đường lò than dưới bãi thải tại Núi Béo [6]



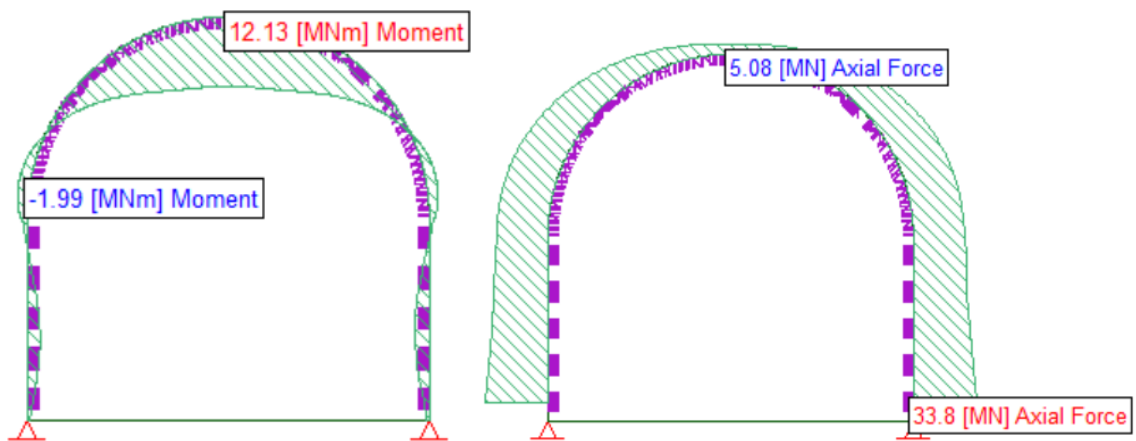
Hình PL 2.6. Trắc dọc chống giữ đường lò than dưới bãi thải tại Núi Béo [6]

Qua thống kê có thể thấy rằng các đường lò nằm dưới bãi thải mỏ do ảnh hưởng của áp lực nhân tạo phụ thêm của BTBM đã làm cho các đường lò vốn dĩ đã bị biến dạng, mất ổn định càng thêm biến dạng, mất ổn định ở mức độ nghiêm trọng hơn. Chính vì vậy trong tính toán thiết kế KCC cũng như lập giải pháp chống giữ đường lò nằm dưới khu vực bãi thải cần nghiên cứu xem xét đến áp lực nhân tạo do BTBM tác dụng lên.

Phụ lục chương 3

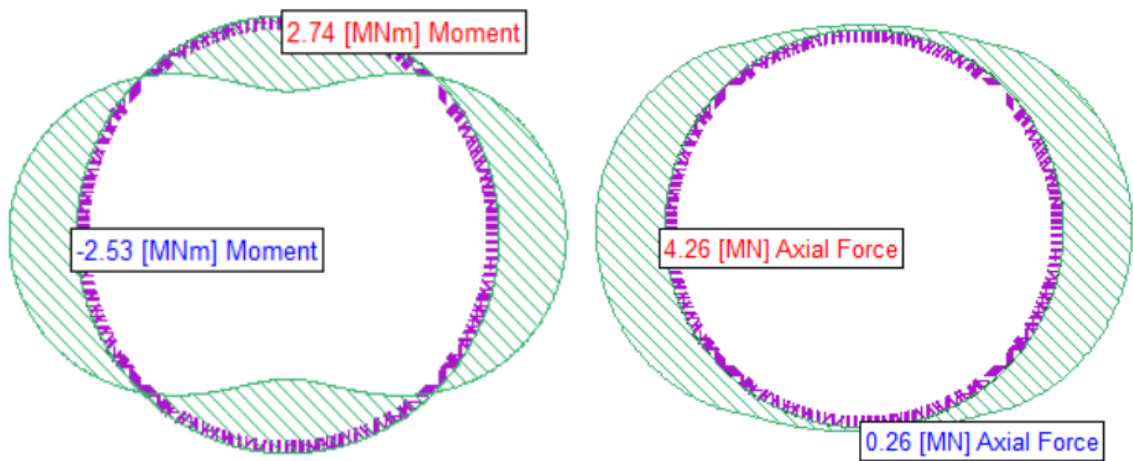


a. M và N trong KCC thép hình tròn

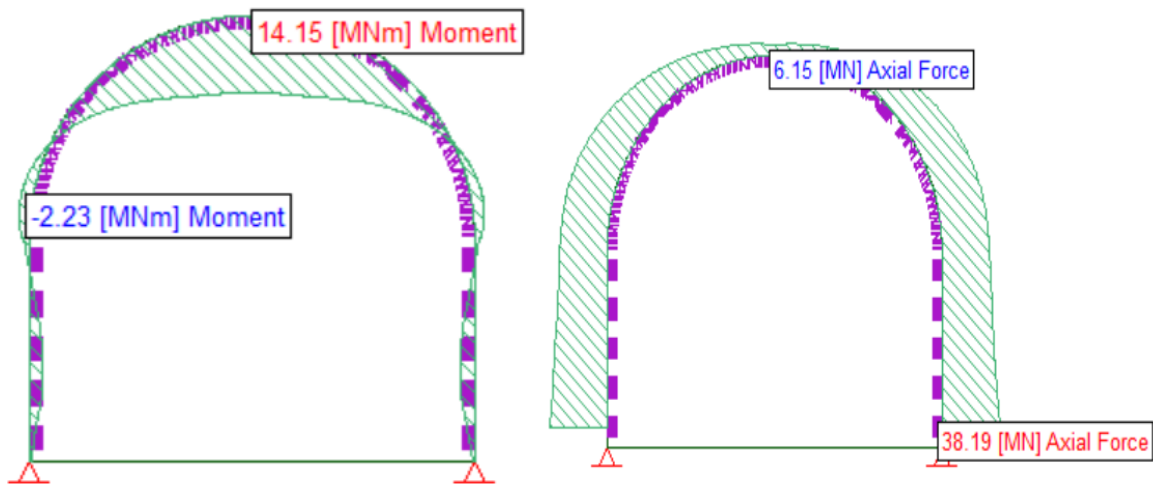


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.1.1. Nội lực trong KCC thép với $\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$

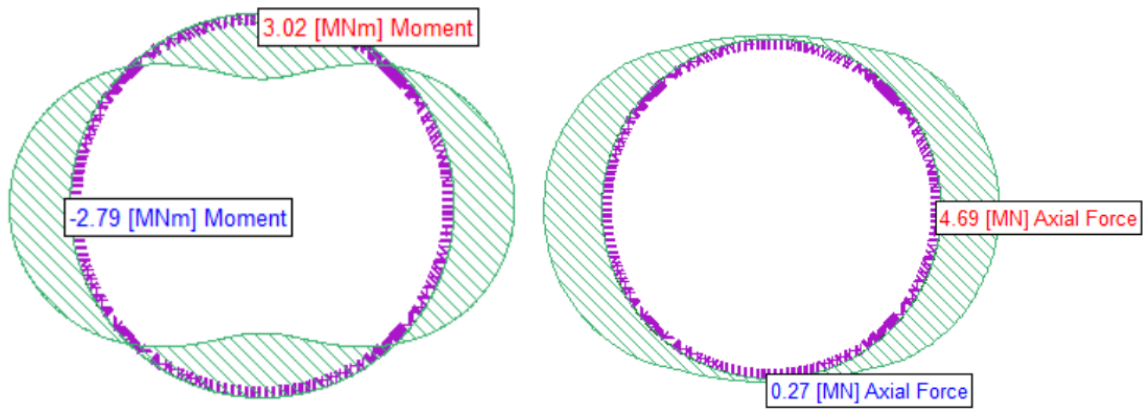


a. M và N trong KCC thép hình tròn

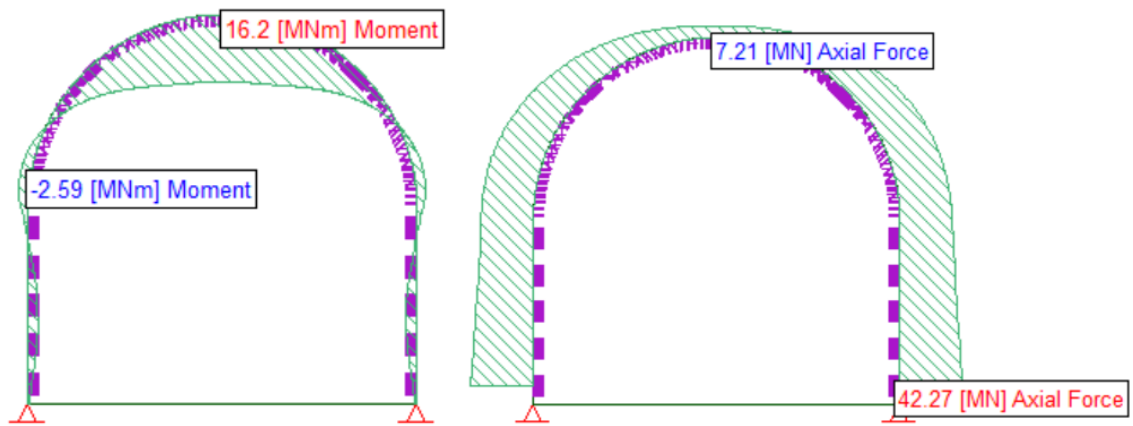


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.1.2. Nội lực trong KCC thép với $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$

