

# XÂY DỰNG

TẠP CHÍ XÂY DỰNG VIỆT NAM - BẢN QUYỀN THUỘC BỘ XÂY DỰNG

Vietnam Journal of Construction – Copyright Vietnam Ministry of Construction 56<sup>th</sup> Year

7-2017



ISSN 0866-0762  
NĂM THỨ 56

50 NĂM VIỆN KỸ THUẬT CÔNG TRÌNH ĐẶC BIỆT





Phạm Đức Phong, Nguyễn Hải Hưng, Nguyễn Thanh Sang	<b>159</b>	Phân tích tương tác của móng-cọc-nền theo mô hình nền Gibson tổng quát
Vũ Anh Tuấn	<b>163</b>	Nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng số ứng xử cơ học của cát san hô ở Trường Sa
Lê Minh Sơn, Trần Bá Việt	<b>167</b>	Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ siêu cao với hệ cốt liệu mịn
Vũ Văn Tuấn	<b>170</b>	Mô phỏng số ảnh hưởng của giếng hút nước chân không chiều sâu lớn đến thi công đường hầm trong đất yếu
Đào viết Đoàn, Nguyễn Tài Tiến	<b>174</b>	Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến biến dạng của khối đá xung quanh đường hầm tiết diện ngang hình tròn
Đào viết Đoàn, Nguyễn Xuân Lập	<b>179</b>	Nghiên cứu xác định khoảng cách ổn định từ gương hầm đến phay phá đứt gãy
Nguyễn Phan Duy	<b>183</b>	Nghiên cứu độ võng dầm bê tông cốt thép tinh grip dưới tác dụng của tải trọng ngắn hạn và dài hạn trong các giai đoạn làm việc
Nguyễn Phan Duy	<b>186</b>	Một số tính chất cơ lý của bê tông cốt sợi phân tán với cốt sợi tận dụng từ nguồn cấp thép
Trịnh Lê Hùng, Nguyễn Thị Thu Nga	<b>189</b>	Ứng dụng phương trình mất đất phổ dụng (usle) đánh giá nguy cơ xói mòn đất khu vực huyện hướng hóa, tỉnh Quảng Trị
Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong,	<b>193</b>	Ảnh hưởng của nổ mìn đến trạng thái ứng suất trong khối đá quanh đường hầm
Nguyễn Ngọc Huệ, Phạm Đức Hình	<b>196</b>	Phát tạo bảng giá trị nền nhân tạo theo điều kiện khớp phổ phản ứng sử dụng phương pháp hiệu chỉnh bằng wavelet
Vũ Ngọc Anh, Cao Chu Quang, Nguyễn Quốc Bảo	<b>199</b>	Nghiên cứu xây dựng mô hình dự báo lún phù hợp trong phân tích và dự báo lún nền đất yếu từ kết quả quan trắc
Trần Quang Học, Nguyễn Thành Lê, Tống Thị Hạnh	<b>203</b>	Nghiên cứu ảnh hưởng của chấn động nổ mìn đến kết cấu vô chống của đường hầm lán cận cận khi tiến hành thi công hầm bằng phương pháp khoan nổ mìn
Đặng Văn Kiên, Võ Trọng Hùng, Đỗ Ngọc Anh	<b>208</b>	Nghiên cứu xác định chỉ tiêu thuốc nổ theo hàng số đập vỡ đất đá và kích thước trung bình của cục đá sau nổ
Vũ Trọng Hiếu, Đàm Trọng Thắng	<b>211</b>	Nghiên cứu phương pháp xác định hàng số đập vỡ đất đá khi nổ mìn
Đàm Trọng Thắng, Vũ Trọng Hiếu, Lê Hồng Hải	<b>214</b>	Tính toán động lực học khung phẳng dầm-đeo theo mô hình Clough tổng quát có kể đến tính phi tuyến hình học của kết cấu và ảnh hưởng của lực dọc đến trạng thái giới hạn dẻo của tiết diện
Alekseev V.A, Bazhenova S.I, Tăng Văn Lâm, Nguyễn Tiến Nam	<b>218</b>	Phân tích hiệu quả các biện pháp tổ hợp các phương pháp ứng dụng công nghệ xi măng đất trong xử lý nền đất yếu
Ngô Ngọc Thủy, Nguyễn Vũ Hùng, Hoàng Văn Tuấn	<b>222</b>	Nghiên cứu ảnh hưởng của góc tới đến kết quả của giá trị áp lực của sóng nổ tác dụng lên công trình bằng phần mềm ansys autodyn 3d
Nguyễn Duyên Phong, Nguyễn Xuân Mãn,	<b>225</b>	Tính toán vô chống đoạn hầm nối giữa hai ga metro trong điều kiện địa chất phức tạp trên cơ sở nghiên cứu trạng thái cân bằng của hệ "vô chống-khối đất đá"
Pankratenko A.N, Phạm Thị Yến	<b>229</b>	Nghiên cứu đánh giá độ bền công sự nhẹ bằng composite và đề xuất các chỉ tiêu sử dụng
Nguyễn Chí Thọ, Nguyễn Xuân Bằng	<b>232</b>	Nghiên cứu tính toán thiết kế công sự nhẹ bằng khung thép phủ vải bạt kết hợp bao cát
Lê Hải Dương, Nguyễn Trí Tá	<b>235</b>	Nghiên cứu khả năng giảm áp lực nổ của vật liệu đàn hồi bằng thực nghiệm
Nguyễn Công Nghị, Lê Anh Tuấn, Vũ Đình Lợi	<b>238</b>	Các phương pháp hiện đại ước lượng mật độ phổ cao độ mặt đường sân bay
Nguyễn Văn Hiếu	<b>241</b>	Đánh giá hiệu quả tính bền vững trong môi trường nước biển của loại xi-măng siêu sun-phát
Nguyễn Ngọc Trí Huỳnh, Hồ Thanh Trí,	<b>246</b>	Phương pháp SDOF nhận dạng tần số, dạng dao động riêng và tỷ số cản của kết cấu công trình thực từ số liệu đo
Nguyễn Phùng Anh Toàn, Nguyễn Khánh Sơn	<b>250</b>	Ứng dụng công nghệ GIS, xây dựng phần mềm tự động tính toán và mô phỏng sức sống công trình
Vũ Văn Trường, Nguyễn Trí Tá, Nguyễn Như Hùng, Nguyễn Lâm Tới	<b>254</b>	Nghiên cứu ảnh hưởng của phân tử tiếp xúc trong tính kết cấu công sự bằng tôn sóng tương tác với môi trường chịu tải trọng nổ trong đất
Nguyễn Trí Tá, Lê Hải Dương	<b>258</b>	Sử dụng phụ gia nano $SiO_2$ hoạt tính điều chế từ tro trấu để sản xuất vữa cường độ cao
Kiều Đỗ Trung Kiên, Lê Minh Sơn,	<b>261</b>	Nghiên cứu phương pháp tính nhanh ảnh hưởng thi công hố đào sâu tới móng băng công trình lán cận
Nguyễn Vũ Uyên Nhi, Đỗ Quang Minh	<b>264</b>	Một số nghiên cứu về áp lực ngang của vữa bê tông tự lên lán khuôn
Nguyễn Huy Hiệp, Mai Đăng Nhân	<b>267</b>	Ứng dụng công nghệ viễn thám đa thời gian trong đánh giá biến động đất đô thị khu vực Hà Nội
Trần Hồng Hải, Lê Quang Trung, Hồ Ngọc Khoa	<b>271</b>	Kiểm định, đánh giá nguyên nhân gây nứt sàn bê tông cốt thép của công trình nhà cao tầng
Lê Minh Hằng, Tống Thị Hạnh	<b>274</b>	Nghiên cứu đề xuất hệ số gió giật tính tải trọng gió nhà cao tầng có sơ đồ khung giằng theo tcvn 2737:1995
Nguyễn Võ Thông, Đỗ Văn Mạnh	<b>278</b>	Nghiên cứu ứng xử dầm liên hợp thép-bê tông bằng thí nghiệm và phương pháp mô phỏng số
Phan Quang Minh, Bùi Thiên Lam	<b>281</b>	Trích Xuất Lại Lợi Nhuận Tăng Thêm Từ Quyền Xây Cao Ốc Tại Việt Nam: Cuộc Chơi Giữa Các Nhà Đầu Tư Bất Động Sản và Nhà Quy Hoạch Tp. Hồ Chí Minh
Nguyễn Trần Hiếu, Vũ Anh Tuấn		
Nguyễn Bảo Thành		



