



**TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC**

# **KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG**

**Hà Nội, 11 - 11 - 2022**

**ERSD 2022**



**NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI**

Nghiên cứu quá trình vận chuyển đồng vị phóng xạ từ đất lên rau muống tại khu vực mỏ đất hiếm Mường Hum, Bát Xát, Lào Cai <i>Nguyễn Văn Dũng, Nguyễn Thị Thu Trang, Vũ Thị Lan Anh, Đào Đình Thuần</i> .....	456
Đánh giá mức độ ô nhiễm nước mặt sông Thái Bình đoạn chảy qua tỉnh Hải Dương bằng công nghệ GIS và tư liệu ảnh viễn thám <i>Nguyễn Thị Ánh Nguyệt, Vũ Mạnh Tường, Nguyễn Quốc Phi, Vũ Thị Phương Thảo, Nguyễn Thị Cúc</i> .....	464
Đánh giá giá trị kinh tế tài nguyên khoáng sản đồng khu vực Tả Phời, Lào Cai <i>Nguyễn Phương, Nguyễn Phương Đông, Vũ Thị Lan Anh, Nguyễn Thị Cúc, Hoàng Hải Yến, Nguyễn Phúc Tú</i> .....	474
Thành phần cơ giới đất và hàm lượng mùn trong một số loại đất canh tác nông nghiệp và đất rừng ở huyện Pắc Nặm, tỉnh Bắc Kạn <i>Vũ Thị Phương Thảo, Nguyễn Đức Thành, Phạm Duy Trung, Nguyễn Quốc Phi</i> .....	481
Đánh giá ảnh hưởng của động đất đến khả năng xuất hiện trượt lở tại khu vực hồ chứa thủy điện Lai Châu <i>Phạm Văn Tiền, Phạm Thế Truyền, Trần Văn Phong, Trần Trung Hiếu, Nguyễn Quốc Phi, Nguyễn Văn Dương, Hà Thị Giang</i> .....	486
Đánh giá hiện trạng môi trường phóng xạ khu vực Pom Lâu - Châu Bình và giải pháp phòng ngừa <i>Nguyễn Phương Đông, Nguyễn Phương, Trịnh Đình Huấn, Hoàng Hải Yến, Đào Hồng Phong, Bùi Văn Thế</i> .....	493
Nghiên cứu đánh giá hiệu quả kinh tế - môi trường và tiềm năng điện gió tại Việt Nam <i>Nguyễn Phương Đông, Trần Thị Ngọc, Vũ Tuấn Minh</i> .....	500
Dự báo nhu cầu sử dụng nước và xu thế biến động tài nguyên nước tỉnh Cao Bằng <i>Nguyễn Thị Hòa</i> .....	505
Đánh giá hiện trạng tai biến địa chất khu vực huyện Nguyên Bình, tỉnh Cao Bằng sử dụng các nguồn dữ liệu mở <i>Nguyễn Thị Hòa, Nguyễn Quốc Phi, Phạm Đình Mạnh</i> .....	511
Nghiên cứu khả năng loại bỏ ô nhiễm hữu cơ và vi sinh trong nước thải dệt nhuộm bằng than hoạt tính tổng hợp từ lá tre <i>Trần Thị Thu Hương, Trần Thị Thanh Thủy, Trần Anh Quân, Trần Thị Kim Hà</i> .....	516
Nghiên cứu tổng hợp vật liệu xúc tác quang nano TiO <sub>2</sub> biến tính nguyên tố đất hiếm ứng dụng cho việc xử lý Cu <sup>2+</sup> trong nước <i>Nguyễn Hoàng Nam, Đặng Thị Ngọc Thủy, Nguyễn Mạnh Hà, Trần Thị Ngọc, Nguyễn Thị Hồng</i> .....	522
Hiện trạng và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả công tác quản lý chất thải nguy hại trên địa bàn tỉnh Khánh Hoà <i>Trần Thị Ngọc, Nguyễn Thị Hồng, Đào Trung Thành, Vũ Ngọc Quân</i> .....	529
Mô hình số ảo xây dựng bằng phương pháp trắc lượng từ camera chuyên động, hướng đi cho bảo tồn di sản văn hóa Việt Nam <i>Hạ Phú Thịnh, Hạ Quang Hưng</i> .....	534
Mô phỏng khối trượt lớn gây ra do mưa tại hồ chứa nước Vạn Hội, tỉnh Bình Định <i>Phạm Văn Tiền, Lê Hồng Lượng, Trần Thanh Nhân, Đào Minh Đức, Nguyễn Quốc Phi, Nguyễn</i>	