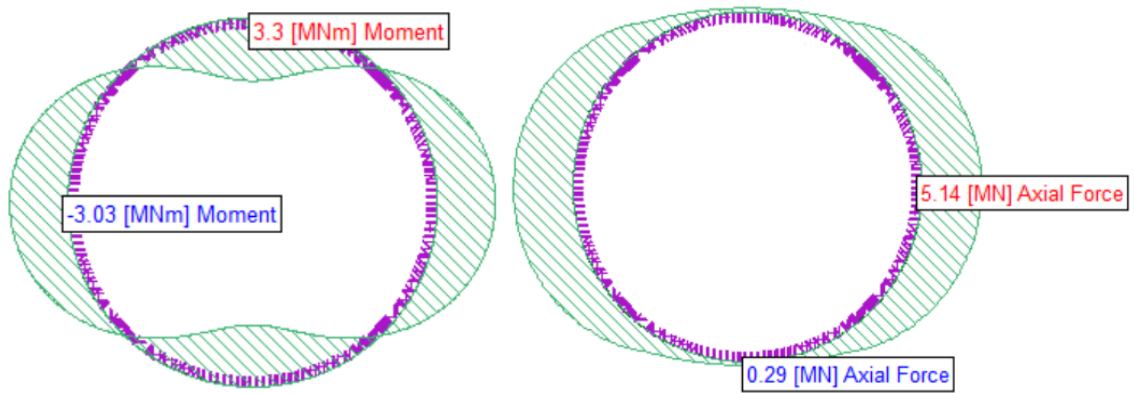


a. M và N trong KCC thép hình tròn

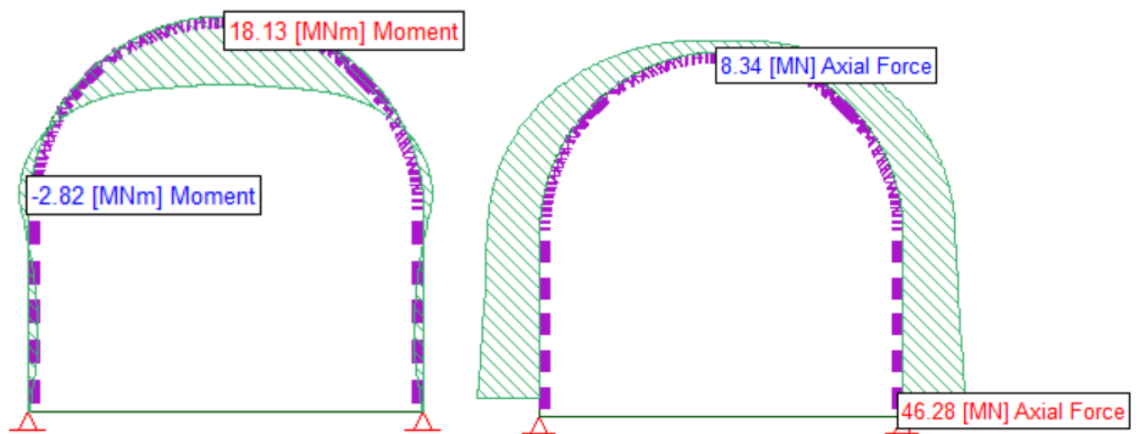


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.1.3. Nội lực trong KCC thép với $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

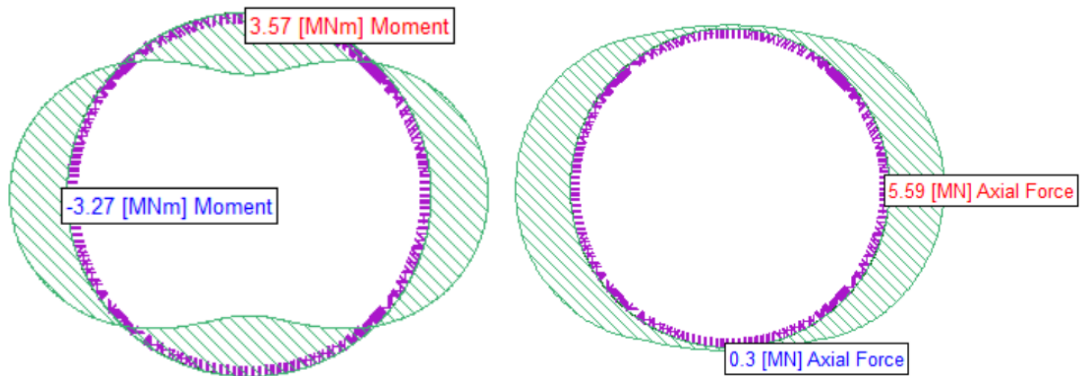


a. M và N trong KCC thép hình tròn

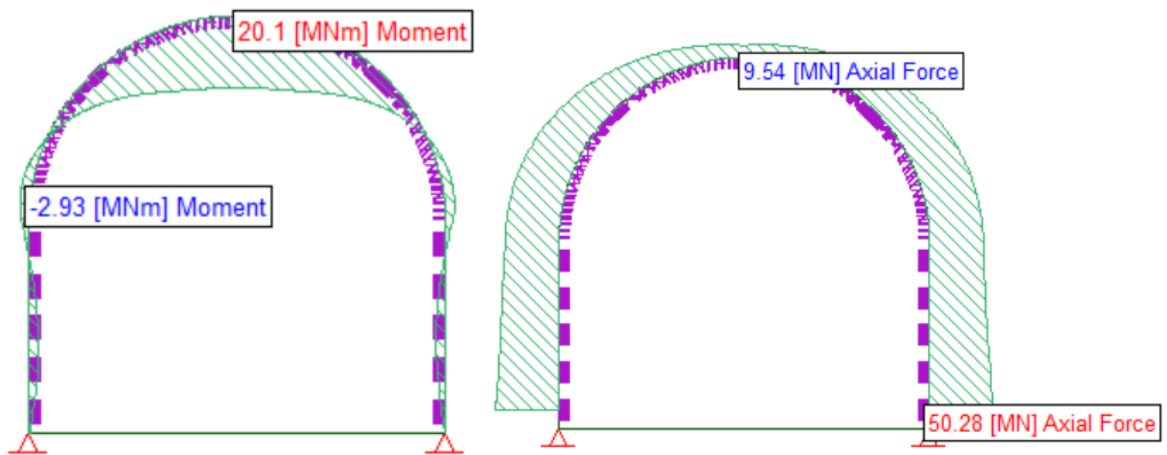


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.1.4. Nội lực trong KCC thép với $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

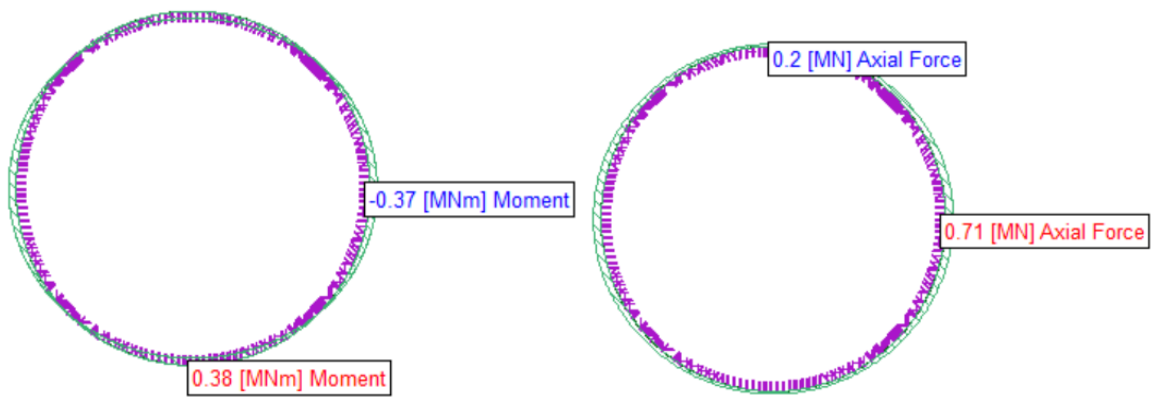


a. M và N trong KCC thép hình tròn

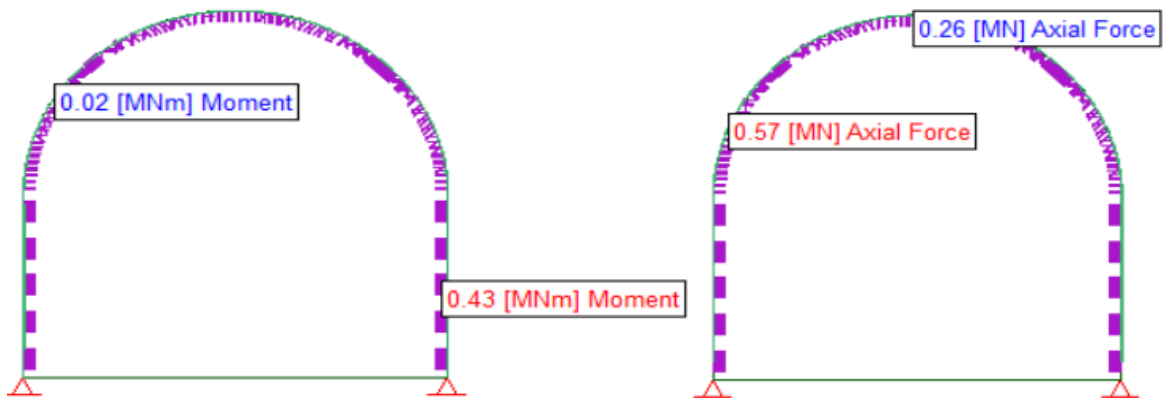


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.1.5. Nội lực trong KCC thép với $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$

