



# XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN ĐỘ ỔN ĐỊNH BÃI THẢI KHI XUẤT HIỆN TÁC ĐỘNG CỦA DÒNG NƯỚC MẶT

**ĐOÀN VĂN THANH** - Viện Khoa học Công nghệ Mỏ

**TRẦN ĐÌNH BẢO** - Trường Đại học Mỏ-Địa Chất

Email: trandinhbao@humg.edu.vn

**B**ãi thải Đông Cao Sơn thuộc phường Cẩm Phú, Thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh có tổng diện tích theo quy hoạch được duyệt là 636 ha, với cốt cao đồ thải là +300 m. Các đơn vị tham gia vào quản lý và đổ thải vào bãi thải Đông Cao Sơn gồm Công ty CP Than Cao Sơn-Vinacomin (đất đá mỏ Cao Sơn) đổ khu vực phía Bắc, Công ty CP Than Cọc Sáu-Vinacomin (đất đá mỏ Cọc Sáu) đổ khu vực phía Nam, Công ty CP Than Đèo Nai-Vinacomin (đất đá mỏ Đèo Nai) đổ khu vực Trung tâm.

Theo [2], bãi thải Đông Cao Sơn từ 2016 trở đi chỉ thiết kế cho mỏ than Cọc Sáu đổ, với khối lượng 180 triệu m<sup>3</sup> (giai đoạn 2016+2021). Khi có tác động của dòng nước mặt, nước tác động trực tiếp đến ổn định bãi thải thể hiện dưới 2 dạng: thứ nhất gây thấm ướt đất đá dẫn đến gia tăng khối lượng thể tích và giảm độ kết dính giữa các hạt đất đá tạo nên áp lực đẩy nổi trong khối đá; thứ 2 gây động nước mặt tầng dẫn đến tràn nước sườn tầng gây xói ngầm đất đá trong một hay nhiều sườn tầng. Tùy thuộc vào lượng mưa sau một trận mưa mà mức độ ảnh hưởng khác nhau đến khối đá thải.

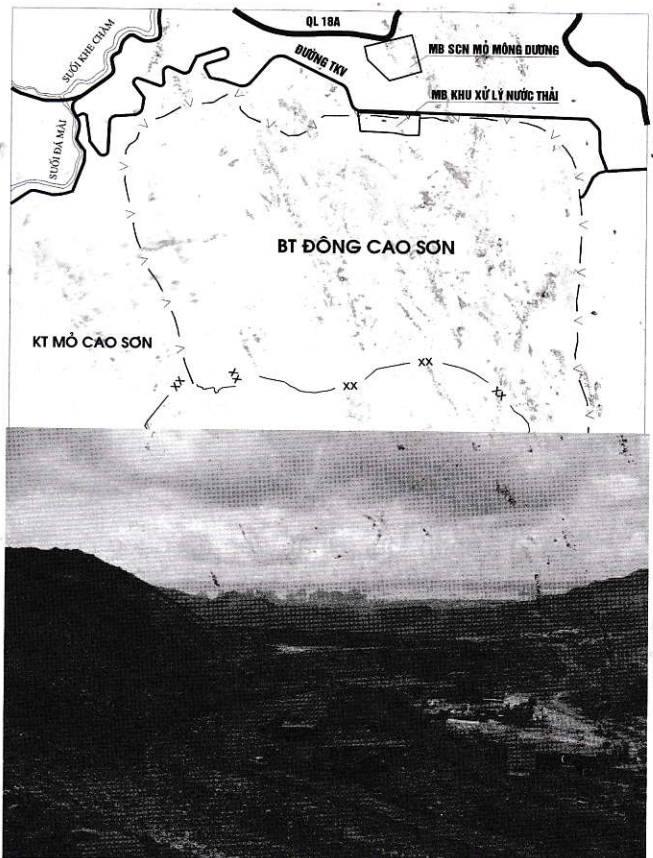
Bên cạnh đó, gần khu vực bãi thải là mặt bằng Sân công nghiệp +48 Công ty TNHH MTV 790-Tổng Công ty Đông Bắc, đường công vụ TKV, mặt bằng mỏ than Mông Dương, quốc lộ 18A và một số công trình khác. Chính vì vậy, việc xác định khoảng cách ảnh hưởng khi có tác động của dòng nước mặt cho bãi thải Đông Cao Sơn là cần thiết. Xác định khoảng cách ảnh hưởng hợp lý sẽ giúp cho các nhà quản lý mỏ cũng như các sở, ban, ngành dễ dàng xử lý các sự cố gây ảnh hưởng tới các công trình xung quanh trong quá trình đổ thải trên các mỏ lộ thiên.