<i>Châu Lâm, Đinh Thị Quỳnh, Trần Trung Hiếu, Nguyễn Đức Anh, Trần Nguyễn Hữu Nguyên, Nguyễn Thị Mai Hương</i> .....	539
Áp dụng hệ thống quản lý an toàn và đánh giá rủi ro trong khai thác đá lộ thiên <i>Nguyễn Đình An, Trần Đình Bảo, Phạm Văn Hòa, Trần Quang Hiếu, Đỗ Ngọc Hoàn, Nguyễn Anh Thơ</i> .....	545
Xác định kích thước chiều rộng mặt tầng công tác khi chuyển tải đất đá bằng năng lượng nổ mìn trong công tác bạt ngọt núi <i>Trần Đình Bảo, Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Việt, Nguyễn Đình An, Lê Thị Thu Hoa, Vũ Đình Trọng</i> .....	553
Xây dựng quy trình nhận diện mối nguy và đánh giá rủi ro an toàn lao động trong hoạt động khai thác đá vật liệu xây dựng công suất nhỏ <i>Đỗ Ngọc Hoàn, Lê Thị Thu Hoa, Nguyễn Anh Thơ, Nguyễn Đình An, Trần Quang Hiếu, Phạm Văn Việt, Lê Quý Thảo, Phonepaserth Soukhanouvang</i> .....	561
Nghiên cứu lựa chọn phương án đóng cửa mỏ phù hợp cho các mỏ than lộ thiên vùng Hòn Gai, Quảng Ninh <i>Đoàn Văn Thanh, Trần Đình Bảo, Lê Bá Phúc, Đỗ Văn Triều, Nguyễn Đình An, Vũ Đình Trọng</i> .....	568
Phân tích ổn định bờ mỏ bằng thuật toán ngẫu nhiên và tính toán ổn định các khối bằng neo: áp dụng cho mỏ than Khe Sim, Quảng Ninh <i>Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Việt, Phạm Văn Hòa</i> .....	575
Xác định chỉ tiêu thuốc nổ phù hợp trong khai thác đá làm VLXD trên địa bàn tỉnh Hà Nam <i>Nguyễn Anh Tuấn, Phạm Văn Hòa, Lê Văn Quyển, Phạm Văn Việt, Trần Đình Bảo, Trần Quang Hiếu, Nguyễn Đình An, Lê Thị Thu Hoa, Nguyễn Duyên Phong, Khương Thế Hùng</i> .....	588
Đánh giá khả năng cưa đá granit bằng máy cưa đĩa qua ứng dụng phương pháp quyết định nhiều tiêu chí PROMETHEE <i>Phạm Văn Việt, Nguyễn Anh Tuấn, Trần Đình Bảo, Trần Hữu Trọng</i> .....	602
Nghiên cứu ứng dụng mô phỏng số cho dự báo các tai biến địa kỹ thuật trong khai thác mỏ hầm lò Việt Nam <i>Lê Tiến Dũng, Đào Văn Chi</i> .....	609
Nghiên cứu nâng cao hiệu quả nổ mìn khi thi công các đường lò lưu không tại mỏ Vi Kẽm, Lào Cai <i>Vũ Thái Tiến Dũng, Vũ Trung Tiến, Lê Tiến Dũng</i> .....	615
Nghiên cứu đề xuất giải pháp tổ chức sản xuất khi khai thác lò chợ cơ giới hóa vỉa 7 trong điều kiện địa chất đặc thù mỏ than Hà Lâm <i>Phạm Đức Hưng</i> .....	625
Nghiên cứu xác định ranh giới ảnh hưởng của khai thác lò chợ 31104 vỉa 11- Công ty cổ phần than Núi Béo <i>Phạm Đức Hưng, Bùi Thị Thu Thủy, Đỗ Anh Sơn, Lê Tiến Dũng, Vũ Trung Tiến, Nguyễn Cao Khải</i> .....	631
Đánh giá hiệu quả khai thác lò chợ xiên chéo bằng giàn ZRY tại Công ty 35 - Chi nhánh Tổng công ty Đông Bắc <i>Nguyễn Cao Khải, Nguyễn Phi Hùng, Phạm Đức Hưng, Lương Xuân Thành</i> .....	637

## Mô phỏng khối trượt lớn gây ra do mưa tại hồ chứa nước Vạn Hội, tỉnh Bình Định

Phạm Văn Tiền<sup>1,2,\*</sup>, Lê Hồng Lượng<sup>3</sup>, Trần Thanh Nhân<sup>4</sup>, Đào Minh Đức<sup>1</sup>, Nguyễn Quốc Phi<sup>5</sup>,  
Nguyễn Châu Lâm<sup>6</sup>, Đinh Thị Quỳnh<sup>2</sup>, Trần Trung Hiếu<sup>1</sup>, Nguyễn Đức Anh<sup>1</sup>,  
Trần Nguyễn Hữu Nguyên<sup>4</sup>, Nguyễn Thị Mai Hương<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Viện Địa chất – Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