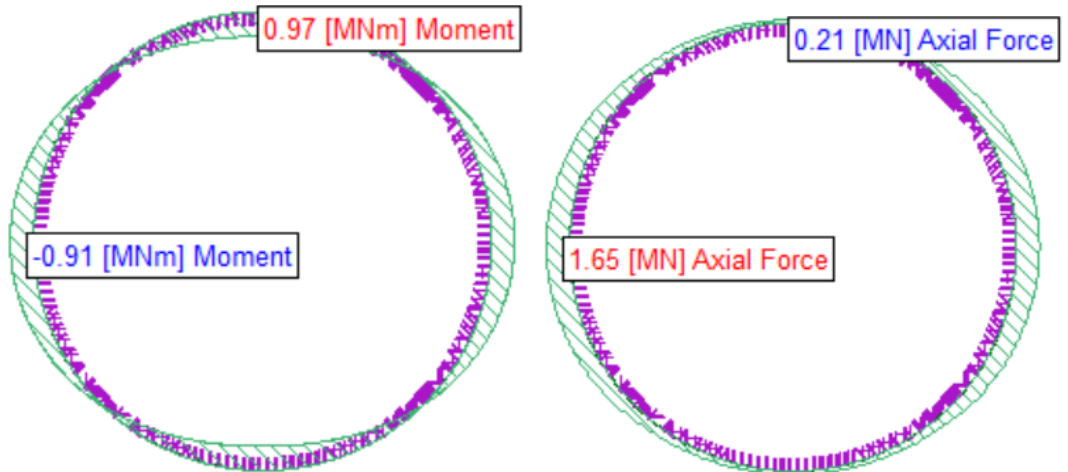


a. M và N trong KCC thép hình tròn

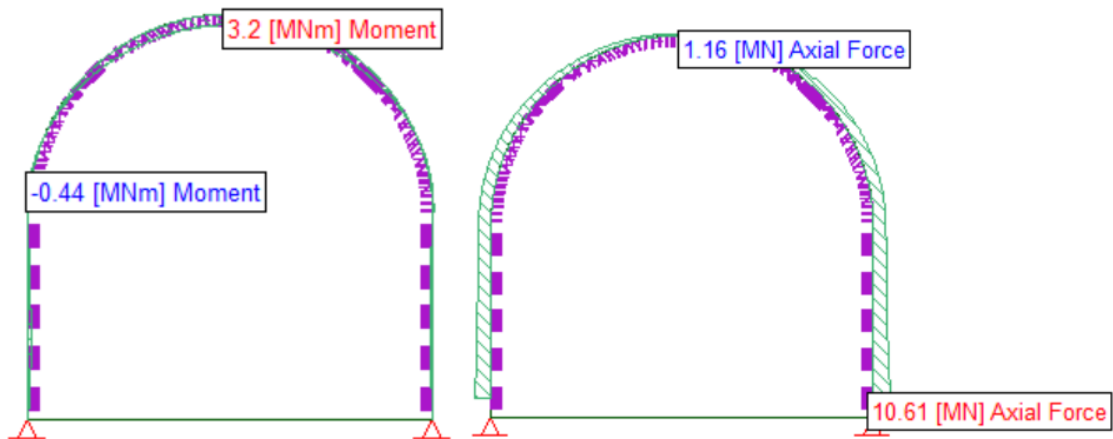


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.2.1. Nội lực trong KCC thép với CCBT $h = 0\text{m}$

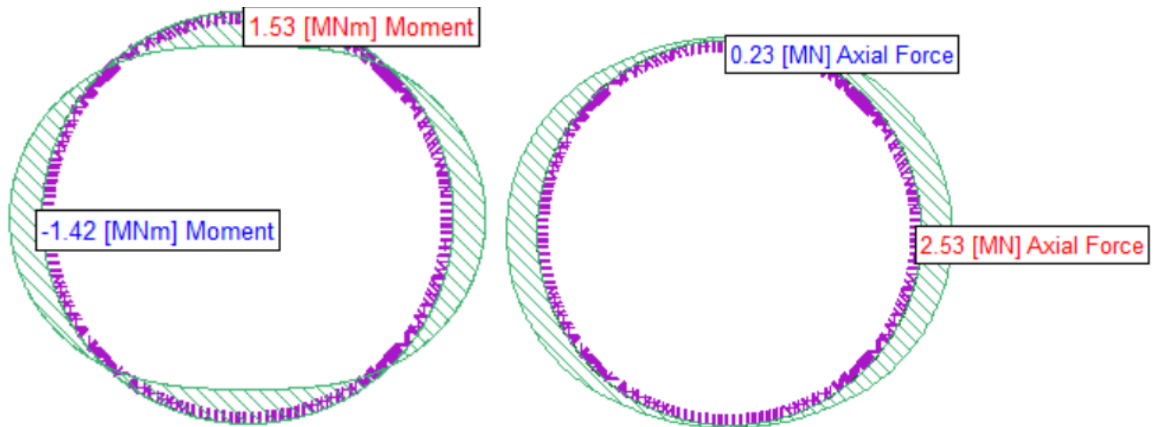


a. M và N trong KCC thép hình tròn

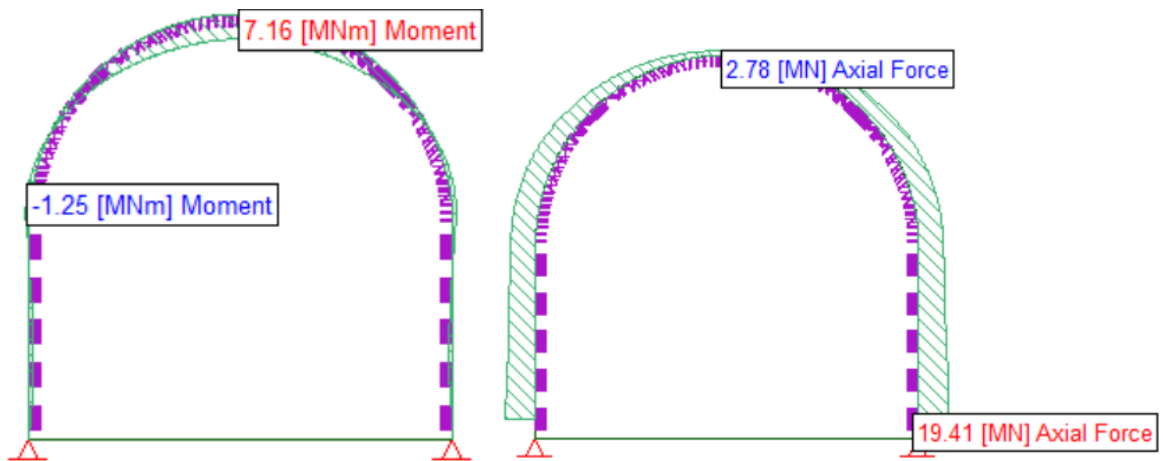


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.2.2. Nội lực trong KCC thép với CCBT $h = 50\text{m}$

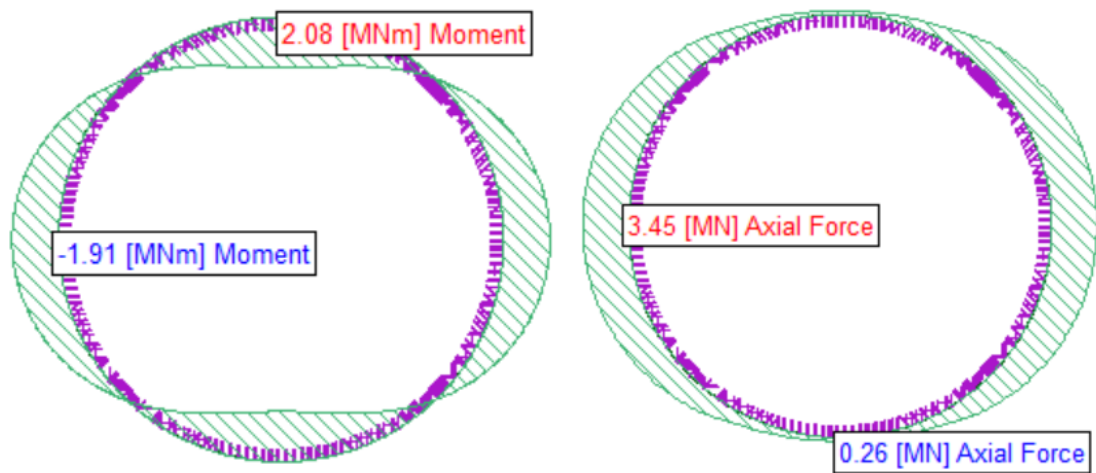


a. M và N trong KCC thép hình tròn

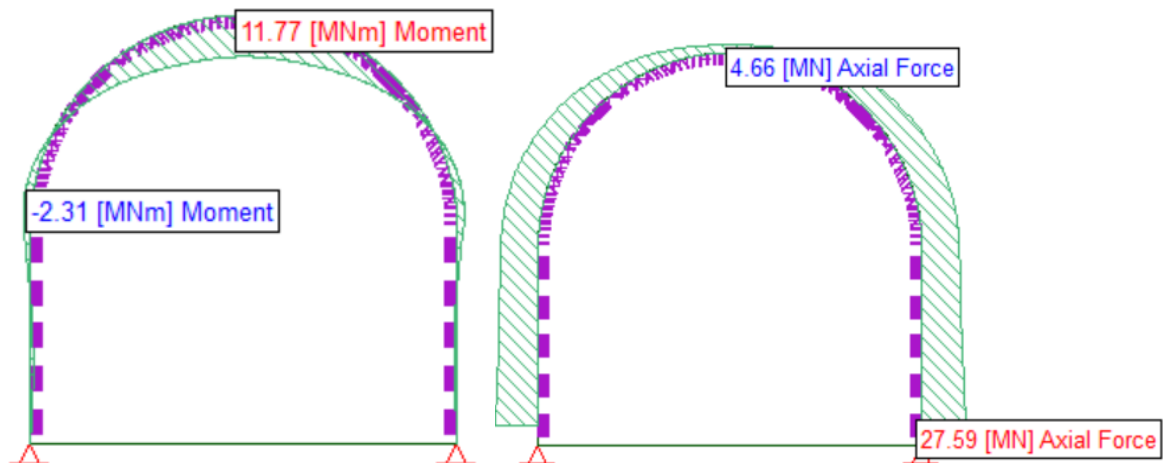


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.2.3. Nội lực trong KCC chống thép với CCBT $h = 100\text{m}$

