



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Nghiên cứu ảnh hưởng của góc dốc vỉa và độ sâu khai thác đến dịch chuyển biến dạng bề mặt trên mô hình địa cơ

Phạm Văn Chung^{1*}, Nguyễn Quốc Long¹, Vương Trọng Kha¹, Nguyễn Quang Phích²

¹ Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

² Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 15/3/2017
Chấp nhận 25/7/2017
Đăng online 31/8/2017

Từ khóa:

Dự báo dịch chuyển và biến dạng
Khai thác hầm lò
Mô hình địa cơ

Bài báo sử dụng mô hình địa cơ nhằm phân tích, dự báo các yếu tố ảnh hưởng đến dịch chuyển biến dạng đất đá trong mối tương quan với góc dốc vỉa, độ sâu và hệ thống khai thác. Mô hình số địa cơ cho phép nghiên cứu các bài toán có tính đến đặc điểm phân lớp (không đồng nhất, không đẳng hướng của khối đá). Các quy luật nhận được về phân bố ứng suất, biến dạng, sự phát triển của vùng phá hủy, cũng như cường độ của chúng phụ thuộc vào đặc điểm cấu trúc, quy luật thứ tự sắp xếp giữa các lớp, hình dạng tiết diện ngang của các công trình mỏ. Từ kết quả thu nhận được trên phần mềm FLAC 2D cho phép dự báo các quy luật dịch chuyển có thể xảy ra khi khai thác than hầm lò ở Việt Nam.

© 2017 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Công tác khai thác mỏ đã gây ra các tác động lớn đến bề mặt đất do đã lấy đi một phần vật chất từ phần vỏ trái đất, dẫn đến sự thay đổi trạng thái vật chất hoặc trạng thái cấu trúc ban đầu của khối đá và làm mất thế cân bằng của ứng suất nén ban đầu trong địa tầng chứa than. Hậu quả là khối đá tự nhiên rơi vào trạng thái “mất cân bằng” ứng suất và sẽ “tự điều chỉnh” để xác lập trạng thái cân bằng mới, trong đó trạng thái cân bằng về cơ học có ý nghĩa đặc biệt (Phạm Văn Chung, 2010). Quá trình trên diễn ra dưới dạng phân bố lại trạng thái ứng suất và kéo theo hiện tượng dịch chuyển và biến dạng đất đá có tính chất rất đa dạng, phức tạp và phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố địa chất, khai thác, cơ lý đá...

Trong quá trình biến đổi trên, khối đất đá có thể tiến đến trạng thái ổn định hoàn toàn, hoặc trạng thái mất ổn định ở các mức độ khác nhau. Trạng thái mất ổn định cân bằng ứng suất dịch chuyển không đồng đều sẽ gây ra biến dạng. Khoảng trống của đất đá do than được khấu ra sẽ làm mất thế cân bằng lực nên các lớp đất đá vách (nóc lò) sẽ uốn võng và sập đổ. Khoảng sập đổ lớn hay nhỏ tùy thuộc vào kích thước khoảng trống khai thác. Sự sập đổ các lớp đất đá vách là hiện tượng dịch chuyển và biến dạng đất đá mỏ. Hiện tượng này sẽ giảm dần khi đất đá lấp đầy khoảng trống khai thác và đất đá vùng trụ vỉa ổn định hoặc sẽ lan truyền lên phía trên và thậm chí lên tới mặt đất nếu đất đá yếu và độ sâu khai thác không lớn. Hậu quả của sự lan truyền này sẽ gây ra bồn dịch chuyển trên mặt đất hoặc xuất hiện tầng bậc, ảnh hưởng đến các công trình tùy theo cường độ biến dạng và được thể hiện qua các hiện tượng

*Tác giả liên hệ

E-mail: phamvanchung@humg.edu.vn

dịch chuyển phá hủy (nén vỡ đá, sạt lở, sập lở...).