## 1. Đặc điểm hiện trạng và tính chất đất đá thải

### 1.1. Đặc điểm hiện trạng

Địa hình hiện trạng vào cuối tháng 6/2018 trong phạm vi diện tích bãi thải Đông Cao Sơn nhìn

chung là thoải dần về phía Đông Bắc, mức cao nhất +320 ở phía Tây bãi thải, chiều cao tầng thải 30+50 m, chiều cao bãi thải 210+230 m, chiều rộng mặt tầng thải 30+50 m, góc dốc sườn tầng 32+37°. Bãi thải Đông Cao Sơn có địa hình nền nhấp nhô, được cấu tạo bởi đất đá cứng, có nước đọng thành ao hồ trên nền bãi thải và chịu ảnh hưởng của lượng mưa khá lớn. Hiện trạng bãi thải Đông Cao Sơn tính đến cuối tháng 6/2018 thể hiện trên hình H.1.



H.1. Vị trí bãi thải và hiện trạng khu vực Tây-Tây Bắc bãi thải Đông Cao Sơn (6/2018)



**1.2. Đặc điểm tính chất đất đá thải**

Đất đá của bãi thải Đông Cao Sơn là của mỏ Cọc Sáu, Cao Sơn, Đèo Nai. Các loại đá trong địa tầng trầm tích chứa than gồm: cuội kết, sạn kết, cát kết, bột kết, sét kết, sét than.



H.2. Vật liệu đất, đá thải tại bãi thải Đông Cao Sơn



H.3. Hình ảnh sườn dốc bãi thải Đông Cao Sơn

Đất đá được nổ mìn làm tơi trước khi đổ ra bãi thải, thường có độ bền cơ học không cao và lẫn

trong đó một lượng nhỏ đất từ bề mặt của tầng phủ, ước chiếm khoảng 10 % tổng số vật liệu thải. Đất đá thải có nhiều cỡ hạt khác nhau, thay đổi từ dạng hạt bụi đến cát, dăm sạn rồi đến các loại đá cục và đá tảng (hình H.2) [3]. Sự phân bố đất đá trong bãi thải nói chung là không đồng đều. Tuy nhiên, do động năng của các hạt đất đá thải khi rơi xuống từ xe vận chuyển và từ khâu san gạt nên từ mặt bãi thải xuống độ sâu 1,5 m tập trung chủ yếu các loại đá có kích cỡ nhỏ (bụi lắng, cát, dăm sỏi), tỷ lệ các hạt đá có kích thước nhỏ hơn 15 mm chiếm 40-50 %. Dọc theo sườn dốc trở xuống, tỷ lệ các hạt đá có kích thước nhỏ giảm dần, đến khoảng giữa sườn dốc của bãi thải tỷ lệ các hạt đá có kích thước hạt lớn hơn 500 mm chiếm trên 60 %. Những tầng đá có đường kính lớn tập trung ở phía dưới sườn dốc. Khi xuống dưới chân bãi thải các tầng đá to thường lẫn cách chân bãi một khoảng cách nhất định. Khu vực sát chân bãi thường là các loại đá có kích thước lớn hơn 800 mm.