# Nghiên cứu xác định khoảng cách ổn định từ gương hầm đến phay phá đứt gãy

## Study on determining the stability distance from tunnel face to fault

Ngày nhận bài: 16/5/2017

Ngày sửa bài: 11/6/2017

Ngày chấp nhận đăng: 06/7/2017

### TÓM TẮT:

Khi thi công các đường hầm đặc biệt là đường hầm có chiều dài lớn thường đào qua rất nhiều các loại đất đá khác nhau thậm chí đào xuyên qua cả phay phá đứt gãy. Trong quá trình khảo sát điều kiện địa chất, chúng ta có thể biết trước tuyến hầm phải đào qua các phay phá đứt gãy nhưng nhiều khi cũng không thể thay đổi được tuyến của đường hầm và như vậy khi gương hầm thi công đến gần phay phá đứt gãy sẽ xảy ra nguy cơ mất ổn định gương hầm. Chính vì thế việc xác định khoảng cách ổn định tối thiểu từ phay phá đứt gãy đến gương hầm để sử dụng các giải pháp thi công đặc biệt qua phay phá đứt gãy có ý nghĩa vô cùng quan trọng đến an toàn cho người và máy móc thiết bị thi công. Bài viết sử dụng phần mềm Flac<sup>3D</sup> mô phỏng phay phá đứt gãy có chiều rộng 2 m, góc nghiêng 60°, công trình ngầm hình chữ nhật có kích thước chiều rộng x chiều cao: 5x4 m đào xuyên qua phay phá đứt gãy. Kết quả mô phỏng phân tích vùng phá hủy dẻo trước gương đường hầm ứng với các khoảng cách từ gương tới phay phá đứt gãy bằng 2 m, 4 m, 6 m, 8 m cùng với các phương án thay đổi độ sâu đặt hầm. Trên cơ sở phân tích vùng phá hủy dẻo kiến nghị lựa chọn khoảng cách ổn định tối thiểu từ phay phá đứt gãy đến gương hầm ứng với các phương án mô phỏng.