Cho đến nay, trong lĩnh vực cơ học đá, khai thác mỏ, đã có nhiều phương pháp được ứng dụng để nghiên cứu dịch chuyển biến dạng đất đá và đã có nhiều kết quả nghiên cứu được công bố trên thế giới. Mô hình nghiên cứu dự báo chiều cao vùng phá hủy, tách lớp đã được các nhà khoa học nghiên cứu, điển hình như là các tác giả (Kratzsch, 1983; Mindlin, 1939). Tuy nhiên ở nước ta, trong lĩnh vực khai thác mỏ vấn đề này vẫn còn ít được chú ý. Từ năm 2011 đến nay đã có một số công trình nghiên cứu dịch chuyển biến dạng bằng mô hình vật liệu tương đương được công bố trong nhiều tài liệu khác nhau (Nguyễn Anh Tuấn và nnk, 2011; Nguyễn Anh Tuấn và nnk, 2012; Nguyễn Văn Sỹ và nnk, 2012; Nguyễn Tam Sơn, 2012; Trần Trung Anh, 2012). Tuy nhiên, qua các tài liệu đó cho thấy việc nghiên cứu mất nhiều công sức, thực hiện trên mô hình nhỏ, nên hệ số tương đương lớn. Nghiên cứu mang tính lý thuyết, không kể đến các công trình đã công bố của nhóm thực hiện đề tài này, để dự báo lún sụt cũng được một số chuyên gia thực hiện. (Nguyễn Anh Tuấn và nnk, 2011) đã sử dụng chương trình Phase2 phân tích lún sụt và quá trình biến đổi cơ học khi khai thác hỗn hợp hàm lò, lộ thiên.

Trong phạm vi bài viết các tác giả đã phân tích, dự báo kết quả dịch chuyển, biến dạng đối với các mô hình khai thác lò chợ dài với các góc dốc vỉa khác nhau và trên mô hình khai thác lò chợ dài ở các mức độ sâu khác nhau thông qua phần mềm FLAC 2D.

2. Phần mềm FLAC 2D

FLAC (Fast Lagrangian Analysis of Continua) được phát triển và duy trì bởi ITASCA. Các phần mềm FLAC được dựa trên phương pháp sai phân hữu hạn hàm hiện, qua đó cho phép mô phỏng các tính chất của các vật liệu như đất, đá và các kết cấu xây dựng để giải quyết một loạt các vấn đề phức tạp trong địa kỹ thuật, công trình dân dụng và khai thác mỏ.

Cơ sở để giải bài toán tổng quát về quá trình biến đổi cơ học trong khối đá bằng phương pháp giải tích và phương pháp số là lý thuyết động lực học. Điều kiện cân bằng động học ở trạng thái đơn trục đối với hệ có một bậc tự do có dạng:

$$PM+PC+PK=P(t) \quad (1)$$

Trong đó: PM là lực quán tính; PC là lực cản nhớt; PK là lực kháng đàn hồi; P(t)- là véc tơ ngoại

lực cưỡng bức có dạng là một hàm số của thời gian.

Ngoại lực P(t) tác dụng lên vật thể có thể bao gồm các loại lực khác nhau và gây ra trong vật thể các nội lực dưới dạng: lực kháng đàn hồi, có hướng tác dụng ngược với hướng của chuyển vị, các lực cản nhớt (tắt dần), ngược với tốc độ chuyển vị, và lực quán tính, hay lực cản gia tốc. Như vậy phương trình (1) là phương trình chuyển động biểu diễn sự cân bằng của tất cả các lực.

Theo nguyên lý Dalambe (khối lượng m gây ra lực quán tính, tỷ lệ với gia tốc của nó và hướng ngược với gia tốc), có thể biểu diễn ngoại lực ở dạng:

$$P(t) = -m\ddot{u}_g(t) \quad (2)$$

Trong (2): $\ddot{u}_g(t)$ là gia tốc dịch chuyển của khối đá. Với

$P_M = m \cdot \ddot{u}$, $P_C = m \cdot \dot{u}$, $P_K = k \cdot u$, phương trình (2) có dạng:

$$m \cdot \ddot{u} + m \cdot \dot{u} + k \cdot u = -m\ddot{u}_g(t) \quad (3)$$

Cơ sở lý thuyết và các phương trình tổng quát để giải bài toán nghiên cứu các quá trình biến đổi cơ học trong khối đá bằng phương pháp giải tích có thể tham khảo (Mindlin, 1939), để giải bằng phương pháp số có thể tham khảo (Mindlin, 1948).