Do quy trình đổ thải là từ trên cao xuống nên đất đá hạt nhỏ thường tập trung ở phía trên, cỡ hạt lớn tập trung dưới chân bãi thải. Những cỡ hạt rất lớn thường lăn xuống dưới chân bãi thải và tách xa chân bãi thải nên tạo cho bề mặt sườn bãi thải dạng lổm vổm với độ dốc trung bình khoảng 30°-40° (hình H.3). Kết quả khảo sát thực tế thành phần cỡ hạt tại các khu vực khác nhau của bãi thải Đông Cao Sơn cho thấy, thành phần cỡ hạt vụn mịn  $D < 100$  mm chiếm trên 60 %, cỡ hạt với  $D > 100$  mm chỉ chiếm 40 %. Kết quả tính xác định tính chất đất đá thải tại bãi thải Đông Cao Sơn được tổng hợp trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả xác định tính chất đất đá thải tại bãi thải Đông Cao Sơn

Tên lớp đất đá thải	Lực dính kết, kPa	Góc nội ma Sét, độ	Dung trọng, g/cm <sup>3</sup>	Độ rỗng, %	Hệ số thấm, m/ng.đ
Lớp mới đổ thải (trên cùng)	125	26	2,20	15,0	97,25
Lớp đổ thải cũ (lớp giữa)	148	30	2,40	14,0	65,25
Lớp đá gốc (lớp dưới cùng)	24.200	34	2,62	-	0,028

**2. Ảnh hưởng của lực thấm đến ổn định sườn tầng thải**

Nước mưa ngấm xuống bãi thải sẽ:

- > Bốc thoát hơi ra không khí dưới tác động của nắng và gió;
- > Ngấm vào bên trong các hạt đất đá, lấp kín các lỗ rỗng. Lượng nước này không đáng kể, chỉ thoát ra khi bị nung nóng;
- > Lưu thông tự do trong khoảng rỗng giữa các tầng, hạt đất đá và tự chảy về phía có địa hình thấp hơn (theo phương nằm ngang) do tác động của trọng lực ra khỏi bãi thải dưới dạng xuất lộ, lượng

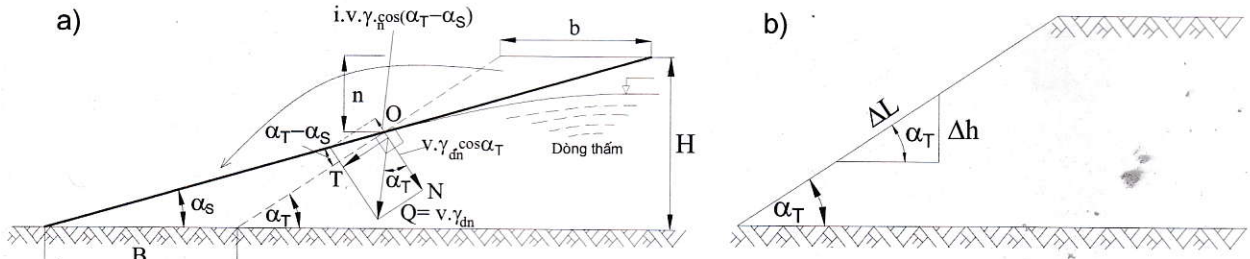
nước này rất lớn, một phần nhỏ chảy qua các khe nứt tầng đá gốc.

Đất đá cũng như các dạng vật thể khác khi bị nước nhấn chìm chúng sẽ bị mất trọng lượng. Đất đá thải bao gồm cát, sạn sỏi, cuội và đá dăm,... đều có trị số lỗ rỗng rất lớn. Do đó, khi đất đá bị sũng nước, thì các lỗ rỗng của chúng hoàn toàn bị lấp đầy nước. Nước chứa trong các khe nứt sẽ dẫn đến hiện tượng xói ngầm. Quá trình lôi cuốn các hạt đất đá và rửa trôi đất đá có tính hòa tan dưới tác dụng của nước dưới đất, sau đó gây ra hiện tượng sụt lún bề mặt.



Với sườn tầng thải là mái đất đá rời, khi ở trạng thái khô hoàn toàn hoặc sũng nước, chỉ cần các hạt đất ở mái dốc duy trì được sự ổn định của sườn tầng thải. Nhưng, khi mực nước ngầm đột

nhiên dâng cao, thì sẽ có hiện tượng nước thấm từ trong bãi thải ra và áp lực thủy động do dòng nước thấm sinh ra sẽ lôi theo hạt đất, làm cho sườn tầng thải mất ổn định [1], [4].