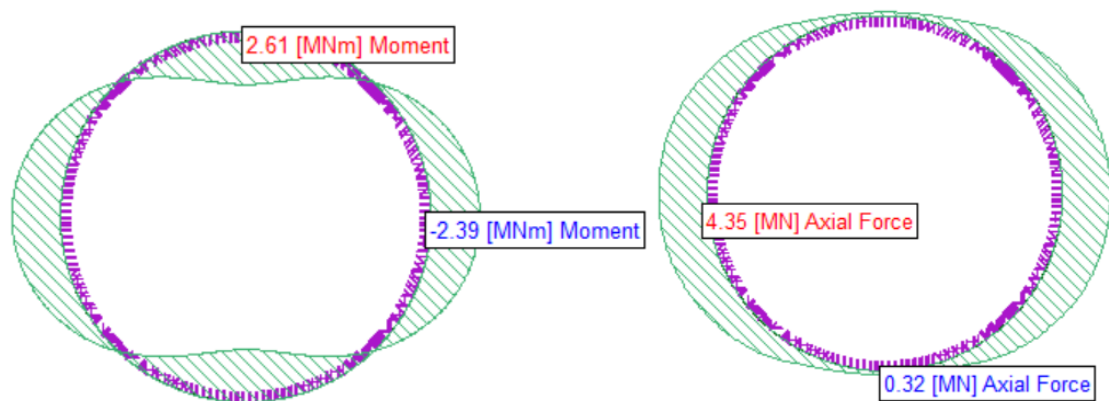


a. M và N trong KCC thép hình tròn

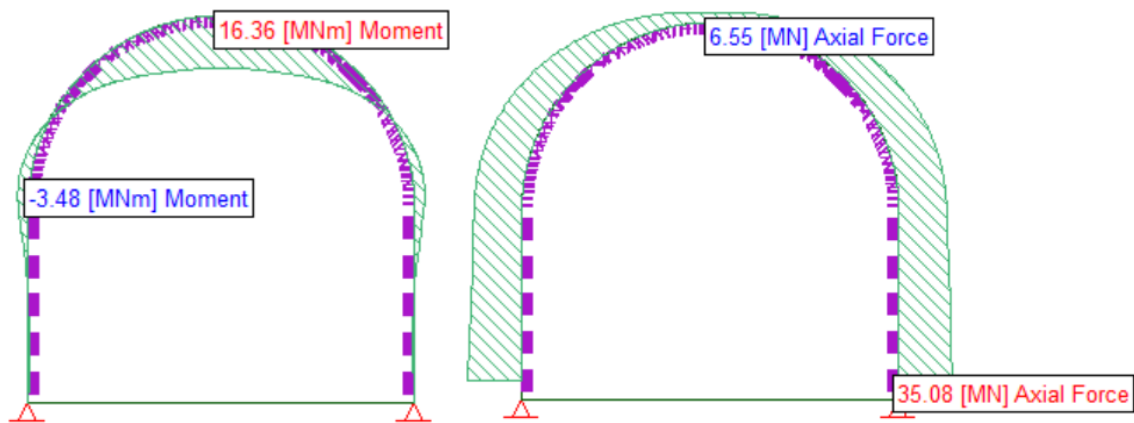


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.2.4. Nội lực trong KCC thép với CCBT $h = 150\text{m}$

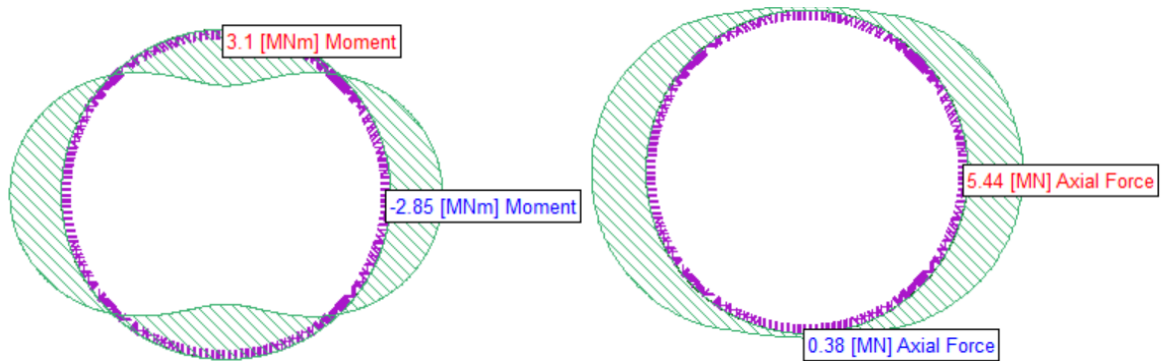


a. M và N trong KCC thép hình tròn

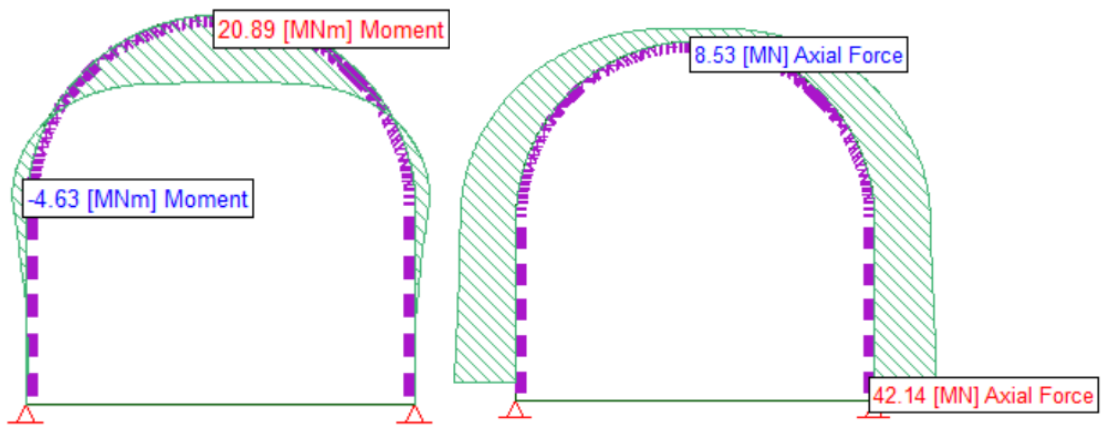


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.2.5. Nội lực trong KCC thép với CCBT $h = 200\text{m}$

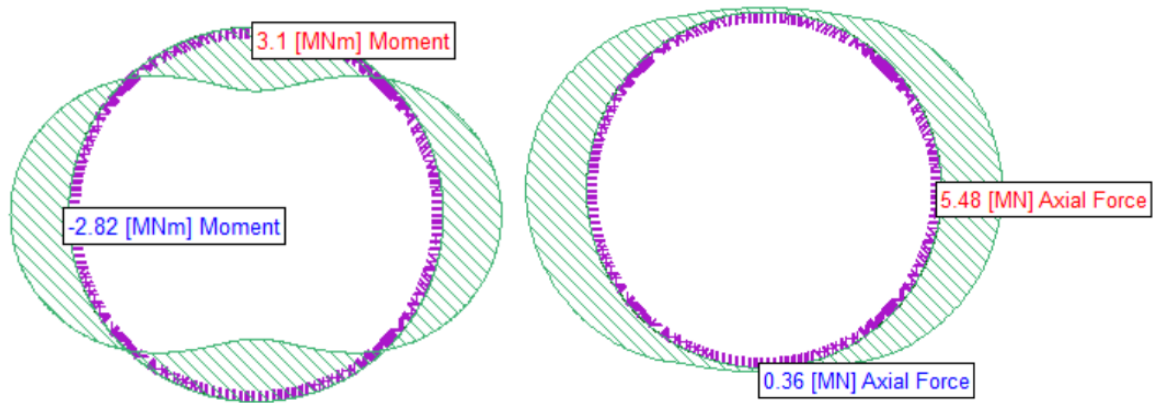


a. M và N trong KCC thép hình tròn

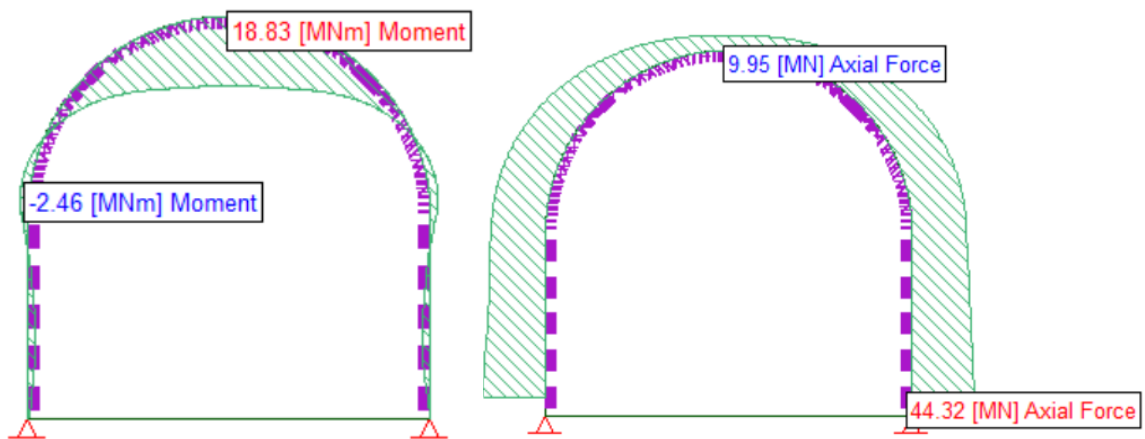


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.2.6. Nội lực trong KCC thép với CCBT $h = 250\text{m}$