Xuất phát từ mục tiêu của các bài toán xây dựng mô hình địa cơ dự báo tai biến địa chất - kỹ thuật chủ yếu bằng phương pháp số và sử dụng phần mềm FLAC2D, nên dưới đây sẽ trình bày khái quát về cơ sở lý thuyết của phương pháp này. Trong trường hợp tổng quát và để giải bài toán bằng phương pháp số, phương trình động lực học của hệ cơ học được viết ở dạng ma trận là:

$$[M] \left\{ \frac{\partial u^2}{\partial t^2} \right\} + [C] \left\{ \frac{\partial u}{\partial t} \right\} + [K] \{u\} = \{P(t)\} \quad (4)$$

Trong đó: [M], [C], [K] lần lượt là ma trận khối lượng, ma trận cản và ma trận độ cứng; {u}, $\{\partial u / \partial t\}$, $\{\partial u^2 / \partial t^2\}$ lần lượt là véc tơ dịch chuyển (chuyển vị), véc tơ tốc độ dịch chuyển và véc tơ gia tốc dịch chuyển

$\{P(t)\}$ là véc tơ lực (tải trọng) và t là thời gian.

Trường hợp bài toán tĩnh học, vì $\{\partial u / \partial t\} = 0$ nên phương trình (4) có dạng đơn giản:

$$[K] \{u\} = \{P\} \quad (5)$$

Khi gặp các bài toán động lực học, nhất thiết phải giải phương trình vi phân (5) xét đến tất cả các thành phần lực cản (cản nhớt) và lực khối lượng (quán tính).

Với tải trọng ngoài do động đất gây ra, có thể viết (5) ở dạng:

$$[M] \left\{ \frac{\partial u^2}{\partial t^2} \right\} + [C] \left\{ \frac{\partial u}{\partial t} \right\} + [K] \{u\} = -[M_x] \left\{ \frac{\partial u^2_{gx}}{\partial t^2} \right\} - [M_y] \left\{ \frac{\partial u^2_{gy}}{\partial t^2} \right\} - \left\{ \frac{\partial u^2_{gz}}{\partial t^2} \right\} \quad (6)$$

Trong đó: [Mx] - Là ma trận cột của khối lượng theo phương x

[My]- Ma trận cột của khối lượng theo phương y

[Mz]- Ma trận cột của khối lượng theo phương z

$$\left\{ \frac{\partial u^2_{gx}}{\partial t^2} \right\} = \ddot{u}_{gx}(t), \left\{ \frac{\partial u^2_{gy}}{\partial t^2} \right\} = \ddot{u}_{gy}(t), \left\{ \frac{\partial u^2_{gz}}{\partial t^2} \right\} = \ddot{u}_{gz}(t)$$

Tương ứng lần lượt với các thành phần nằm ngang (x), thẳng đứng (y) và nằm ngang (z) của gia tốc nền khi có tác động động đất.

3. Phân tích dịch chuyển biến dạng với mô hình khối đá đồng nhất

Những kết quả xây dựng mô hình số địa cơ trong nghiên cứu dịch chuyển và biến dạng đất đá kết hợp với việc ứng dụng phần mềm FLAC 2D đã đưa đến khả năng áp dụng và phát triển công tác dự báo dịch chuyển biến dạng trong khai thác hầm lò.

Mỏ than Mạo Khê ở phía Nam của bể than Quảng Ninh trên trục đường quốc lộ 18 từ Hà Nội đi Hòn Gai và cách thị trấn Đông Triều 10 km về phía Đông. Vị trí của mỏ than Mạo Khê rất thuận tiện cho giao thông đường thủy, đường sắt và đường bộ, là cầu nối giữa Hà Nội và thành phố Hạ Long. Mỏ than Mạo Khê có trữ lượng than khá lớn, điều kiện kiến tạo vỉa không quá phức tạp, khu vực tập trung đông dân cư có nhiều tiềm năng phát triển về các các mặt kinh tế, văn hóa, xã hội. Hiện nay mỏ Mạo Khê tập trung khai thác than ở các vỉa: vỉa 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, và vỉa 9b. Mở vỉa vào giữa ruộng than và đi lò dọc vỉa đá vào 2 cánh của các vỉa. Phân chia ruộng than thành từng các khu vực thuận tiện cho việc vận tải than và điều khiển áp lực mỏ. Sử dụng công nghệ khai thác cột dài theo phương, chống lò bằng gỗ hoặc bằng giá thủy lực. Điều khiển đá vách bằng phá hóa toàn phần. Các điều kiện địa chất thể nằm vỉa 9b thể hiện như Bảng 1.