**Từ khóa:** Phay phá đứt gãy, phương pháp dự báo trước phay phá, mô phỏng số, ổn định gương hầm

### ABSTRACT:

Constructing a tunnel is one of the most complex challenges in the field of civil engineering, especially great length tunnels, which is often excavated through different types of rock mass even through the faults. During geological survey of tunnelling, we can predict that the tunnel has to be excavated through the faults. However, it is impossible to change the tunnel route in many cases, resulting in risk of instability of tunnel face when the tunnel face excavation approaches the fault. Therefore, study on determining the stability distance from tunnel face to fault is very important for the safety of people and construction machinery equipment. In this study, the authors use Flac<sup>3D</sup> software to simulate fault with the width of 2 m, fault inclination angle of 60°, rectangular tunnel of width × height of 5 × 4 m to excavate through faults. Simulation results of the plastic zone in front of the tunnel face correspond to the distances from tunnel face to the fault of 2 m, 4 m, 6 m, 8 m with different tunnel depths. Based on the analysis of the plastic zone, the authors give suggestions to choose the minimum stable distance from the fault to the tunnel face.

**Keywords:** Fault, Fault prediction method, Numerical simulation, Stability of tunnel face.

Đào viết Đoàn, Nguyễn Xuân Lập, Trường Đại học Mỏ-Địa chất

## Đào viết Đoàn, Nguyễn Xuân Lập

### 1. Đặt vấn đề

Phay phá, đứt gãy là một hiện tượng địa chất liên quan tới các quá trình kiến tạo trong vỏ trái đất. Khi đá bị ngoại lực tác dụng trong đá xuất hiện ứng lực, khi ứng lực vượt quá một giới hạn đá bị biến dạng và phá hủy, trong đó xuất hiện các mặt nứt gọi là các khe nứt, nếu dọc theo các mặt nứt này các khối đá bị nứt ra, dịch chuyển tương đối với nhau thì được gọi là phay phá đứt gãy [2]. Khi thi công các đường hầm xuyên qua phay phá đứt gãy thường phải sử dụng các phương pháp thi công đặc biệt, và như vậy cần phải xác định vị trí gương đường hầm cách phay phá đứt gãy một khoảng cách bằng bao nhiêu thì bắt đầu sử dụng các giải pháp thi công đặc biệt để tránh sập lở đất đá gương hầm vào trong đường hầm gây cản trở quá trình thi công cũng như thiệt hại về người và máy móc thiết bị thi công. Cho đến nay rất khó có thể sử dụng các lời giải lý thuyết hoặc bằng kinh nghiệm để xác định chính xác khoảng cách ổn định từ gương hầm đến phay vì điều kiện biên của mỗi công trình rất phức tạp hay nói cách khác là điều kiện địa kỹ thuật, tính chất phay phá tại mỗi công trình là không như nhau. Cùng với sự phát triển các công cụ tính toán trong lĩnh vực cơ học; cùng với những tiến bộ kỹ thuật, nhận thức mới trong công tác khảo sát, thăm dò địa chất, bài toán nghiên cứu, phân tích mức độ ổn định của khối đất đá ngày càng chú ý được nhiều yếu tố tác động hơn, chính xác hơn khi sử dụng phương pháp số để tiến hành mô phỏng. Bài viết sử dụng phần mềm Flac<sup>3D</sup> mô phỏng đường hầm đào xuyên qua phay phá đứt gãy, phân tích vùng phá hủy dẻo trước gương đào để kiến nghị khoảng cách ổn định an toàn từ gương công trình ngầm đến phay phá đứt gãy. Dựa vào khoảng cách ổn định này để xuất vị trí bắt đầu phải sử dụng các giải pháp thi công đặc biệt khi đào qua phay.