<sup>2</sup> Viện Địa công nghệ và môi trường, Tổng hội Địa chất

<sup>3</sup> Viện Khoa học và công nghệ Giao thông vận tải

<sup>4</sup> Trường Đại học khoa học – Đại học Huế

<sup>5</sup> Trường Đại học Mở - Địa chất

<sup>6</sup> Trường Đại học giao thông vận tải

---

### TÓM TẮT

Trượt lở là một trong những tai biến địa chất phổ biến xuất hiện ở các khu vực đồi núi gây ra nhiều thiệt hại về kinh tế và sinh mạng con người. Tại Việt Nam, trượt lở đã xảy ra tại một số khu vực hồ chứa nước gây ảnh hưởng tới an toàn công trình hồ và đập. Bài báo này trình bày kết quả mô phỏng khối trượt lớn gây ra do mưa tại hồ chứa nước Vạn Hội, xã Ân Tín, huyện Hoài Ân, tỉnh Bình Định sử dụng thiết bị cắt vòng (ICL-2) và mô hình máy tính LS-RAPID. Kết quả thí nghiệm cắt vòng trên mẫu đất S1 cho thấy, sự gia tăng của áp lực nước lỗ rỗng hình thành do mưa lớn là nguyên nhân chính gây ra trượt lở mái dốc tại hồ chứa nước Vạn Hội. Trong thí nghiệm này, hệ số áp lực nước lỗ rỗng gây ra trượt lở là  $r_1=0.63$ , đây là giá trị tối hạn được sử dụng để mô phỏng khối trượt lớn tại hồ Vạn Hội gây ra do mưa trong phần mềm LS-RAPID. Việc mô phỏng thành công toàn bộ quá trình hình thành và dịch chuyển của khối trượt lớn sử dụng chương trình tích hợp của thiết bị cắt vòng và mô hình LS-RAPID có ý nghĩa thực tiễn trong việc đánh giá nguy cơ và rủi ro trượt lở xảy ra tại Việt Nam.

*Từ khóa:* Trượt lở; mưa; áp lực nước lỗ rỗng; thiết bị cắt vòng; mô hình LS-RAPID.

---

### 1. Đặt vấn đề

Trượt lở ở khu vực hồ và đập chứa nước (tạm gọi là trượt lở hồ đập) nói đến sự trượt của các mái dốc vào trong khối nước lòng hồ, hiện tượng này xuất hiện ở thượng lưu hoặc vùng lân cận các hồ chứa nước. Trượt lở hồ đập thường gây ra do việc tích nước với thể tích lớn, hoặc do sự rút nước đột ngột, do mưa, động đất hoặc sự kết hợp của các nhân tố đã đề cập. Trượt lở hồ đập không chỉ gây ra các mối đe dọa tới con người và cơ sở hạ tầng xung quanh hồ chứa nước, mà nó còn có thể phát sinh ra các tai biến thứ cấp, như (1) sự chảy tràn của đập do sóng nước phát sinh bởi sự trượt lở; (2) vỡ đập và lũ ở hạ lưu; (3) sự giảm khả năng tích trữ của hồ (Costa và Schuster, 1987). Đã có nhiều thảm họa trượt lở hồ đập đã được báo cáo trên thế giới, ví dụ như thảm họa trượt lở gây ra sóng thần trong hồ Vajont lấy đi khoảng 2.000 sinh mạng ở Italy năm 1963 (Iqbal và nnk, 2017); và thảm họa trượt lở Qianjiangping gây sóng thần trên hồ Tam Hiệp, Trung Quốc làm chết 24 người năm 2003 (Jian và nnk, 2014).

Việt Nam có khoảng 640 đập kích thước trung bình đến lớn trong tổng số hơn 7.000 hồ và đập chứa nước, là một trong những nơi có hệ thống đập lớn nhất trên thế giới (Amos và nnk, 2017). Theo thống kê của nhóm tác giả, trượt lở đã xảy ra tại một số khu vực hồ chứa nước trên cả nước, như tại hồ thủy điện Hòa Bình, hồ thủy điện Bán Vẽ, hồ thủy điện Nậm Non, hồ thủy điện Bán Ang, hồ thủy điện Hương Điền, hồ chứa nước Vạn Hội và hồ chứa nước Cửa Đạt. Mặc dù vậy, chưa có nhiều nghiên cứu về hiện tượng này, đặc biệt là thử nghiệm vật lý và mô hình số trượt lở gây ra bởi sự gia tăng áp lực nước lỗ rỗng hình thành do mưa lớn. Trong bài báo này, kết quả nghiên cứu sơ bộ mô phỏng khối trượt lớn gây ra do mưa tại hồ chứa nước Vạn Hội, tỉnh Bình Định được trình bày.