Thực tiễn cho thấy, có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến dịch chuyển, biến dạng đất đá, nhưng bài báo tính hai trường hợp áp dụng vỉa 9b

mỏ than Mạo Khê:

- + Khai thác lò chợ dài với các góc dốc vỉa thay đổi;
- + Khai thác lò chợ dài ở các mức độ sâu khác nhau.

Bảng 1 Điều kiện địa chất vỉa 9b.

STT	Các thông số của lò chợ	Đơn vị	Vỉa than
			9b
1	Mức khai thác	m	-80 ÷ -25
2	Chiều dày vỉa	m	2.5
3	Góc dốc vỉa	độ	25-27
4	Chiều dày đất phủ	m	10
5	Chiều dài lò chợ theo hướng dốc	m	110
6	Chiều dài lò chợ theo phương	m	600
7	Chiều sâu trung bình của lò chợ	m	380 - 400

3.1. Mô hình khai thác lò chợ dài với các góc dốc vỉa thay đổi

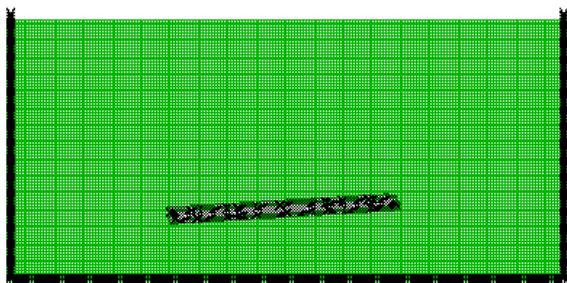
Mặt cắt địa chất tuyến IV mỏ than Mạo Khê, địa tầng đất đá bao gồm các lớp đá cát kết, bột kết, sét kết và than nằm nghiêng với các tham số cơ học thể hiện như Bảng 2

Miền khảo sát có kích thước 200m x 100m (rộng x cao). Vì chỉ nhằm rút ra các nhận định mang tính chất định tính, nên để đơn giản hơn chúng tôi đã chọn mô hình cho khối đá, với giả thiết coi môi trường đất đá mỏ là đồng nhất và đẳng hướng.

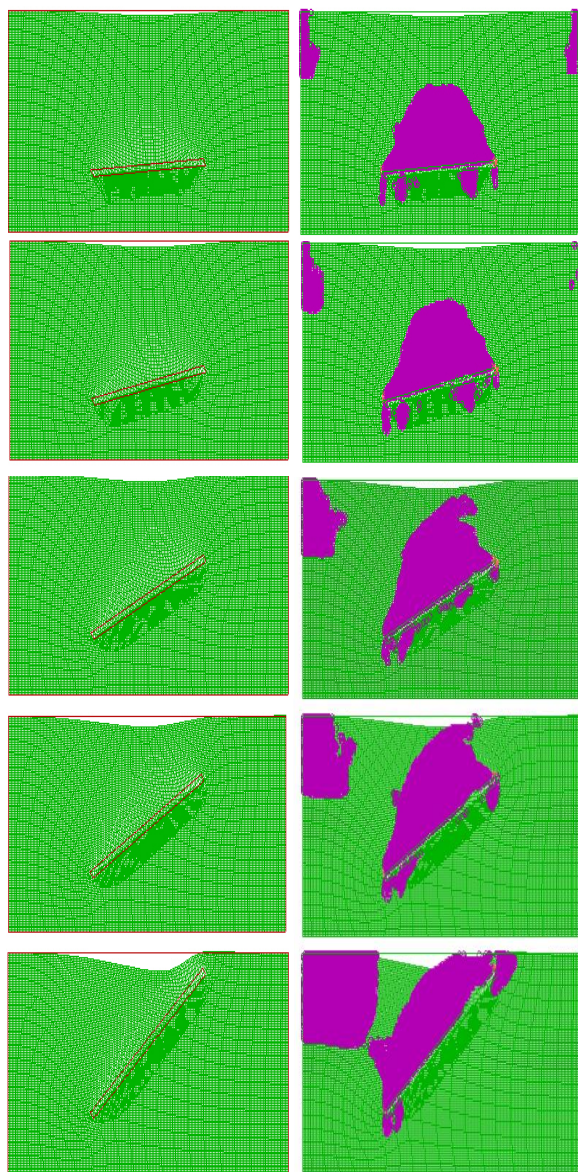
Bảng 2. Các tham số cơ học sử dụng cho mô hình.