H.4. Sơ đồ thể hiện áp lực của nước tác động đến sườn dốc bãi thải

Xét một khối đất đá phân tố O trên sườn dốc, nơi dòng thấm chảy thoát ra ngoài như hình H.4a. Khi sườn dốc có tồn tại dòng thấm thì ở chỗ đường dòng đi ra thì giá trị lực thấm sẽ bằng:

$$J = \gamma_n \cdot i = \gamma_n \cdot \sin \alpha_S \quad (1)$$

Lúc đó phân tố đất với thể tích V ngoài trọng lượng bản thân còn chịu tác dụng lực thấm J làm gia tăng lực gây trượt đối với phân tố đất, tức là làm tăng khả năng mất ổn định của phân tố. Lúc đó hệ số ổn định của sườn tầng thải sẽ là:

$$K = \frac{[V \cdot \gamma_{dn} \cdot \cos \alpha_T - i \cdot \gamma_n \cdot v \cdot \sin(\alpha_T - \alpha_S)] \cdot \text{tg} \varphi}{V \cdot \gamma_{dn} \cdot \sin \alpha + i \cdot \gamma_n \cdot v \cdot \cos(\alpha_T - \alpha_S)} \quad (2)$$

Trong đó:  $K = (\text{Lực chống trượt} / \text{Lực gây trượt})$ ;  $\gamma_{dn}$  - Trọng lượng riêng đầy nổi của đất đá,  $t/m^3$ ;  $\gamma_n$  - Trọng lượng riêng của nước,  $t/m^3$ ;  $\varphi$  - Góc nội ma sát, độ;  $\alpha_T$  - Góc dốc trước biến dạng, độ;  $\alpha_S$  - Góc dốc sau biến dạng, độ.

Nếu đường dòng nước đi men theo mái dốc sườn tầng thải thì  $\alpha_T = \alpha_S$  và do đó  $i = \Delta h / \Delta L = \sin \alpha$  (hình H.4.b, trong đó  $\Delta h$  là độ chênh cột nước áp

lực và  $\Delta L$  là độ dài đường thấm) thì công thức (2) trở thành:

$$K = \frac{\gamma_{dn} \cdot \cos \alpha_T \cdot \text{tg} \varphi}{\gamma_{dn} \cdot \sin \alpha_T + \gamma_n \cdot \sin \alpha} = \frac{\gamma_{dn} \cdot \cos \alpha_T \cdot \text{tg} \varphi}{(\gamma_{dn} + \gamma_n) \cdot \sin \alpha} = \frac{\gamma_{dn}}{(\gamma_{dn} + \gamma_n)} \cdot \frac{\text{tg} \varphi}{\text{tg} \alpha} \quad (3)$$

Với  $[\gamma_{dn} / (\gamma_{dn} + \gamma_n)] \approx 0,5$ .

Từ công thức (3), thấy rằng sườn dốc khi có dòng thấm sẽ kém ổn định hơn khi không có dòng thấm, hệ số ổn định K sẽ giảm thấp khoảng 1/2 lần. Như thế có nghĩa là khi không có dòng thấm chỉ cần  $\alpha \leq \varphi$  là sườn tầng thải ổn định, còn khi có dòng thấm thì yêu cầu sườn tầng thải phải thoải hơn, tức là  $\alpha < \arctg(0,5 \text{tg} \varphi)$  mới đảm bảo ổn định. Như vậy, khi có dòng thấm thì góc dốc sườn bãi thải sẽ giảm từ  $\alpha_S = \varphi + \arctg(0,5 \text{tg} \varphi)$ . Với góc dốc sườn bãi thải ở trạng thái ổn định,  $\alpha_T = \varphi = 23^\circ$ , thì góc dốc sườn bãi thải khi có dòng thấm phụ thuộc vào áp lực thủy động của dòng nước  $\alpha_S = 12 + 23^\circ$ .