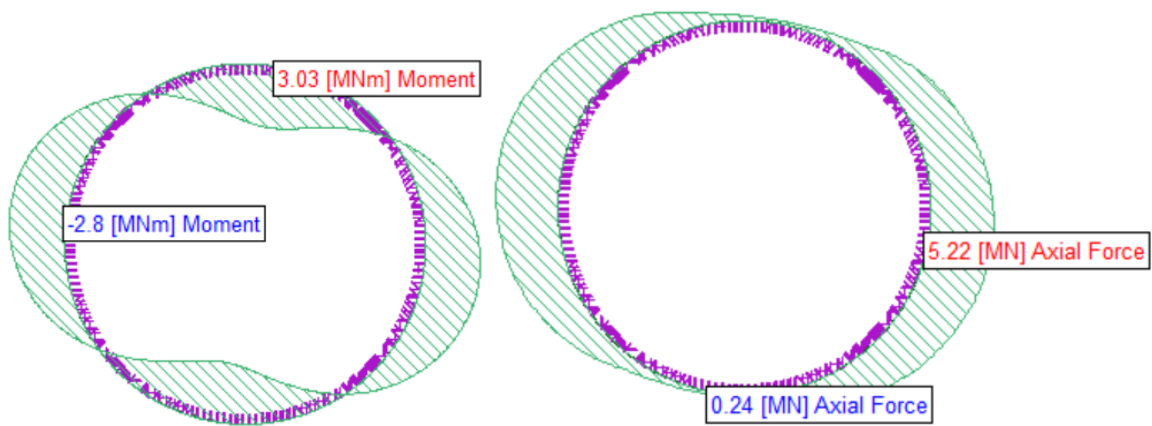


a. M và N trong KCC thép hình tròn

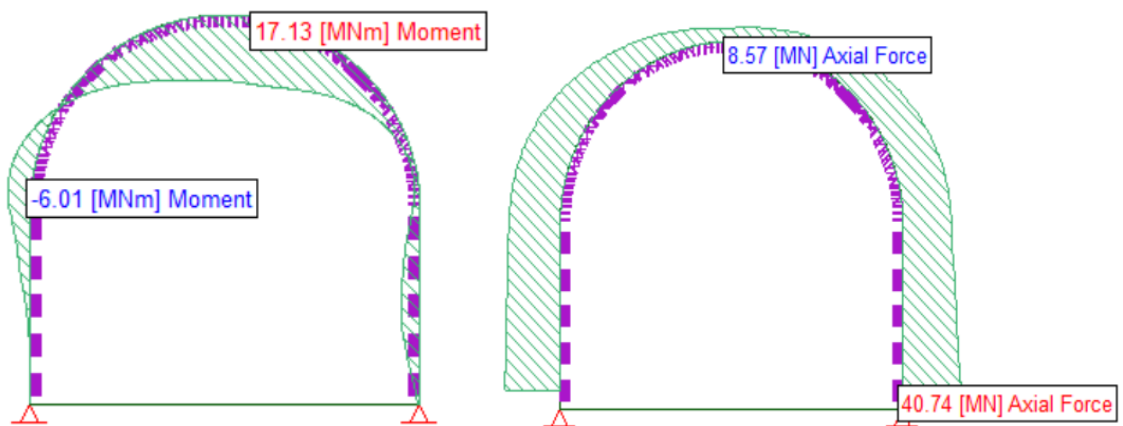


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.3.1. Nội lực trong KCC thép khi đường lò đặt tại tâm bãi thải

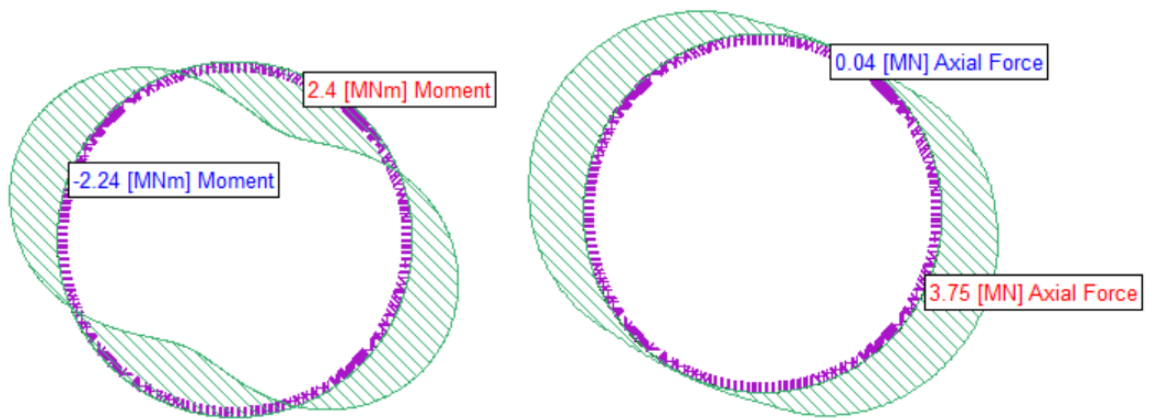


a. M và N trong KCC thép hình tròn

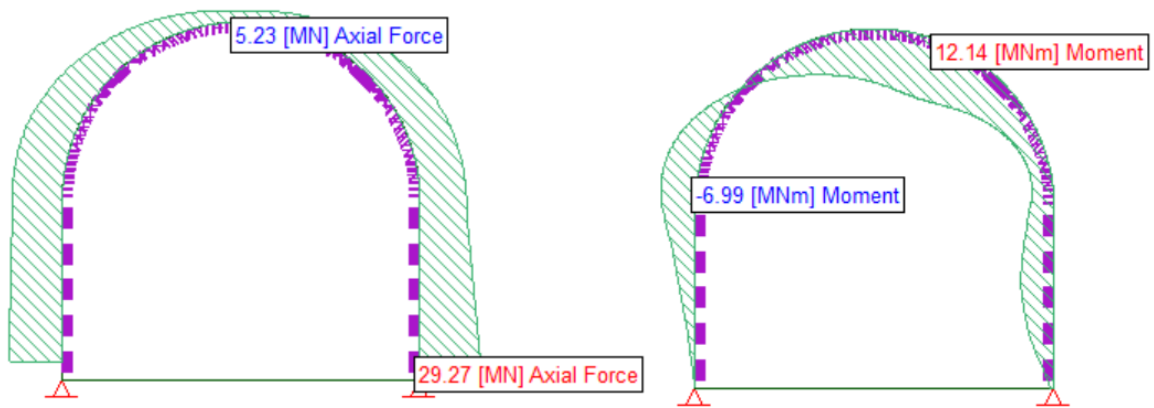


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.3.2. Nội lực trong KCC thép khi đường lò đặt tại đỉnh sườn bãi thải

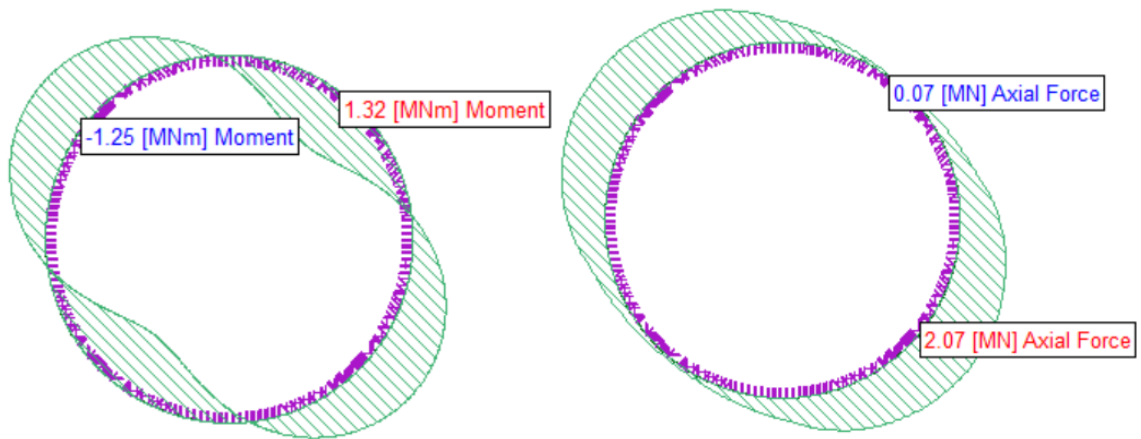


a. M và N trong KCC thép hình tròn

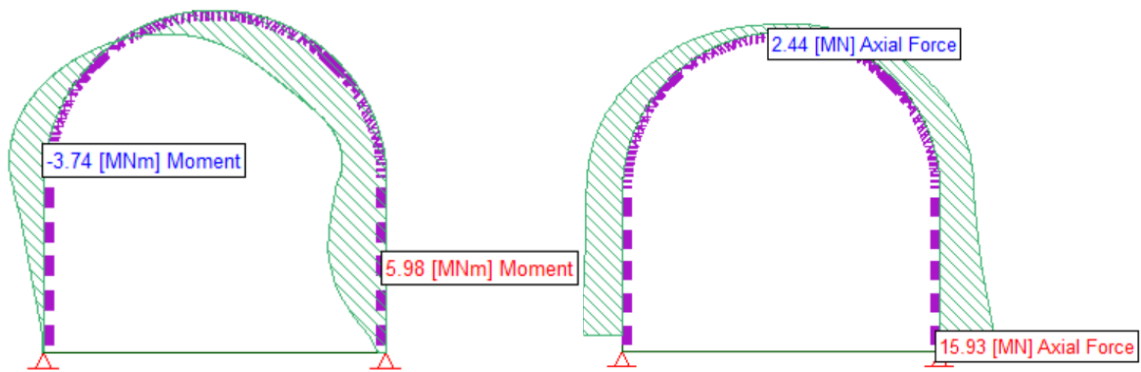


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.3.3. Nội lực trong KCC thép khi đường lò đặt tại giữa sườn bãi thải