Mật độ ρ (k/m ³)	Mô đun nén thể tích K (Pa)	Mô đun trượt G (Pa)	Góc ma sát trong φ	Lực dính kết C (Pa)
2200	0,788.10 ⁹	0,484.10 ⁹	30	2,51.10 ⁶

Lò khai thác được khảo sát với các thông số: chiều dài 80 m, chiều cao 3 m. Hệ thống khai thác là lò chợ dài, phá hóa toàn phần. Các lò chợ được khảo sát có các góc dốc thay đổi. Do tiến hành cố định điểm dưới của lò chợ, nên khi thay đổi góc dốc vỉa, điểm ranh giới trên của lò chợ sẽ càng gần mặt đất. Trên hình 2 thể hiện tập hợp các kết quả phân tích độ lún trên mặt đất, được biểu thị qua sự biến hình của lưới sai phân do ảnh hưởng khai thác các vỉa than hoặc quặng với các góc dốc vỉa khác nhau.



Hình 1. Sơ đồ bài toán khai thác lò chợ dài.



Hình 2. a) Sự phụ thuộc của biên độ lún và hình dạng bồn dịch chuyển; b) Sự phát triển của vùng phá hủy (màu tím) vào góc dốc của lò chợ.

Từ kết quả thực nghiệm cho phép rút ra các kết luận:

- Khi độ sâu khai thác càng gần mặt đất, mức độ lún sụt sẽ càng tăng;
- Khi góc dốc vỉa tăng thì hình dạng bề mặt của bồn dịch chuyển sẽ mất dần tính đối xứng; điểm lún cực đại sẽ chuyển dịch về phía ranh giới trên của lò chợ hoặc về đầu trên của thân quặng.
- Vùng phá hủy đất đá phát triển chủ yếu ở phía trên nóc lò chợ, có chiều cao và hình dạng phụ thuộc vào thể nằm của vỉa và khoảng cách tương đối của khu vực khoảng trống khai thác đến mặt đất;

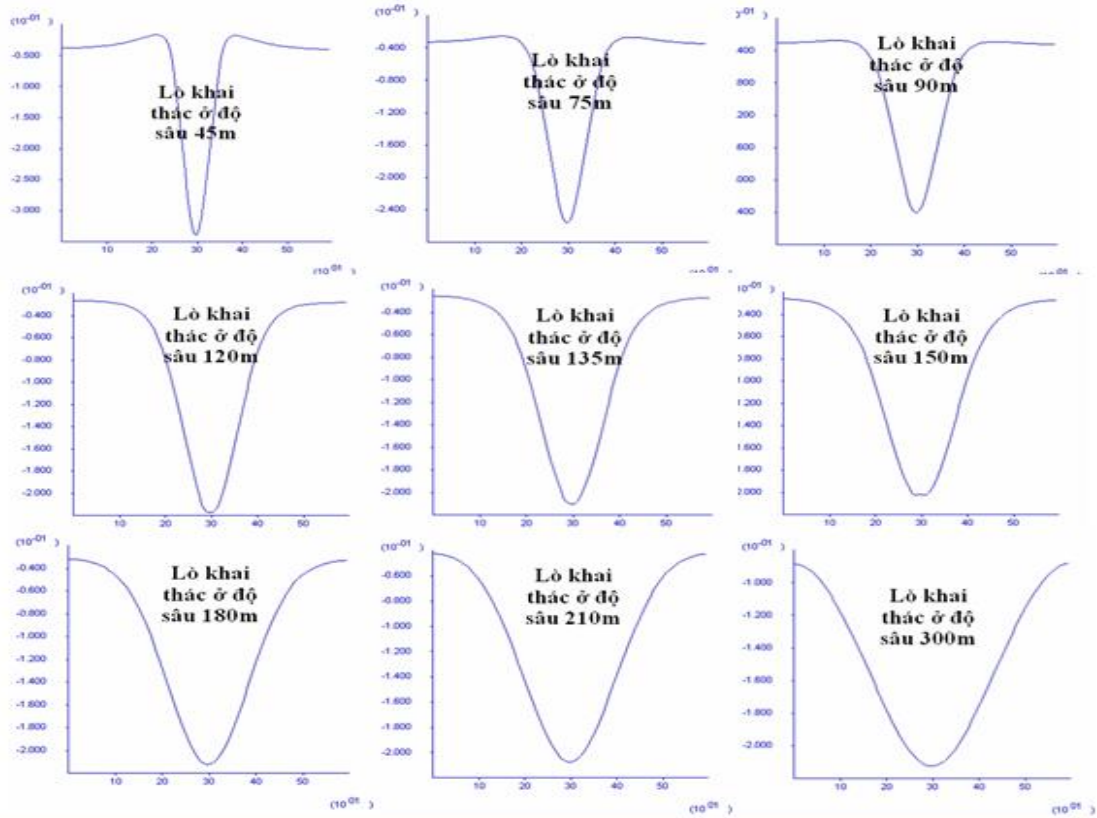
Trong trường hợp này, trên bề mặt đất có thể xuất hiện các vùng phá hủy ở lân cận lộ vỉa do quá trình lún; biến dạng tổng thể gây ra phá hủy kéo, xuất hiện ở vùng biên trên của miền nghiên cứu. Vị trí và quy mô của hai vùng này cũng thay đổi tùy thuộc độ dốc của vỉa (thân quặng) và khoảng cách vùng khai thác đến mặt đất.