Bảng 2. Một số chỉ số cơ lý đất đá khi có tác động của dòng nước mặt tại bãi thải Đông Cao Sơn

Số	Lực dính kết, kPa	Góc nội ma sát, độ	Dung trọng, g/cm <sup>3</sup>	Độ rỗng %	Tỷ lệ kích thước cỡ hạt, mm		Hệ số thấm, m/ng.đ
					d < 100	d > 100	
1	125	26	2,20	15,0	60	40	97,25
2	95	24	2,24	14,5	60	40	97,25
3	65	22	2,29	14,2	60	40	97,25
4	35	20	2,32	14,0	60	40	97,25
5	19	18	2,37	13,5	60	40	97,25
6	5	16	2,42	13,0	60	40	97,25

### 3. Xây dựng mô hình tính toán ổn định bãi thải khi xuất hiện tác động của dòng nước mặt

Việc tính toán độ ổn định bãi thải được thực hiện bằng phần mềm Geoslope. Trong đó, mối tương quan đó được biểu thị bằng biểu thức:

$$N = (R/D) \quad (4)$$

Trong đó: n - Hệ số ổn định; R - Lực giữ, tấn; D - Lực đẩy, tấn.

Với dữ liệu đầu vào cho chương trình: khối lượng riêng của đất đá  $\gamma$  ( $t/m^3$ ), lực tương tác dính

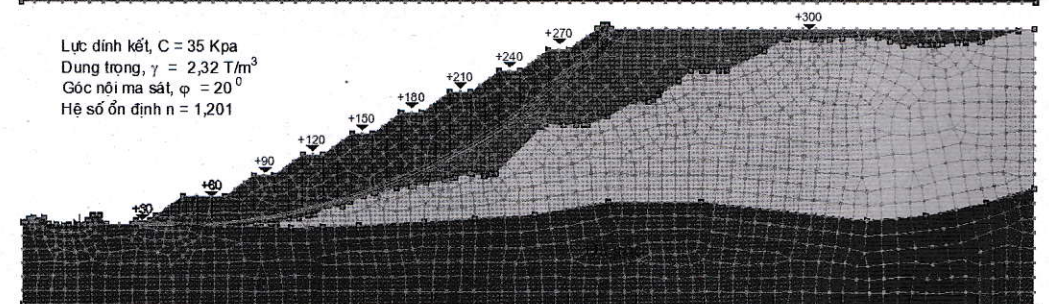
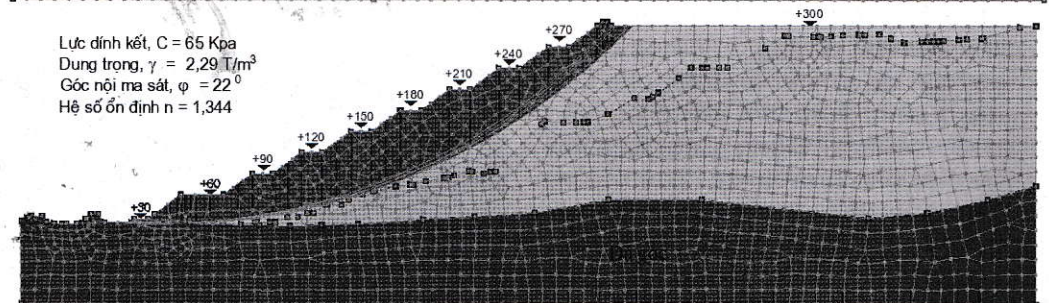
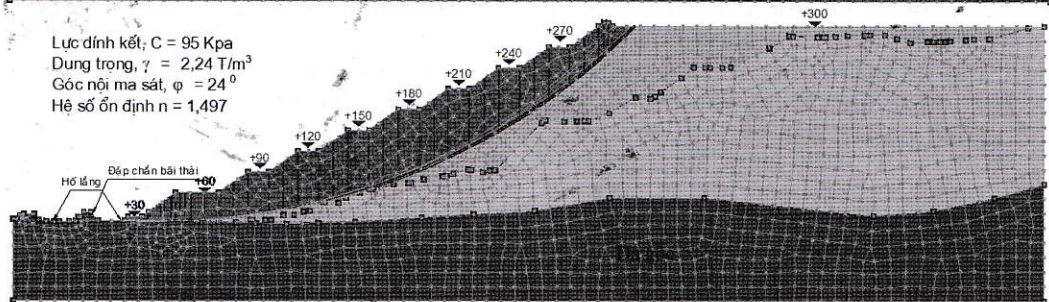
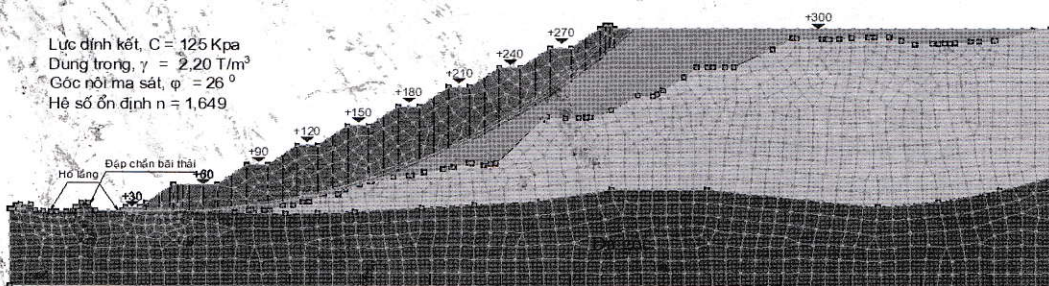