### 1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu

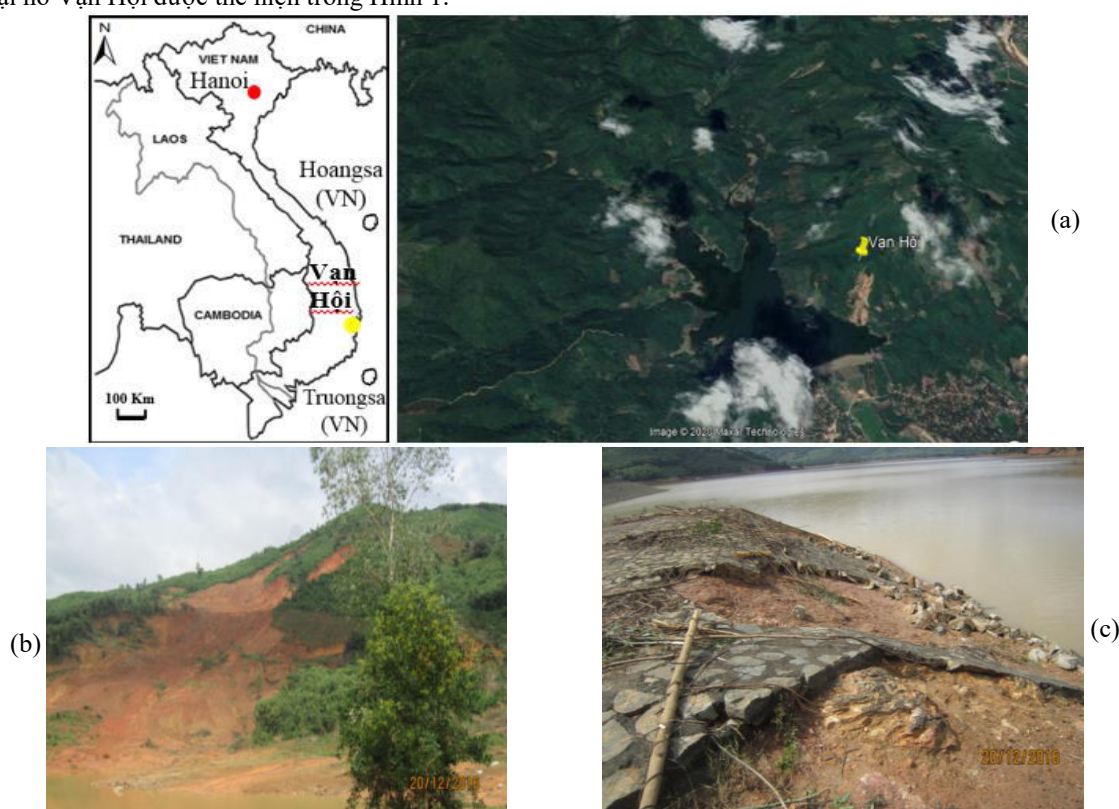
Hồ Vạn Hội xây dựng trên suối Cái - là một nhánh nhỏ của sông An Lão, có dung tích thiết kế 14,5 triệu m<sup>3</sup> nước, được chính thức đưa vào vận hành từ năm 2003. Vị trí công trình tại thôn Vạn Hội, xã Ân Tín,

\* Tác giả liên hệ

Email: phamtiengvt@gmail.com

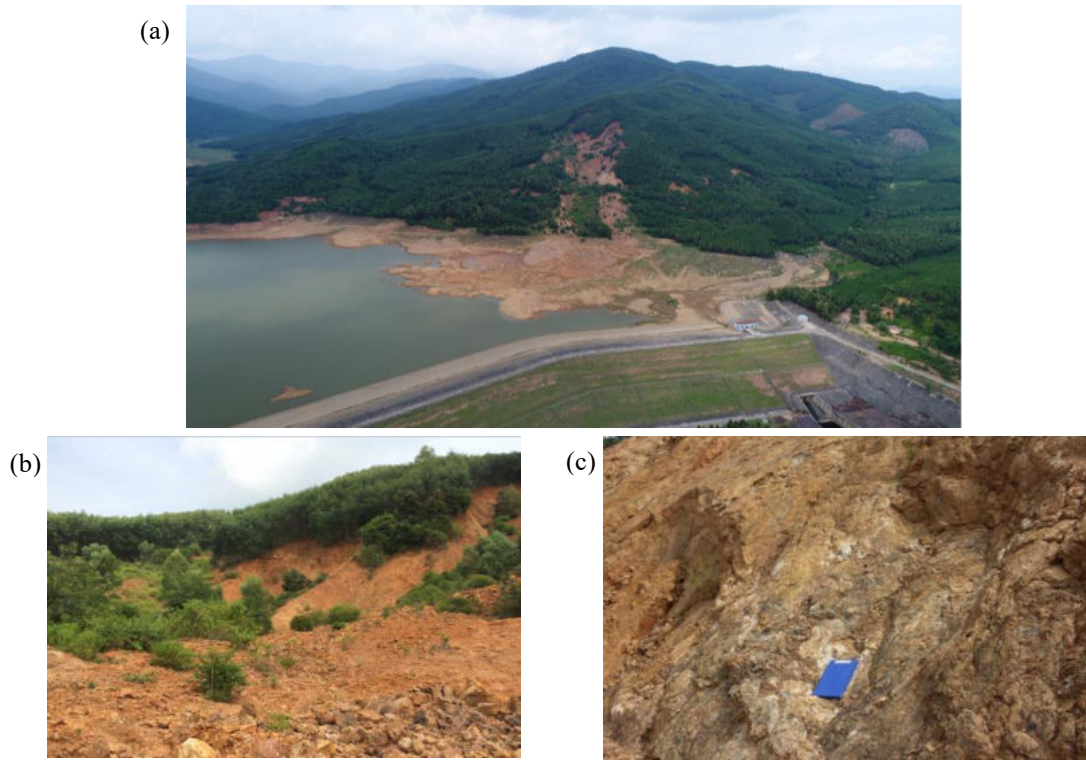
huyện Hoài Ân, tỉnh Bình Định, nằm cách T.P Quy Nhơn về phía Tây Bắc 100 km và cách cầu Bồng Sơn trên Quốc lộ 1A về phía Tây 20 km. Diện tích lưu vực của hồ chứa nước là 38 km<sup>2</sup>. Hồ chứa nước có nhiệm vụ tưới nước cho 1.100 ha diện tích đất nông nghiệp của huyện Hoài Ân và bổ sung khoảng 5,0 triệu mét khối nước cho hệ thống đập Lại Giang phục vụ tưới 1.006 ha vào vụ Hè Thu và Đông Xuân.