3.2. Mô hình khai thác lò chợ dài với độ sâu khác nhau

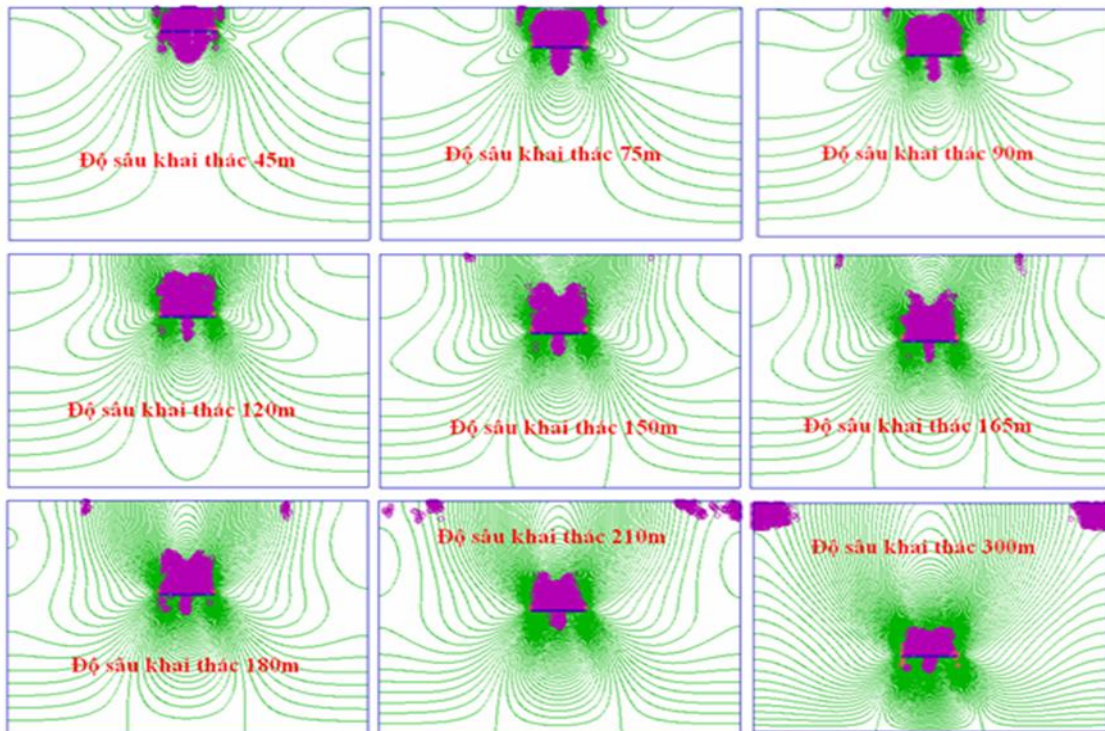
Cũng với các dữ liệu vào như trường hợp 1, trong trường hợp này, chỉ xây dựng mô hình khai thác lò chợ dài, nằm ngang có chiều dài theo dốc là 80m, ở các độ sâu khác nhau từ 45m đến 300m, tính từ mặt đất đến nóc hay vách lò khai thác. Các kết quả phân tích cho phép nhận được đường độ lún, tương ứng với các độ sâu trên Hình 3.

Bảng 3. Số liệu về độ dịch chuyển và độ lún sụt lớn nhất.