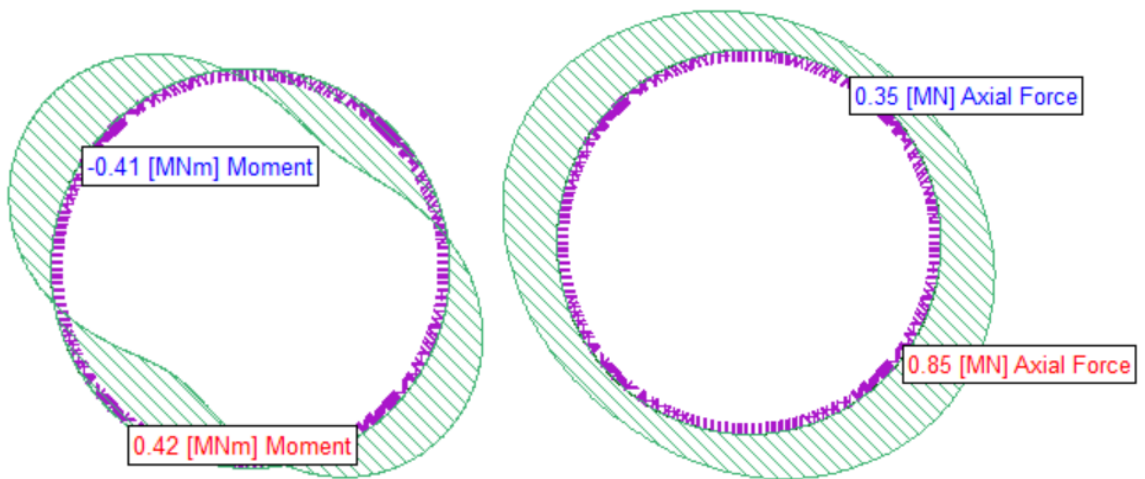


a. M và N trong KCC thép hình tròn

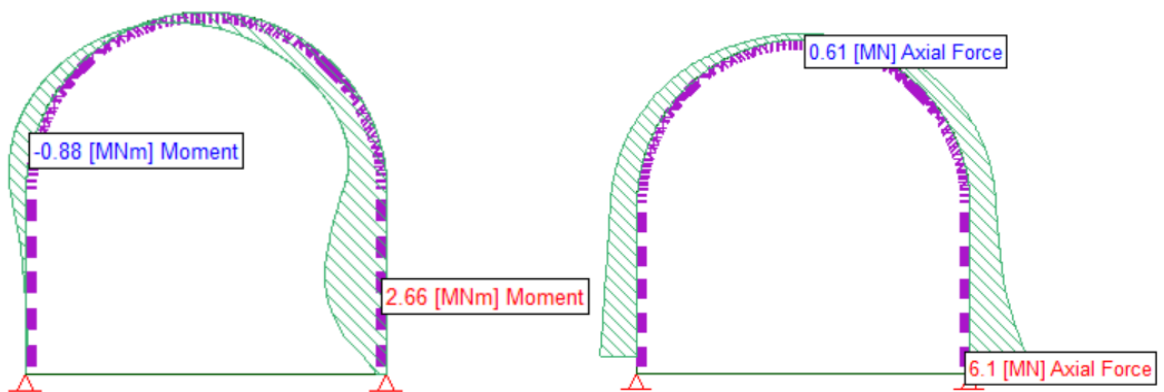


b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.3.4. Nội lực trong KCC thép khi đường lò đặt tại chân bãi thải



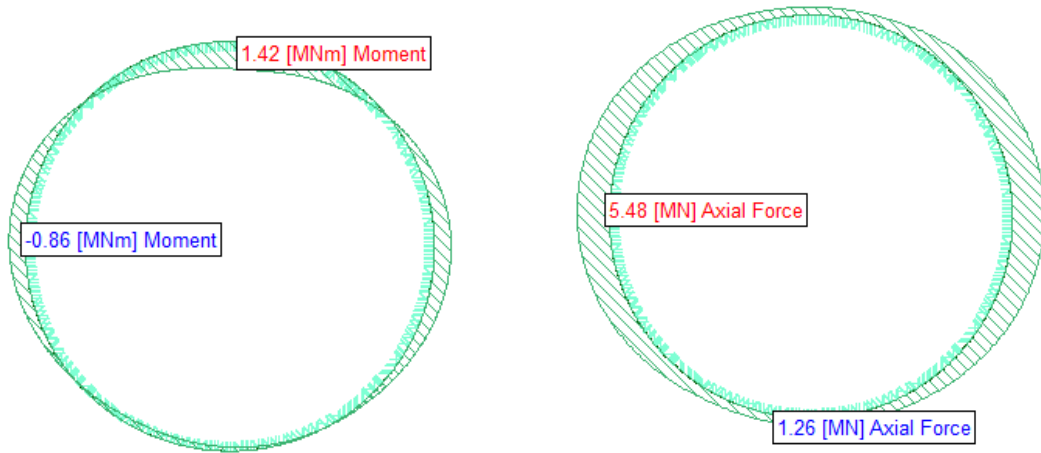
a. M và N trong KCC thép hình tròn



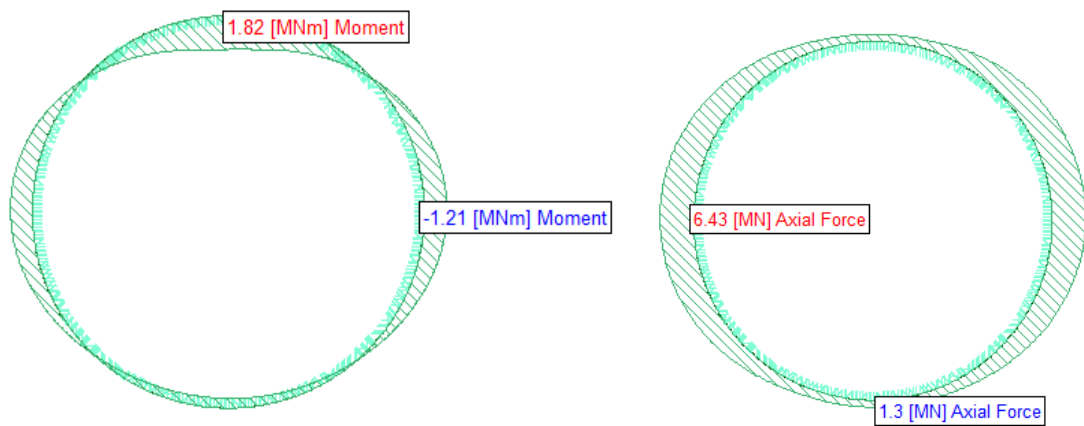
b. M và N trong KCC thép hình tường thẳng vòm bán nguyệt

Hình PL 3.3.5. Nội lực trong KCC thép khi đường lò nằm ngoài phạm vi bãi thải

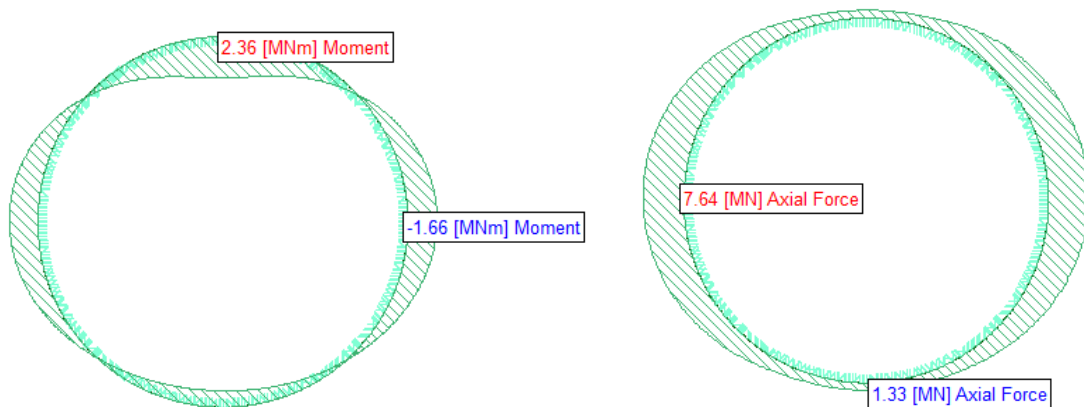
Phụ lục chương 4



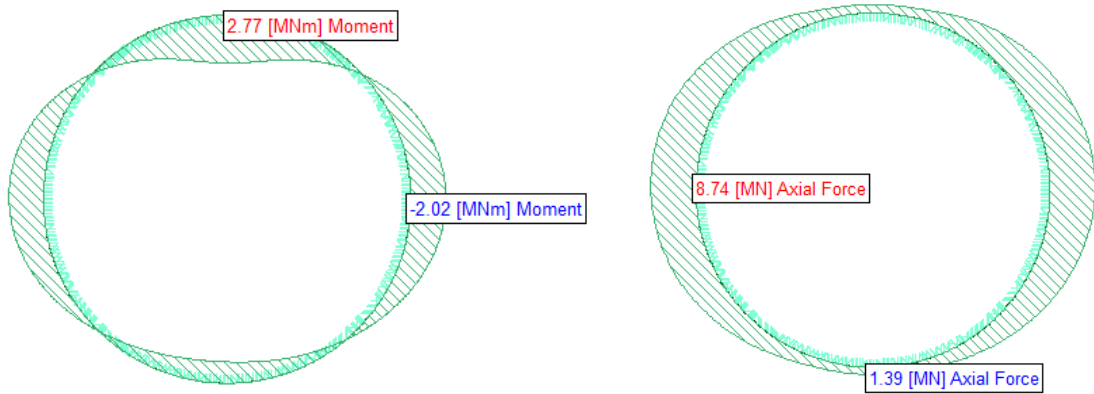
Hình PL 4.4.1. M và N khi chưa có bãi thải đường lò hình tròn



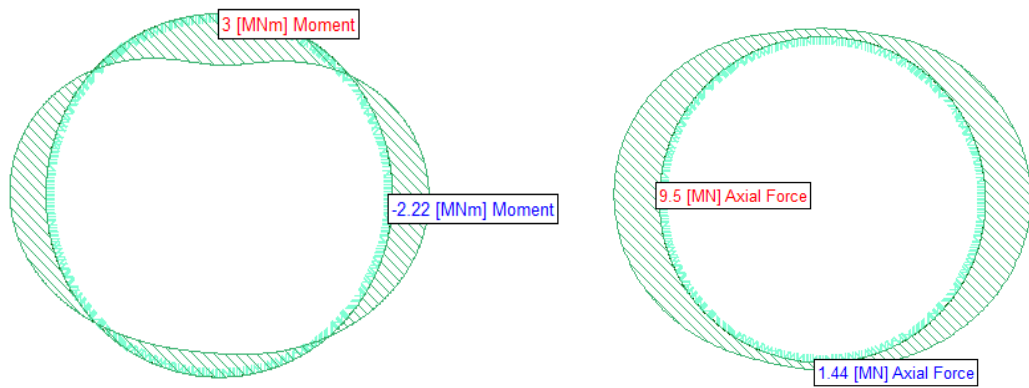
Hình PL 4.4.2. M và N khi CCBT cao 50m đường lò hình tròn