Do ảnh hưởng của không khí lạnh kết hợp với nhiễu động gió đông, từ ngày 12 đến ngày 17/12/2016 trên địa bàn tỉnh Bình Định xuất hiện đợt mưa lớn. Vào khoảng 05 giờ sáng, ngày 16/12/2016, tại hồ chứa nước Vạn Hội mưa lớn và kéo dài đã làm xuất hiện hiện tượng trượt lở tại một số vị trí, trong đó có khối trượt lở quy mô lớn nằm trên mái dốc thượng lưu bờ trái đập (Tien và nnk, 2021). Vị trí trượt lở cách cửa tràn xả lũ khoảng 300 m. Khối trượt đã gây ra một tiếng nổ lớn, tạo nên cột sóng nước cao khoảng 15-20 m tràn qua đỉnh đập và nhà quản lý vận hành. Sóng nước va vào đập và tràn xả lũ đã làm hỏng toàn bộ công trực, phai phụ, lan can và hỏng hoàn toàn đường ống dẫn dầu thủy lực cửa tràn số 03, làm cửa tràn đóng sập xuống không kéo lên được. Khi đó cửa tràn số 01 và số 02 đang mở điều tiết nhưng không vận hành mở thêm được. Bên cạnh đó, hệ thống đường dây điện phía hạ lưu đập bị hỏng hoàn toàn 400 m dây, đổ gãy hoàn toàn 02 trụ và nứt gãy 05 trụ (trong đó có trụ tại trạm hạ thế). Sự cố trượt lở gây sóng thần này không chỉ gây ra thiệt hại công trình rất lớn về kinh tế mà còn làm ảnh hưởng tới quá trình vận hành của hồ chứa nước Vạn Hội. Vị trí khu vực nghiên cứu, hình ảnh khối trượt lớn và hình ảnh phá hoại công trình tại hồ Vạn Hội được thể hiện trong Hình 1.



Hình 1. (a) Vị trí khu vực nghiên cứu và ảnh Google Earth của hồ Vạn Hội, (b) Hình ảnh khối trượt lớn gây sóng thần, và (c) Phá hoại bờ kè hồ Vạn Hội, (Ảnh được cung cấp từ Viện Đào tạo và Khoa học ứng dụng miền Trung, Đại học Thủy Lợi)

Khối trượt lớn được khảo sát chi tiết ngoài thực địa, trong đó có sử dụng thiết bị không người lái (UAV) Phantom-3 Professional. Chiều dài khối trượt lớn là gần 510 m, từ đỉnh khối trượt cho đến tận mép hồ. Chiều rộng 300 m tại chân khối trượt và 120 m tại đỉnh khối trượt. Chiều sâu trượt lớn nhất khoảng 25 m. Khối trượt ước tính có thể tích khoảng 600.000 m<sup>3</sup>. Địa chất khu vực nghiên cứu được đặc trưng với đá biến chất quaczit, đá granit, đá phiến thạch anh biotit thuộc hệ tầng Kim Sơn. Các đá có cấu tạo dạng khối, trên mặt bị phong hóa và nứt nẻ. Khảo sát hiện trường cho thấy, khu vực khối trượt lớn có cấu tạo gồm 04 lớp đất: (1) Lớp sườn tích: Chiều dày từ 0,5 đến 1 m, chứa nhiều sản phẩm hữu cơ; (2) lớp đất phong hóa mạnh đến hoàn toàn, là sản phẩm phong hóa của đá biến chất, có màu xám vàng, xám sẫm, xám xanh với chiều dày phong hóa dày từ 2 đến 15 m; (3) đá biến chất phong hóa nhẹ đến trung bình nằm trên đá gốc với chiều dày 5 đến 10 m; và (4) đá gốc là đá biến chất có cấu tạo dạng khối. Một số đặc điểm của khối trượt lớn tại hồ Vạn Hội được thể hiện trong Hình 2.