Độ sâu khai thác (m)	Dịch chuyển lớn nhất (m)	Độ lún lớn nhất (m)	Tính chất cơ học
45	1.786	0.390	prop dens 2200 bulk 0.788e9 shear 0.484e9 fric 30 coh 2.51e6
75	1.815	0.270	
90	1.824	0.245	
105	1.844	0.230	
120	1.865	0.220	
135	1.883	0.210	
150	1.907	0.204	
165	1.922	0.203	
180	1.940	0.212	
210	1.957	0.216	
300	2.017	0.219	



Hình 3. Đường cong lún chịu ảnh hưởng của độ sâu khai thác, với mô hình khối đá đồng nhất.



Hình 4. Sự phát triển của vùng phá hủy xung quanh lò khai thác, phụ thuộc độ sâu khai thác, với mô hình khối đá đồng nhất.

Kết quả phân tích cho thấy:

Lún sụt trên mặt đất ban đầu giảm dần theo độ sâu và kể từ độ sâu nhất định lại tăng theo độ sâu; Khi khai thác gần mặt đất đường cong lún có giá trị biến thiên lớn, nên thường có dạng nhọn hơn. Khai thác xuống sâu, vùng lún sụt trên mặt đất phát triển rộng thêm nên độ cong giảm dần, do vậy khả năng gây nghiêng, trượt, sụp đổ các công trình kiến trúc có thể càng giảm.

Trên Bảng 3 là các số liệu về độ dịch chuyển lớn nhất của điểm giữa nóc lò khai thác và độ lún lớn nhất trên mặt đất. Từ Bảng 3 thấy rằng, càng khai thác xuống sâu, độ dịch chuyển lớn nhất càng tăng. Với các dữ liệu đầu vào của mô hình này, độ lún giảm dần khi chiều sâu khai thác càng lớn và đạt cực tiểu ở độ sâu khoảng 165 m. Khai thác xuống sâu hơn thì độ lún có gia tăng nhưng không đáng kể.

Trên Hình 4 là hình ảnh về sự xuất hiện của các vùng phá hủy trong khối đá xung quanh khu vực lò khai thác, ở các mức khai thác sâu khác nhau.

Từ các kết quả mô phỏng thu được nhận thấy các quy luật về sự lún sụt phát triển ở vùng phá hủy, khi khai thác ở các độ sâu khác nhau:

Ở độ sâu 45 m, 75 m: vùng phá hủy do kéo tập trung ở nóc lò khai thác và lan đến mặt đất; phía nền lò xuất hiện vùng phá hủy do kéo, phủ kín phần đá trụ vỉa; sát trên đỉnh hai đầu lò chợ xuất hiện vùng phá hủy do cắt. Trong các trường hợp này khai thác không chỉ gây tai biến lún, mà còn gây cả tai biến trượt lở.

Ở độ sâu 105 m chiều cao vùng phá hủy do kéo và cắt ở nóc lò tăng lên, nhưng phá hủy do kéo ở nền lò giảm dần, thay vào đó xuất hiện các vị trí khối đá bị phá hủy trên bề mặt với xu thế lò khai thác càng sâu thì vùng phá hủy trên bề mặt có khoảng cách càng xa nhau. Ở các độ sâu 120 m và 135 m, vùng phá hủy do kéo phía nóc lò và đặc biệt là phá hủy cắt tăng, tuy nhiên không xuất hiện phá hủy trên mặt đất.

4. Kết luận

Từ các phân tích kết quả thực nghiệm nêu trên cho thấy có thể sử dụng các mô hình địa cơ để dự báo định tính các quy luật dịch chuyển, biến dạng đất đá như các mô hình toán học và các sơ đồ đường cong lún (Kratzsch, 1983; Whittaker và Reddish, 1989)

Mô hình địa cơ cho phép giải được các bài toán có tính đến đặc điểm biến động điều kiện địa chất - khai thác mỏ như góc dốc vỉa, độ sâu khai thác. Các quy luật nhận được về phân bố ứng suất, biến dạng, sự phát triển của vùng phá hủy, cũng như cường độ của chúng phụ thuộc rất rõ vào những đặc điểm này.