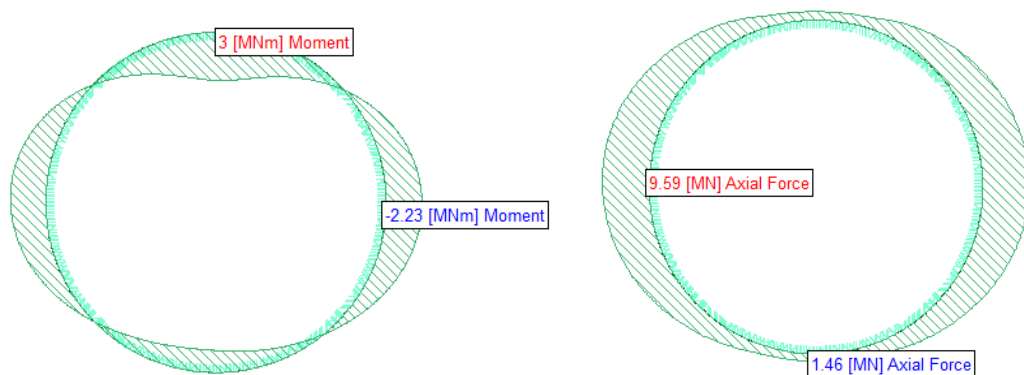
Hình PL4.4.3. M và N khi CCBT cao 100m đường lò hình tròn



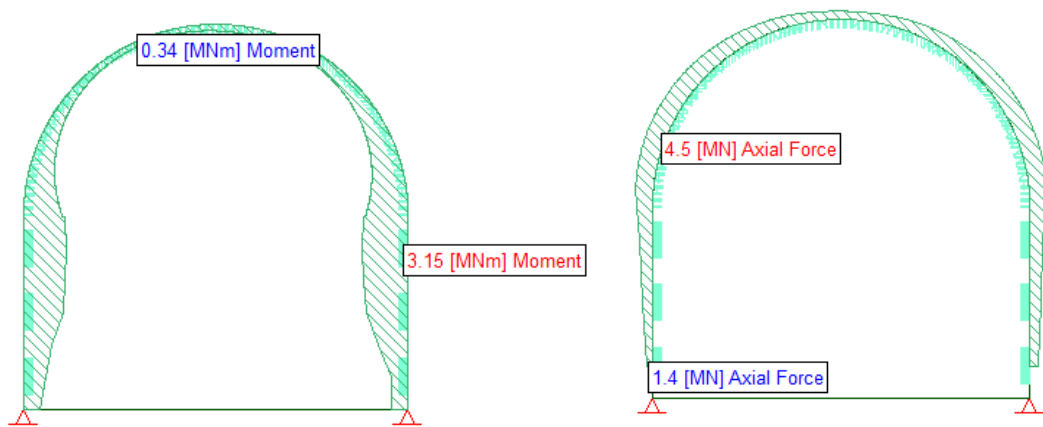
Hình PL 4.4.4. M và N khi CCBT cao 150m đường lò hình tròn



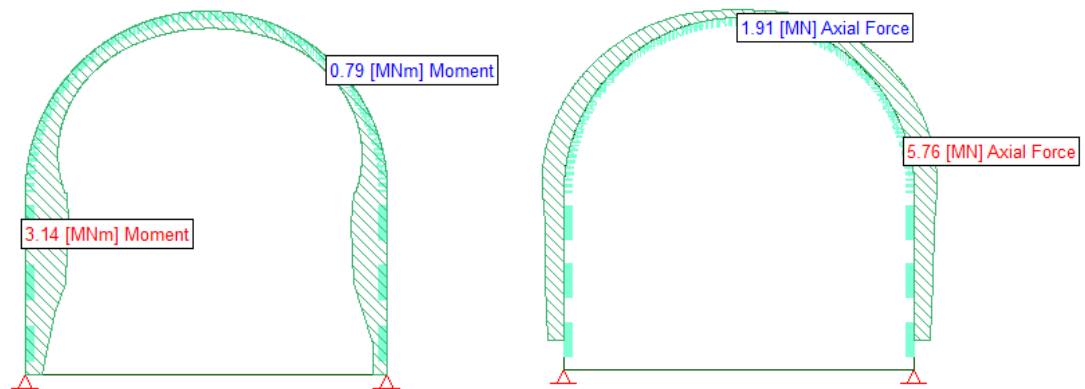
Hình PL 4.4.5. M và N khi CCBT cao 200m đường lò hình tròn



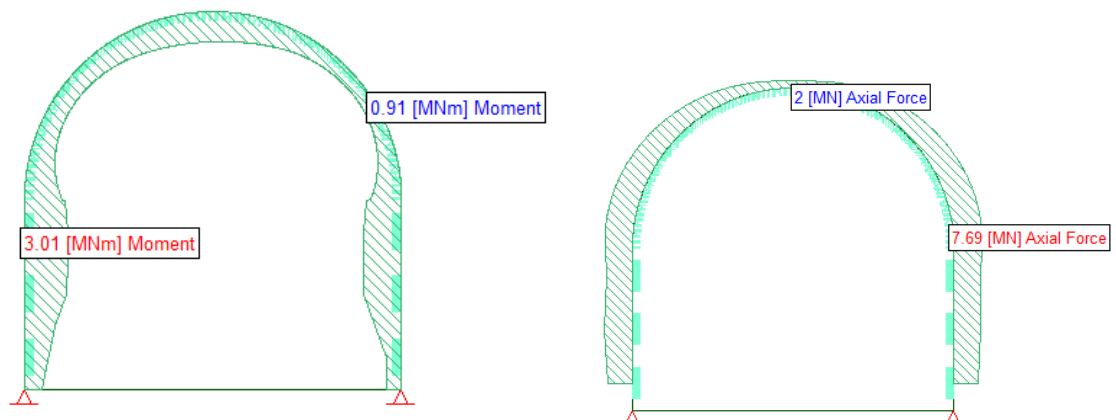
Hình PL 4.4.6. M và N khi CCBT cao 217m đường lò hình tròn



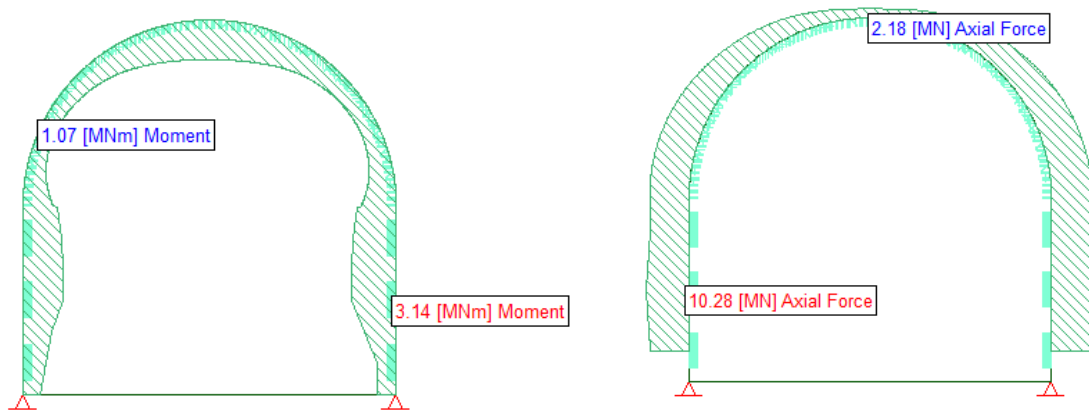
Hình PL 4.5.1. M và N khi chưa có bãi thải đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt



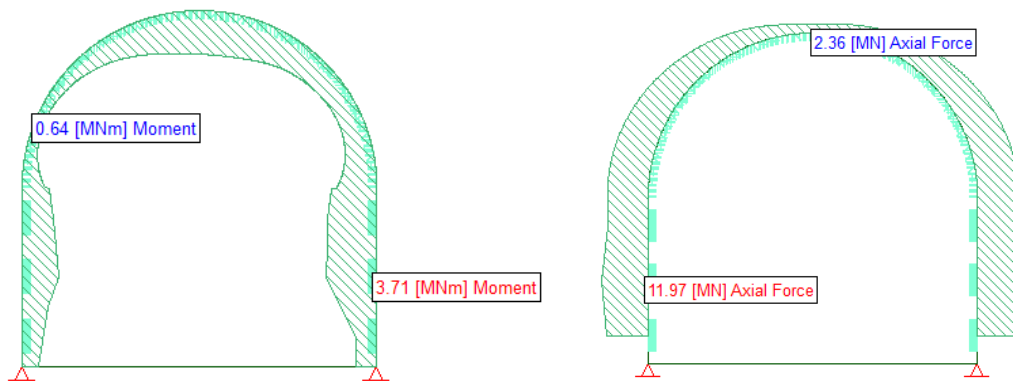
Hình PL 4.5.2. M và N khi CCBT 50m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt