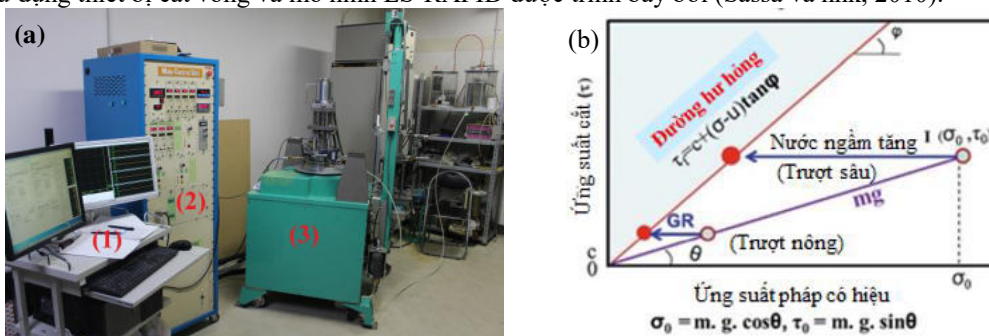


Hình 2. (a) Ảnh chụp UAV và (b, c) đặc điểm địa chất của khối trượt lớn tại hồ Vạn Hội

## 2. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, khảo sát hiện trường được tiến hành để đánh giá một số đặc điểm của khối trượt, đặc biệt là đặc điểm về địa hình và địa chất. Sau đó, thiết bị cắt vòng ICL-2 và mô hình LS-RAPID được sử dụng trong nghiên cứu này để mô phỏng trượt lở hình thành do mưa (Sassa và nnk, 2010 and Tien và nnk, 2018). Trong thử nghiệm cắt vòng mô phỏng mưa gây trượt lở, các ứng suất do trọng lực và áp lực nước lỗ rỗng tác dụng lên mẫu đất S1 thu thập tại hiện trường được mô phỏng theo điều kiện gần với thực tế nhất. Cơ chế trượt lở hình thành do sự ra tăng áp lực nước lỗ rỗng được giải thích như sau: Khi áp lực nước lỗ rỗng ở mặt trượt gia tăng (do mưa lớn kéo dài hoặc do sự ra tăng mực nước ngầm) sẽ làm suy giảm sức kháng cắt của đất. Khi sức kháng cắt của đất suy giảm ( $\tau_f = c + (\sigma - u) \cdot \tan \Phi$ ) và có giá trị nhỏ hơn lực cắt do ảnh hưởng của góc nghiêng đạt đến giá trị tới hạn ( $\tau_0 = m \cdot g \cdot \sin \theta$ ) sẽ gây ra trượt đất. Hình ảnh về thiết bị mô phỏng cắt vòng tải trọng động không thoát nước (ICL-2) và nguyên lý mô phỏng trượt lở do mưa được thể hiện tại Hình 3.

Trong khi đó, mô hình số LS-RAPID (Sassa và nnk, 2010) tích hợp các thông số đo đạc từ thử nghiệm cắt vòng được sử dụng để mô phỏng lại toàn bộ quá trình hình thành và dịch chuyển của khối trượt. Trong mô hình LS-RAPID sử dụng các chỉ tiêu cơ lí của mẫu đất lấy tại mặt trượt của khối trượt lở, được xác định trong thử nghiệm trên máy cắt vòng ở điều kiện thí nghiệm không thoát nước. Chi tiết về mô phỏng trượt lở sử dụng thiết bị cắt vòng và mô hình LS-RAPID được trình bày bởi (Sassa và nnk, 2010).

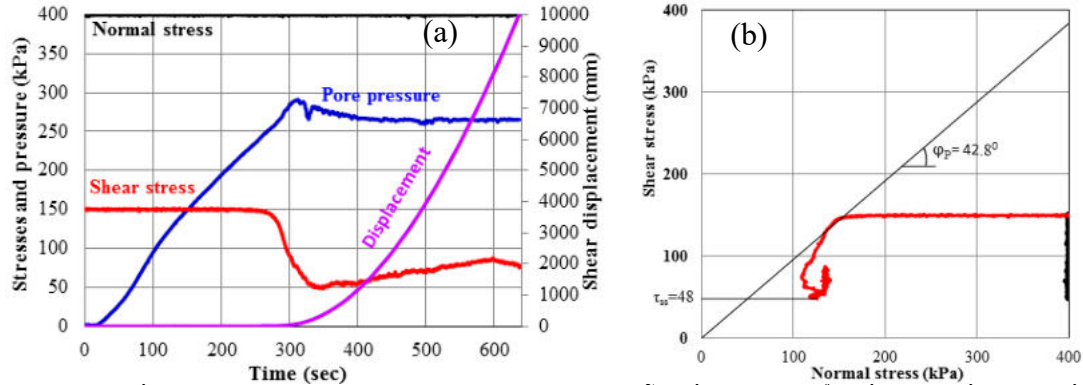


Hình 3. (a) Thiết bị cắt vòng ICL-2, gồm hệ thống theo dõi toàn bộ quá trình thí nghiệm (1), hệ thống điều khiển (2), và thiết bị mô phỏng chính (3), và (b) cơ chế trượt đất do sự gia tăng mực nước ngầm gây ra bởi mưa (Hình sửa từ Sassa và Khang, 2018)