### 2. Các phương pháp dự báo trước phay phá đứt gãy

Hiểm họa do phay phá đứt gãy là một trong những hiểm họa địa chất chính trong khi thi công đường hầm. Việc xác định chính xác loại hình phay phá đứt gãy, vị trí phay phá và quy



mô phỏng, tính chất đất đá trong phay, điều kiện ngập nước trong phay sẽ bảo đảm an toàn trong thi công các đường hầm. Hiện nay có nhiều phương pháp dự báo trước phay phá đứt gãy, bằng dưới đây sẽ tổng hợp giới thiệu, phân tích điều kiện, phạm vi áp dụng và ưu nhược điểm của từng phương pháp:

Bảng 1: Các phương pháp dự báo trước phay phá đứt gãy, phạm vi và điều kiện áp dụng

P.P dự báo trước phay phá	Điều kiện sử dụng	Phạm vi phạm vi	Chuyên môn	Độ chính xác	Tính hạn chế
Điều tra địa chất bề mặt	Có vết lộ địa chất bề mặt	Trong phạm vi 50m dưới bề mặt	Địa chất	Thấp	Có chuyên môn địa chất cao, nhiều kinh nghiệm
P.P dự báo tham số phay phá	Góc nghiêng lớp đá nhỏ hơn 30°, khu vực phân bố lớp nghiêng	Trước gương hầm lớn hơn 100 m	Địa chất	Cao	Có chuyên môn địa chất cao, nhiều kinh nghiệm
P.P địa chấn nông bề mặt (bên ngoài hầm)	Điều kiện mặt bằng bên ngoài cho phép	Trong phạm vi 100 m dưới bề mặt	Thăm dò địa vật lý	Cao	Phân tích kết quả nhiều
P.P điện trở	P.P điện trở trực lưu	Bố trí tuyến dây tránh nhiễu điện	Thăm dò địa vật lý	Trung bình	Phân tích kết quả nhiều
	P.P điện trở mặt độ cao	Bố trí tuyến dây tránh nhiễu điện	Thăm dò địa vật lý	Trung bình	Phân tích kết quả nhiều
	P.P điện trở biến đổi chậm	Hiện trường bề mặt chịu ảnh hưởng của địa hình	Thăm dò địa vật lý	Cao	Phân tích kết quả nhiều
P.P Địa vật lý hồ khoan	Tình trạng đới vỏ vụn, phay phá xung quanh lỗ khoan, bề mặt	Trong phạm vi tính từ bề mặt từ xuống bằng 100 m	Thăm dò địa vật lý	Cao	Phân tích kết quả nhiều
P.P thăm dò địa chấn đường hầm	Mặt gương 50 m	Trước gương đào 200 m	Thăm dò địa vật lý	Cao	Phân tích kết quả nhiều
P.P Vận tốc sóng	Mặt gương từ 30 m - 50 m	Trước gương đào 100 m	Thăm dò địa vật lý	Cao	Phân tích kết quả nhiều
P.P Rada địa chất	Mặt gương	Trước gương đào < 30 m	Thăm dò địa vật lý	Cao	Phân tích kết quả nhiều
P.P Sóng siêu âm trong đất đá	Mặt gương	Trước gương đào < 30 m	Thăm dò địa vật lý	Cao	Phân tích kết quả nhiều
P.P sóng âm ngang	Mặt gương	Trước gương đào < 50 m	Thăm dò địa vật lý	Cao	Phân tích kết quả nhiều
P.P thăm dò hồng ngoại	Mặt gương	Trước gương đào < 50 m	Thăm dò địa vật lý	Cao	Phân tích kết quả nhiều
P.P thăm dò khoan vượt trước	Mặt gương	Trước gương đào < 200 m	Công nhận hiện trường	Cao	Hiệu suất thấp, mức độ khó lớn
P.P thăm dò hầm dẫn trước	Mặt gương	Trước gương < 200 m	Công nhận hiện trường	Cao	Hiệu suất thấp, mức độ khó lớn

Từ bảng trên có thể thấy rằng có rất nhiều phương pháp để dự báo trước phay phá đứt gãy, mỗi phương pháp đều có phạm vi và điều kiện áp dụng chính vì vậy cần lựa chọn phương pháp dự báo cho phù hợp với mỗi công trình cụ thể.

### 3. Xác định khoảng cách ổn định từ gương hầm đến phay bằng phần mềm Flac<sup>3D</sup>

Như chúng ta đã biết khoảng cách ổn định từ gương hầm đến phay phá phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: tính chất của khối đá, tính chất và các tham số kỹ thuật của phay phá, chiều sâu đặt đường hầm, hình dạng và kích thước của đường hầm... Khi nghiên cứu bằng phương pháp số chúng ta có thể khảo sát các ảnh hưởng của các yếu tố nêu trên bằng cách thay đổi một yếu tố ảnh hưởng và cố định các yếu tố khác... Trong nghiên cứu này tác giả chỉ khảo sát ảnh hưởng của chiều sâu đặt hầm đến độ ổn định từ gương hầm đến phay phá còn các điều kiện biên khác như tính chất của khối đá, tính chất và tham số của phay phá, hình dạng kích thước đường hầm được giả thiết cố định theo mô hình được lập sau đây.