kết trong của đất đá C ( $T/m^2$ ) và góc ma sát trong của đất đá thải  $\varphi$  (độ). Kết quả tính toán được xem xét trong điều kiện bình thường với lực dính kết của đất theo hiện trạng bãi thải đang tồn tại (Bảng-1) và trong điều kiện đất đá thải bị mất lực

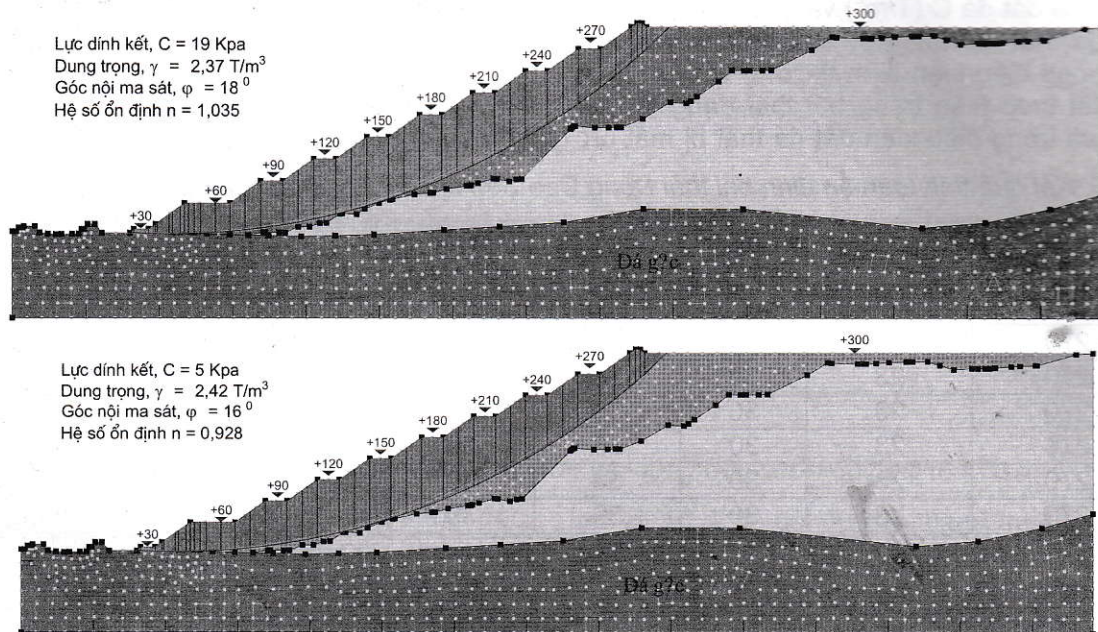
dính kết do chịu tác động của dòng nước mặt (Bảng 2). Kết quả xây dựng mô hình tính toán độ ổn định sườn dốc bãi thải theo điều kiện bình thường và khi có tác động của dòng nước mặt thể hiện trong Bảng 3 và Hình H.5.