### 3. Kết quả mô phỏng cắt vòng và mô hình máy tính LS-RAPID

#### 3.1. Mô phỏng cắt vòng trượt lở gây ra do mưa

Thí nghiệm cắt vòng mô phỏng vật lý sự hình thành khối trượt xảy ra do mưa lớn được thực hiện trên mẫu S1 được trình bày trong Hình 4. Trong điều kiện tự nhiên, mái dốc ở trạng thái tự nhiên có ứng suất pháp  $\sigma = 400$  kPa và ứng suất tiếp = 155 kPa. Áp lực nước lỗ rỗng được gia tăng dần dần với tốc độ 1kPa/giây đến khi phá hoại mẫu. Kết quả thí nghiệm cho thấy với mẫu S1, góc ma sát đỉnh là  $42.8^\circ$ , sức kháng cắt dư đạt giá trị 48 kPa (Hình 4b). Giá trị áp lực nước lỗ rỗng gây ra phá hoại mẫu là 250 kPa, tương ứng với hệ số áp lực nước lỗ rỗng tới hạn là  $r_u = 0.63$ .



Hình 4. Kết quả mô phỏng trượt lở gây ra do mưa trên mẫu đất S1: (a) Biểu đồ quan trắc ứng suất, chuyển vị theo thời gian và (b) biểu đồ đường ứng suất trong thí nghiệm cắt vòng

#### 3.2. Mô phỏng số khối trượt lớn gây ra do mưa sử dụng mô hình LS-RAPID

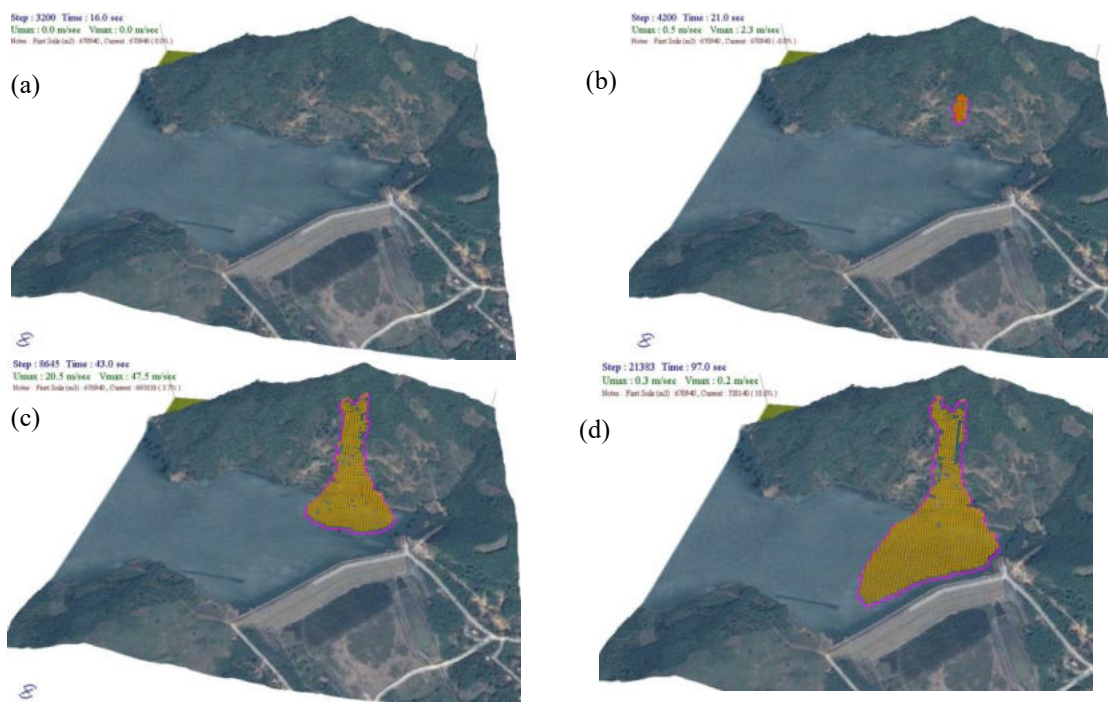
Quá trình hình thành khối trượt lớn Vạn Hội được mô phỏng lại bằng mô hình LS-RAPID. Trong mô hình tính toán, dữ liệu địa hình cao độ số độ phân giải 5-m được xây dựng bằng phần mềm Agisoft Photoscan với các ảnh chụp khối trượt sử dụng thiết bị bay không người lái. Dữ liệu địa hình mô phỏng gồm địa hình mặt đất trước khi sạt lở và địa hình mặt trượt. Ở đây, địa hình mặt trượt được xây dựng và ước tính có được từ việc chụp và phân tích không ảnh. Dữ liệu DEM trước vụ lở đất được thu thập từ dữ liệu địa hình quốc gia có độ phân giải 5 m.