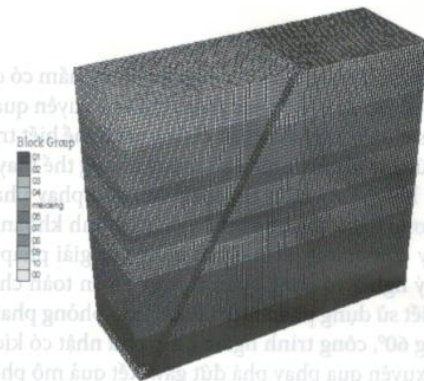
#### 3.1. Lập mô hình mô phỏng và các tham số đầu vào

Mô hình mô phỏng có 11 lớp đất đá chiều dày các lớp theo chiều từ dưới lên trên như sau: 10; 18; 6; 2; 4; 2; 8; 4; 12; 10 và 4m kích thước của mô hình theo các chiều X x Y x Z là 80m x 30m x 80 m, đứt gãy hợp với phương nằm ngang một góc bằng 60°, chiều rộng của phay phá bằng 2 m. Trong vấn đề nghiên cứu này không xét đến ảnh hưởng của hình dạng công trình ngầm đến vùng phá hủy dẻo từ gương hầm đến phay phá nên để đơn giản khi xây dựng lưới mô hình, ta tiến hành khảo sát với hình dạng đường hầm là hình chữ nhật kích thước rộng x cao bằng 5 m x 4 m được để lưu không đào xuyên qua phay phá đứt gãy, khảo sát với 3 phương án chiều sâu đặt hầm đó là 200 m, 400 m và 600 m, trong mỗi phương án khảo sát khoảng cách từ gương đến phay phá bằng 2 m, 4 m, 6 m, 8 m. Mặt trên mô hình đặt tải trọng phân bố đều, tải trọng này chính bằng tải

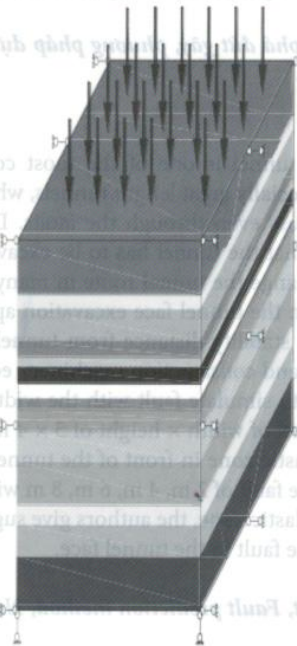
trọng các lớp đất đá phía trên tác dụng lên, trong mô hình giả sử các lớp đất đá phía trên đều có trọng lượng thể tích  $\gamma = \rho \cdot g = 25 \text{ kN/m}^3$  khi đó tải trọng tác dụng lên mặt trên của mô hình là  $q = \gamma Z$ , MPa (Z – Chiều sâu đất công trình), như vậy tải trọng tác dụng lên bề mặt mô hình tương ứng với các độ sâu 200 m, 400 m và 600 m bằng 5MPa, 10MPa và 15MPa. Mặt dưới và hai mặt bên được cố định, mô hình bài toán thể hiện trên hình 1 và 2. Trong mô hình mô phỏng sử dụng tiêu chuẩn phá hủy Mohr-Coulomb.

$$\sigma_s = \sigma_1 - \sigma_3 \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi} + 2c \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi} \quad (1)$$

Trong đó:  $\sigma_1$  – Là ứng suất chính lớn nhất,  $\sigma_3$  – Là ứng suất chính nhỏ nhất,  $c$  – Là lực dính kết,  $\varphi$  – Là góc ma sát trong.



Hình 1. Mô hình lưới 3D được thiết lập để khảo sát



Hình 2. Mô hình phân bố tải trọng và cố định biên



Bảng 2: Bảng tham số cơ học khảo sát của khối đá và phay

Lớp đá	Chiều dày (m)	Mật độ (kg/m <sup>3</sup> )	Mô đun đàn hồi (K/GPa)	Mô đun cắt G (GPa)	Góc ma sát trong $\varphi$ (độ)	Lực dính kết C (MPa)	Độ bền kéo $\sigma_x$ (MPa)
1	4	2500	4.0	2.6	30	5.1	3.5
2	10	2500	4.0	2.6	28	4.1	3.5
3	12	2300	4.0	2.0	30	3.0	2.6
4	4	2500	2.6	1.9	28	2.8	2.9
5	8	2200	1.8	1.0	28	1.5	2.0
6	2	2300	1.8	1.0	25	1.4	1.8
7	4	1400	1.7	1.0	25	1.4	1.8
8	2	2300	2.3	1.3	27	1.8	2.6
9	6	2400	2.7	1.7	30	2.0	2.8
10	18	2400	4.6	2.2	30	4.8	2.9
11	10	2500	4.6	2.2	30	4.8	4.5
Phay	2	1400	1	0.4	15	0.2	0.1

**3.2. Phân tích vùng phá hủy dẻo của kết quả mô phỏng**

Khi khảo sát địa chất ta có thể biết trước được các tính chất và tham số của phay phá như có hay không có bùn nước, góc nghiêng và chiều rộng của phay... ở đây các tính chất cơ lý của phay được thể hiện trên bảng 2 và không xét đến điều kiện có áp lực bùn nước trong phay phá, do vậy khi xuất hiện vùng đàn hồi nằm giữa phay phá với gương thì khoảng cách này có thể coi là khoảng cách an toàn từ gương hầm tới phay.