Bảng 3. Kết quả tính toán ổn định bãi thải Đông Cao Sơn khi có tác động của dòng nước mặt

N <sup>o</sup>	Chiều cao bờ bãi thải, m	Góc dốc bãi thải, độ	Chiều cao tầng thải, m	Góc dốc sườn tầng thải, độ	Chiều rộng mặt tầng thải	Lực dính kết, kPa	Hệ số ổn định, n	Ghi chú
1	270	23	30	36	30	125	1,649	Ổn định
2	270	23	30	36	30	95	1,497	Ổn định
3	270	23	30	36	30	65	1,344	Ổn định
4	270	23	30	36	30	35	1,201	Ổn định
5	270	23	30	36	30	19	1,035	Ổn định
6	270	23	30	36	30	5	0,928	Không ổn định







H.5. Kết quả tính toán ổn định bờ mỏ bằng phần mềm Geoslope cho bãi thải Đông Cao Sơn khi có tác động của dòng nước mặt

Kết quả tính toán trong Bảng 3 và hình H.5 cho thấy, trong điều kiện bình thường lực dính kết  $C=125 \text{ kPa}$  góc dốc sườn bãi thải  $\alpha=22^\circ+23^\circ$ , hệ số ổn định bãi thải  $n=1,649$  bãi thải ở trạng thái ổn định. Dưới tác động của dòng nước mặt, theo thời gian, đất đá bị trương nở làm mất lực dính kết  $C=125\pm 5 \text{ kPa}$ , khi đó hệ số ổn định bãi thải giảm xuống  $n=1,649\pm 0,928$ .

**4. Kết luận**

Theo kế hoạch khai thác, bãi thải Đông Cao Sơn sẽ tiếp tục đổ thải đến mức +300 m. Trong khi đó, khí hậu ngày càng biến đổi phức tạp, các trận mưa, lũ có xu thế kéo dài nhiều ngày với vũ lượng lớn. Khi đất đá thải bão hòa nước sẽ làm tăng nguy cơ sạt lở và mất an toàn cho các công trình xung quanh. Nếu đổ thải theo các thông số thiết kế, bãi thải Đông Cao Sơn ổn định trong trạng thái bão hòa nước. Tuy nhiên, khi trạng thái bão hòa nước hoàn toàn ( $C=0\pm 5 \text{ kPa}$ ) tồn tại trong khoảng thời gian dài thì hiện tượng trượt lở hoàn toàn xảy ra, khi đó bãi thải không ổn định. □

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Cao Văn Chí, Trịnh Văn Cường (2003), “Cơ học đất”, Nhà xuất bản Xây dựng.
2. Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư mỏ và Công nghiệp - Vinacomin (2015), Phương án khai thác hợp lý 3 mỏ Cọc Sáu-Đèo Nai-Cao Sơn.
3. Nghiên cứu sử dụng vật liệu đất đá thải tại các mỏ than ở Cẩm Phả-Quảng Ninh và khả năng

sử dụng chúng trong xây dựng đường ô tô. Trường Đại học Giao thông vận tải (2015),

4. Демин А.М. (1981). Закономерности проявления деформаций откосов в карьерах.

**Ngày nhận bài:** 14/06/2018

**Ngày gửi phản biện:** 16/09/2018

**Ngày nhận phản biện:** 20/02/2019

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 10/04/2019

**Từ khóa:** điều kiện khí hậu, mưa, lũ, đất đá thải bão hòa nước; nguy cơ sạt lở; mất an toàn; tính chất cơ lý; các dạng trượt lở; mô hình tính toán ổn định bãi thải; tác động của dòng nước mặt

**SUMMARY**

In increasing complicated climate conditions, rain and flood events tend to last many days in large quantities. Sludge soil saturated with water will increase the risk of landslides and unsafe for surrounding structures. Basing on assessing and supplementing the physico-mechanical properties of waste rock and soil, the influencing factors, the article determines landslide forms, thereby forming a stable calculation model of waste dumps under the impact of the stream appears surface water for Đông Cao Sơn landfill.