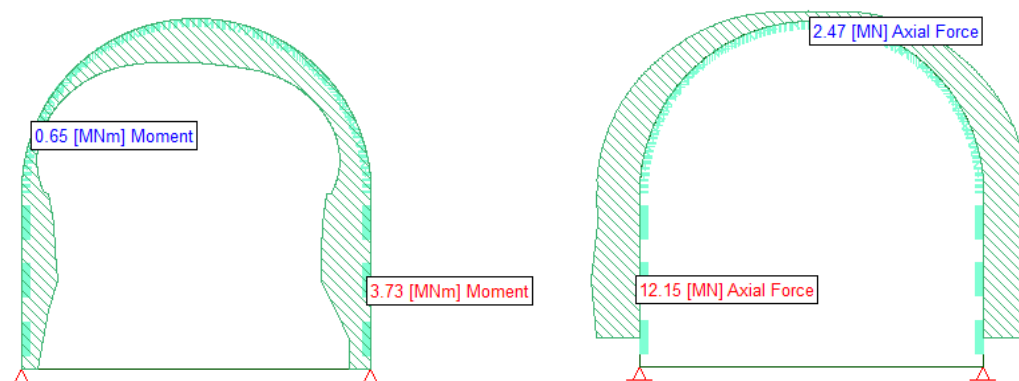
Hình PL 4.5.3. M và N khi CCBT 100m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt



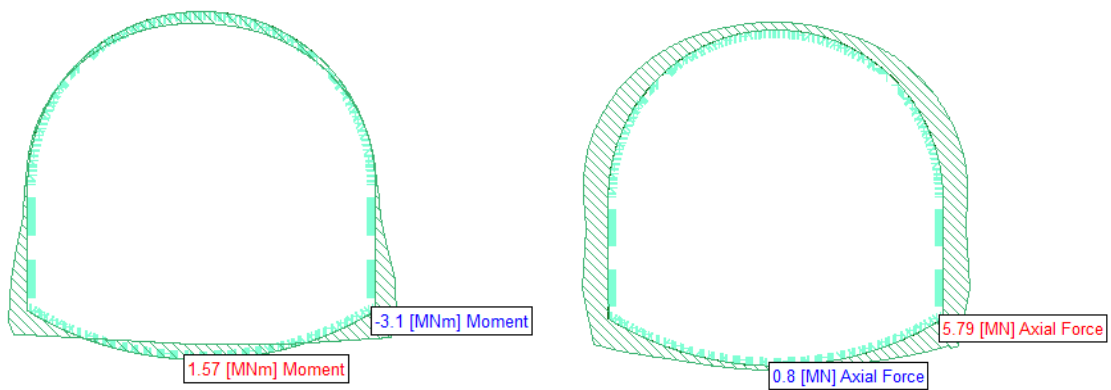
Hình PL 4.5.4. M và N khi CCBT 150m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt



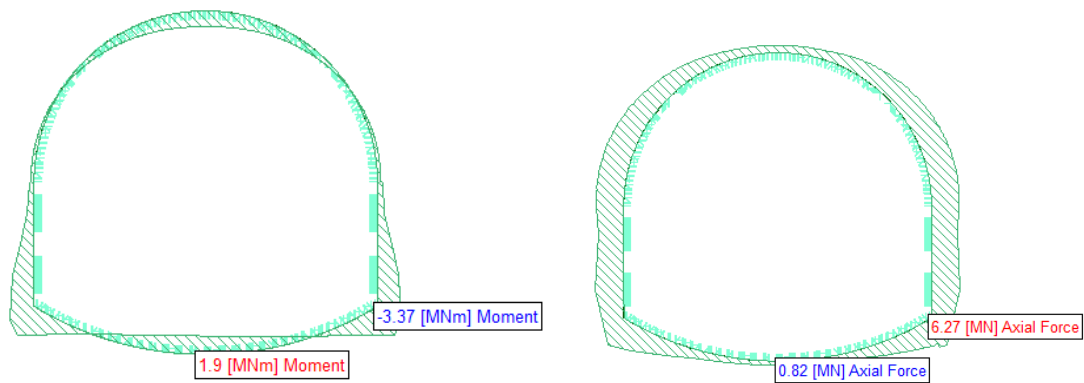
Hình PL 4.5.5. M và N khi CCBT 200m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt



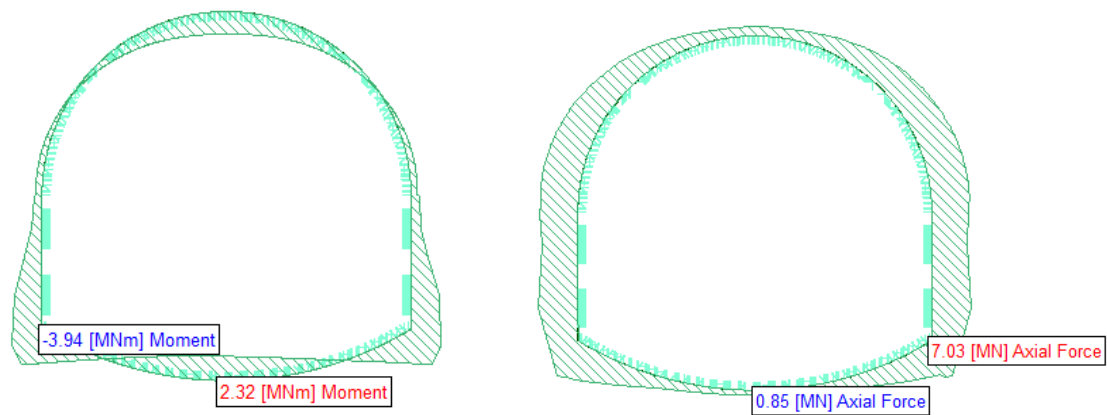
Hình PL 4.5.6. M và N khi CCBT 217m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt



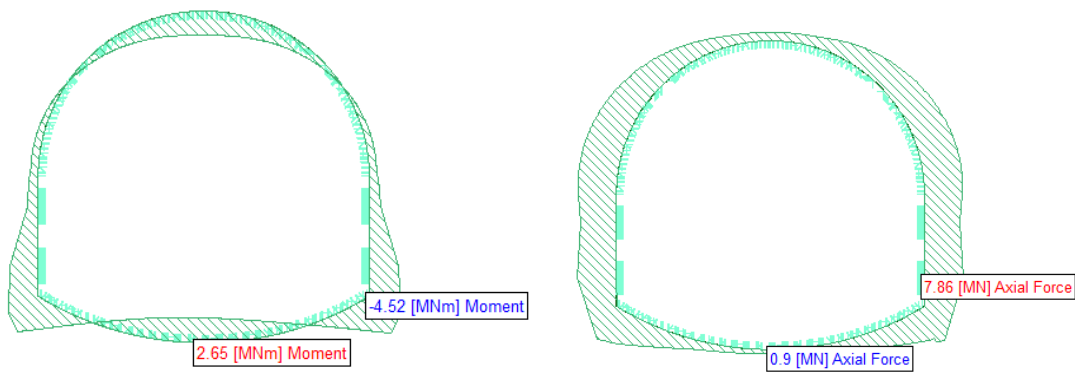
Hình PL 4.6.1. M và N khi chưa có bãi thải đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền



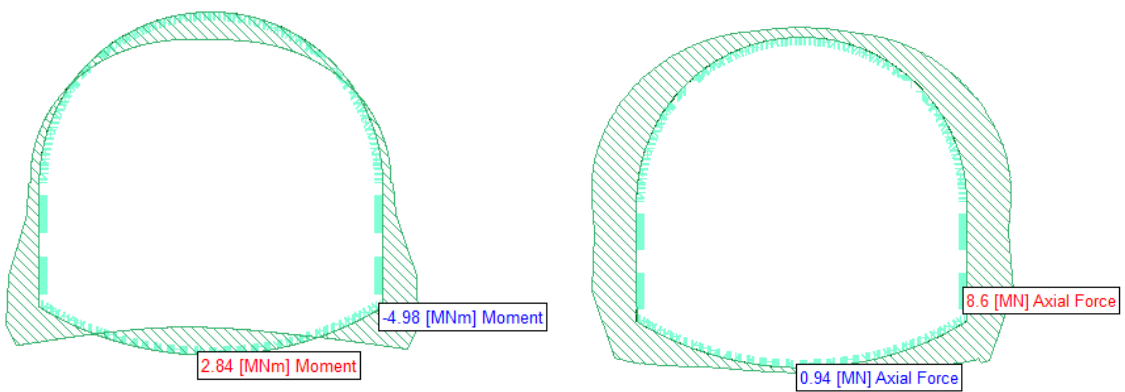
Hình PL 4.6.2. M và N khi CCBT 50m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền



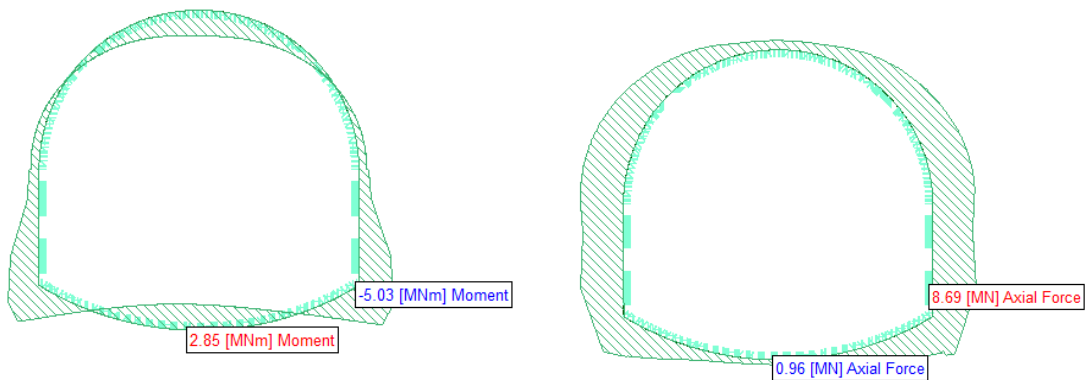
Hình PL 4.6.3. M và N khi CCBT 100m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền



Hình PL 4.6.4. M và N khi CCBT 150m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền



Hình PL 4.6.5. M và N khi CCBT 200m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền



Hình PL 4.6.6. M và N khi CCBT 217m đường lò tường thẳng vòm bán nguyệt vòm nền