Các vùng phá hủy dẻo có màu khác nhau với các ý nghĩa như sau: none thể hiện vùng đàn hồi không bị phá hủy, shear-n thể hiện đang phá hủy do cắt, tension-n thể hiện đang phá hủy do kéo, shear-p thể hiện phá hủy do cắt nhưng trước đó từng có tính đàn hồi, tension-p thể hiện phá hủy do kéo nhưng trước đó có tính đàn hồi.

**3.2.1. Vùng phá hủy dẻo với chiều sâu đặt hầm 200 m**

Kết quả mô phỏng vùng phá hủy dẻo xung quanh đường hầm ứng với các khoảng cách từ gương đến phay khi chiều sâu đặt đường hầm 200 m thể hiện trên các hình 3.



a) Khoảng cách từ gương tới phay 2 m b) Khoảng cách từ gương tới phay 4 m



c) Khoảng cách từ gương tới phay 6 m d) Khoảng cách từ gương tới phay 8 m

Hình 3. Vùng phá hủy dẻo trước gương với chiều sâu đặt hầm 200 m

Từ hình 3 có thể thấy rằng sau khi khai đào đường hầm ứng với mỗi khoảng cách từ gương đến phay phá thì kích thước vùng phá hủy dẻo thay đổi, cụ thể tại trường hợp khoảng cách từ gương đến phay phá bằng 2 m thì vùng phá hủy dẻo phát triển rộng nhất và giảm dần khi tăng khoảng cách từ gương đến phay phá. Tại khoảng cách từ gương tới phay nhỏ hơn 4 m thì vùng dẻo phát triển liên thông từ gương tới phay và mở rộng vượt qua phay một khoảng 8 m, như vậy trong trường hợp khi khoảng cách từ gương tới phay < 4 m thì gương hầm sẽ bị mất ổn định và

đất đá trên gương sẽ sập lở vào bên trong đường hầm nếu thi công bằng các phương pháp thông thường. Tại khoảng cách từ gương đến phay phá lớn hơn 6 m ta thấy rằng kích thước vùng phá hủy dẻo tại các vị trí nóc, nền, và trước gương đường hầm gần như bằng nhau, và phần khối đá nằm giữa gương hầm với phay phá cũng đã xuất hiện vùng đàn hồi (vùng đất đá không bị phá hủy) với khoảng cách này gương hầm sẽ ổn định. Như vậy trong trường hợp mô phỏng này khi đào đường hầm xuyên qua phay ta có thể sử dụng các giải pháp đào thông thường đến khi gương cách phay bằng 6 m sau đó sử dụng giải pháp đặc biệt đào qua phay để đảm bảo đất đá trước gương không bị sập lở vào trong không gian thi công gây nguy hiểm cho người và máy móc thiết bị.

**3.2.2. Vùng phá hủy dẻo với chiều sâu đặt hầm 400 m**

Kết quả mô phỏng vùng phá hủy dẻo xung quanh đường hầm ứng với các khoảng cách từ gương đến phay khi chiều sâu đặt đường hầm 400 m thể hiện trên các hình 4.



a) Khoảng cách gương tới phay 2 m b) Khoảng cách gương tới phay 4 m



c) Khoảng cách gương tới phay 6 m d) Khoảng cách gương tới phay 7 m

Hình 4. Vùng phá hủy dẻo trước gương với chiều sâu đặt hầm 400 m

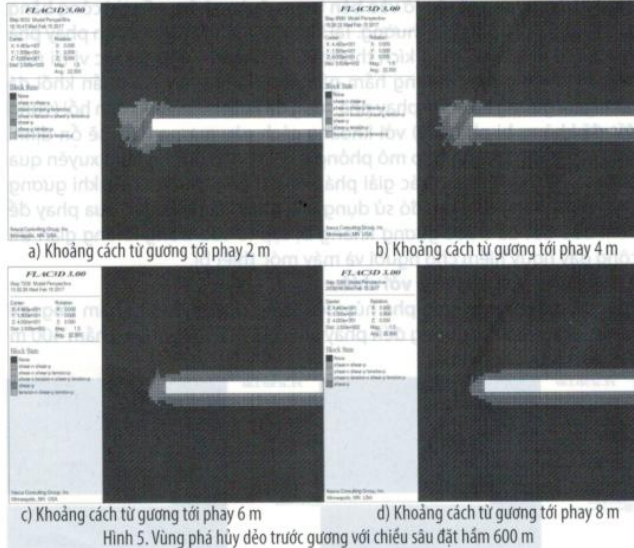
Từ kết quả trên hình 4 ta thấy vùng phá hủy dẻo trên nóc, hông và trước gương đường hầm phát triển mở rộng hơn so với trường hợp độ sâu đặt hầm bằng 200 m, có thể thấy rằng gương hầm càng tiến gần đến phay thì vùng phá hủy dẻo càng phát triển mạnh và mở rộng vào sâu bên trong khối đá phía trước gương. Tại khoảng cách từ gương đến phay nhỏ hơn 4 m vùng phá hủy dẻo liên thông với phay và phát triển mạnh qua phay với kích thước lớn nhất bằng khoảng 12 m, trong khoảng cách này gương hầm không ổn định. Tại khoảng cách từ gương đến phay bằng 6 m vùng phá hủy dẻo phát triển chạm đến phay như vậy tại khoảng cách này gương hầm cũng không ổn định. Tại khoảng cách từ gương tới phay bằng 7 m ta thấy khối đá nằm giữa gương với phay đã xuất hiện vùng đàn hồi không bị phá hủy. Như vậy trong trường hợp đường hầm đặt ở độ sâu 400 m thì khoảng cách an toàn đào bằng phương pháp thông thường cách phay khoảng 7 m.