Nói chung, do biến động về điều kiện địa chất và các tính chất cơ lý của đá nên không thể có được nhận định tổng quát về các quy luật biến đổi cơ học. Để nhận được các hình ảnh chính xác về các quy luật biến đổi cơ học trong khối đá với cấu trúc địa chất phức tạp, nhất thiết phải phân tích cụ thể cho từng trường hợp, trên các mô hình được xác lập cho khối đá tương ứng với cấu trúc phân lớp, các tham số cơ học của từng lớp. Với phương thức này có thể phân tích được khả năng phát triển các “điều kiện địa chất” cụ thể dẫn đến “sự cố, tai nạn”, thông qua đấy có thể xác định được loại “tai biến địa chất” ngẫu nhiên xuất hiện do yếu tố nhân sinh.

Tài liệu tham khảo

- Phạm Văn Chung, 2010. Nghiên cứu xác định các thông số dịch chuyển biến dạng bề mặt đất trong điều kiện địa chất đặc biệt khi khai thác hầm lò bể than Quảng Ninh, *Báo cáo đề tài Bộ Công Thương*.
- Kratzsch, H., 1983. *Mining Subsidence Engineering*, (Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York)
- Mindlin, R.D., 1939. Stress distribution around a tunnel. *Transactions American Society of Civil Engineers, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 2082.
- Mindlin, R. D., 1948. Stress distribution around a hole near the edge of a plate under tension. *Proceedings of the Society for Experimental Stress Analysis* 5(2), 56-68.
- Singh, M. M., 1985. “Review of Coal Mine Subsidence Control Measures,” *Transactions SME-AIME* 278, Littleton, CO, 1988-1992.
- Singh M.M. Chapter 10.6. Mine Subsidence
- Nguyễn Anh Tuấn, Lê Đức Nguyên, Nguyễn Văn Sỹ, 2011. Đánh giá kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của dịch động trong sơ đồ khai thác hầm lò-lộ thiên trên mô hình vật liệu

- tương đương. *Thông tin Khoa học công nghệ Mỏ* 12.
- Nguyễn Anh Tuấn, Lê Đức Nguyên, Lê Quang Phục, 2011. Nghiên cứu ảnh hưởng dịch động trong sơ đồ khai thác hỗn hợp hầm lò-lộ thiên bằng mô hình số. *Thông tin Khoa học công nghệ Mỏ* 11.
- Nguyễn Anh Tuấn, Đào Hồng Quảng, Lê Đức Nguyên, 2012. Nghiên cứu dịch chuyển biến dạng đất đá mỏ trong khai thác than hầm lò vùng Quảng Ninh trên mô hình vật liệu tương đương. *Thông tin khoa học công nghệ mỏ* 10. 18-23.
- Nguyễn Văn Sỹ, Trần Văn Thanh, Lê Tiến Dũng, 2012. Xác định các thông số dịch chuyển đất đá do ảnh hưởng của khai thác hầm lò đến bề mặt khoáng sản than Mông Dương-Khe Chàm trên mô hình tương đương. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học lần thứ 20*, Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, 15/11/2012.
- Nguyễn Tam Sơn, 2012. *Báo cáo tổng kết đề tài* “Nghiên cứu xác định các thông số dịch chuyển, biến dạng đất đá khi khai thác vỉa dày bằng phương pháp hầm lò trên mô hình vật liệu tương đương. Viện KHCN mỏ 2012.
- Trần Trung Anh, 2012. Quan trắc dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt trên mô hình vật liệu tương đương bằng công nghệ đo ảnh. *Tạp chí KHKT Mỏ- Địa chất* 39, 7/2012, (Chuyên đề Ttrắc địa mỏ), 5-10.

ABSTRACT

Research on the influence of the dip and the depth of excavation seam on surface movement and deformation using geomachanical digital models

Chung Van Pham ^{1,*}, Long Quoc Nguyen ¹, Kha Trong Vuong ¹, Phich Quang Nguyen ²

¹ Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

² Faculty of Civil Engineering, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

Geomachanical models are able to solve the problems which take into account layers' features such as heterogeneity and anisotropy of rock. The obtained characteristics like stress distribution, deformation, the progress of damaged regions, and their intensity depend on structure, arrangement of layers, and shape of objects. This paper presents the application of geomachanical models on analyzing and predicting movement and deformation of rock considering the relationship with slope angle and depth of seams, as well as excavation methods. From the result achieved from the FLAC 2D software, it is confirmed that geomachanical models can be used to predict the law of movement and deformation in underground mining in Vietnam.

Keywords: Subsidence, Displacement, Deformation, Underground Mining, Geomachanical models.