**3.2.3. Vùng phá hủy dẻo với chiều sâu đặt hầm 600 m**

Kết quả mô phỏng vùng phá hủy dẻo xung quanh đường hầm ứng với các khoảng cách từ gương đến phay khi chiều sâu đặt đường hầm 600 m thể hiện trên các hình 5.

Từ kết quả mô phỏng trên hình 5 ta cũng có thể thấy rằng vùng phá hủy dẻo tiếp tục phát triển mở rộng hơn tại nóc, nền và trước gương đường hầm so với trường hợp hầm đặt ở độ sâu 200 m và 400 m. Điều này được giải thích là khi càng xuống sâu thì áp lực địa tầng càng lớn do vậy kích thước vùng phá hủy dẻo cũng càng lớn. Tại khoảng cách từ gương đến





Hình 5. Vùng phá hủy dẻo trước gương với chiều sâu đặt hầm 600 m

phay nhỏ hơn 6 m thì vùng phá hủy dẻo liên thông với phay, khối đất đá trước gương hầm không ổn định, tại khoảng cách bằng 8 m giữa gương hầm với phay xuất hiện một khoảng nhỏ vùng khối đá đàn hồi không bị phá hủy. Như vậy trong trường hợp này khoảng cách an toàn đào bằng phương pháp thông thường cách phay khoảng 8 m.

#### 4. Kết luận kiến nghị

- Khi thi công đường hầm cần phải sử dụng các phương pháp dự báo trước phay phá đứt gãy để giảm thiểu sự cố có thể xảy ra, hiện nay có rất nhiều phương pháp dự báo trước phay phá đứt gãy nhưng cần phải dựa vào công trình cụ thể để sử dụng phù hợp phương pháp dự báo. Bài viết cũng đã nêu các phương pháp dự báo phay phá đứt gãy và điều kiện phạm vi sử dụng, ưu nhược điểm của từng phương pháp để có thể làm tài liệu tham khảo lựa chọn phương pháp dự báo phay phá đứt gãy trong thi công các đường hầm.

- Từ kết quả mô phỏng với điều kiện đầu vào của bài toán sau khi phân tích vùng phá hủy dẻo trước gương hầm ứng với các khoảng cách từ gương tới phay và thay đổi chiều sâu đặt hầm, ta có thể sơ bộ lựa chọn khoảng cách ổn định tối thiểu từ gương đường hầm tới phay phá đứt gãy như sau: khi đường hầm đặt ở độ sâu 200 m thì khoảng cách này bằng 6 m; đặt ở độ sâu 400 m khoảng cách này bằng 7 m, và đặt tại độ sâu 600 m khoảng cách này bằng 8 m. Như vậy gương hầm cách phay lớn hơn khoảng cách ổn định tối thiểu ta có thể thi công bằng phương pháp thông thường, còn nhỏ hơn hoặc bằng khoảng cách ổn định tối thiểu thì phải áp dụng các giải pháp thi công đặc biệt để đào qua phay. Nhưng để đảm bảo ổn định cho gương hầm cần có một khoảng chiều dày vùng đàn hồi đủ lớn nằm giữa gương hầm với phay phá do vậy kiến nghị có thể tăng các khoảng cách tối thiểu trong các phương án lên từ 3 ÷ 5 m.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đào Viết Đoàn. Nghiên cứu xác định khoảng cách tối thiểu giữa đường lò tới phay phá đứt gãy bằng phương pháp số. Công nghiệp Mỏ số 6 năm 2015.
- [2]. GS.TSKH. Lê Như Lai. Địa chất cấu tạo. NXB Giao thông vận tải, 2010.
- [3]. Chen Yu Min. Cơ sở và các thí dụ công trình thực tế FLAC/FLAC<sup>3D</sup>. Nhà xuất bản thủy điện thủy lợi Trung Quốc (sách tiếng Trung)
- [4]. Peng Wen Bin. Giáo trình thực hành FLAC<sup>3D</sup>. Nhà xuất bản công nghiệp cơ khí (sách tiếng Trung)
- [5]. Itasca (2005). FLAC Fast Lagrangian Analysis of Continua. User's Guide. Third Edition (FLAC Version 3.0) April 2005.

Bảng 5. Bảng tính trạng thái học biến thể của khối đá vỡ phay

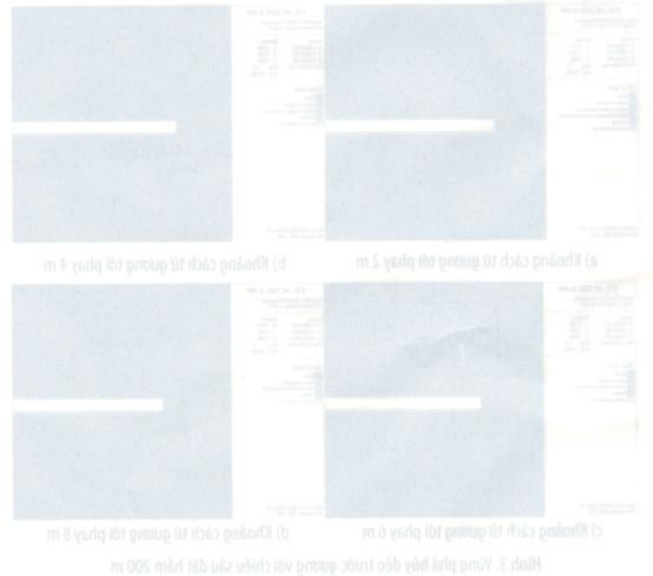
Loại đá (m)	Chiều dày (m)	Mật độ (kg/m <sup>3</sup> )	Mô đun đàn hồi (GPa)	Mô đun cắt (GPa)	Độ giãn nở thể tích (độ)	Ứng suất nén (MPa)	Ứng suất kéo (MPa)
1	1	2500	4.0	2.0	30	2.1	2.5
2	10	2500	4.0	2.0	30	4.1	2.5
3	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
4	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
5	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
6	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
7	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
8	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
9	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
10	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
11	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
12	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
13	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
14	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
15	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
16	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
17	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
18	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
19	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
20	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
21	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
22	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
23	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
24	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
25	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
26	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
27	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
28	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
29	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
30	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
31	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
32	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
33	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
34	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
35	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
36	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
37	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
38	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
39	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
40	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
41	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
42	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
43	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
44	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
45	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
46	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
47	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
48	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
49	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
50	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
51	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
52	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
53	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
54	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
55	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
56	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
57	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
58	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
59	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
60	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
61	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
62	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
63	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
64	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
65	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
66	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
67	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
68	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
69	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
70	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
71	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
72	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
73	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
74	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
75	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
76	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
77	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
78	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
79	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
80	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
81	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
82	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
83	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
84	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
85	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
86	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
87	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
88	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
89	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
90	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
91	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
92	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
93	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
94	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
95	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
96	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
97	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
98	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
99	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5
100	10	2500	4.0	2.0	30	2.0	2.5

#### 3.2. Phân tích vùng phá hủy dẻo của kết cấu mô phỏng

Khi khai sát địa chất ta có thể biết trước các tính chất về tham số của phay phá như có hay không có bùn nước, góc nghiêng và chiều rộng của phay... Ở đây các tính chất cơ lý của phay được thể hiện trên bảng 5 và không xét đến điều kiện áp lực bùn nước trong phay phá, do vậy kết quả phân tích vùng phá hủy dẻo dựa trên các tính chất cơ lý của phay phá và gương thì khoảng cách an toàn từ gương hầm tới phay.

Các vùng phá hủy dẻo có màu khác nhau với các ý nghĩa như sau: none thể hiện vùng đàn hồi không bị phá hủy, shear-n thể hiện dạng phá hủy do cắt, tension-n thể hiện dạng phá hủy do kéo, shear-p thể hiện phá hủy do cắt nhưng trước đó có tính đàn hồi.

3.2.1. Vùng phá hủy dẻo với chiều sâu đặt hầm 200 m  
Kết quả mô phỏng vùng phá hủy dẻo xung quanh gương hầm ứng với các khoảng cách từ gương đến phay khi chiều sâu đặt đường hầm 200 m thể hiện trên các hình 3.



Từ hình 3 có thể thấy rằng sau khi khai đào đường hầm ứng với mỗi khoảng cách từ gương đến phay phá thì kích thước vùng phá hủy dẻo thay đổi, cụ thể tại trường hợp khoảng cách từ gương đến phay phá bằng 5 m thì vùng phá hủy dẻo phát triển rộng nhất và giảm dần khi tăng khoảng cách từ gương đến phay phá. Tại khoảng cách từ gương tới phay phá nhỏ hơn 4 m thì vùng phá hủy dẻo phát triển liên thông từ gương tới phay phá và mở rộng ra phay một khoảng 8 m như vậy trong trường hợp khai đào khoảng cách từ gương tới phay > 4 m thì gương hầm sẽ bị mất ổn định và