Các thông số sử dụng trong mô hình LS-RAPID gồm hệ số áp lực bên ( $k$ ), sức kháng cắt dư tại trạng thái ổn định ( $\tau_{ss}$ ) và giá trị của chuyển vị cắt giới hạn (DL, DU) (Sassa & nnk. 2010). Trong mô hình mô phỏng khối trượt tại Vạn Hội, các thông số đất (Bảng 1) đã được lựa chọn dựa vào kết quả thí nghiệm và nguồn tham khảo từ tác giả Sassa & nnk. (2010). Sự tăng mực nước ngầm trong mô hình này được biểu thị bằng hệ số áp lực nước lỗ rỗng ( $r_u$ ), hệ số này được tăng đến giá trị 0,6, đây là giá trị được lựa chọn dựa vào kết quả thử nghiệm cắt vòng và kết quả mô phỏng thử nghiệm trên mô hình LS-RAPID cho khối trượt tại hồ Vạn Hội. Trong đó, khoảng thời gian tăng hệ số áp lực nước lỗ rỗng được thiết lập là 120 giây và thời gian để đạt giá trị lớn nhất của  $r_u$  là 20 giây. Kết quả mô phỏng khối trượt lở Vạn Hội được thể hiện trên Hình 5.

Bảng 1 Các thông số của đất sử dụng trong mô hình mô phỏng LS-RAPID

Các thông số mô phỏng trượt lở	Giá trị
Trọng lượng đơn vị của mẫu đất ( $\gamma_t$ , kN/m <sup>3</sup> )	19.5
Trọng lượng đơn vị của nước ( $\gamma_w$ , kN/m <sup>3</sup> )	9.81
Hệ số áp lực bên ( $k = \sigma_h / \sigma_v$ )	0.3–0.6
Hệ số ma sát bên trong khối trượt ( $\tan \varphi_i$ )	0.58
Hệ số ma sát trong quá trình dịch chuyển ( $\tan \varphi_m$ )	0.68
Hệ số ma sát cực đại dọc mặt trượt ( $\tan \varphi_f$ )	0.78
Cường độ kháng cắt dư trạng thái ổn định ( $\tau_{ss}$ , kPa)	20–50
Tốc độ phát sinh áp lực nước lỗ rỗng ( $B_{ss}$ )	0.6–0.98
Hệ số áp lực nước lỗ rỗng ( $r_u$ )	0.6

Khu vực màu cam và đỏ thể hiện cho khu vực xảy ra trượt lở. Kết quả cho thấy mái dốc phía trên hồ Vạn Hội vẫn ổn định khi hệ số áp lực nước lỗ rỗng nhỏ hơn 0.6. Khi hệ số áp lực nước lỗ rỗng ( $r_u$ ) đạt 0,6 tại 20,0 giây, hư hỏng bắt đầu xuất hiện ở giữa mái dốc (Hình 5b). Sự phá hủy và dịch chuyển của mái dốc tiếp tục phát triển và toàn bộ khu vực trượt lở sau đó được hình thành. Vật liệu trượt lở di chuyển và tích tụ dưới lòng hồ, nằm phân bố từ chân mái dốc đến khu vực rộng dọc theo phân chân đập bê tông. Theo kết quả mô phỏng, tốc độ dịch chuyển của khối trượt lớn nhất đạt 47,5 m/s (Hình 5c). Khối trượt dịch chuyển hoàn toàn vào lòng hồ (Hình 5e) và dừng lại sau 98 giây (Hình 5f).



Hình 5. Kết quả mô phỏng khối trượt lớn tại hồ Vạn Hội

#### 4. Kết quả và thảo luận

Nghiên cứu này trình bày kết quả nghiên cứu sơ bộ mô phỏng lại diễn biến hình thành khối trượt lớn tại hồ chứa nước Vạn Hội. Kết quả mô phỏng cho thấy, sự gia tăng của áp lực nước lỗ rỗng là nguyên nhân gây ra trượt lở. Trong thí nghiệm cắt vòng giá trị của áp lực nước lỗ rỗng gây ra phá hoại mẫu là 250 kPa, tương ứng với hệ số áp lực nước lỗ rỗng là  $r_u=0.63$ . Trong mô hình LS-RAPID, trượt lở gây ra do sự tăng áp lực nước lỗ rỗng dịch chuyển rất nhanh vào trong lòng hồ với vận tốc lớn  $V=47.5$  m/s. Sự dịch chuyển nhanh của khối trượt xuống lòng hồ chính là nguyên nhân làm phát sinh hiện tượng sóng thần gây ảnh hưởng toàn bộ khu vực hạ lưu dưới đập Vạn Hội. Kết quả nghiên cứu đạt được và việc áp dụng thiết bị cắt vòng cũng như mô hình máy tính LS-RAPID có ý nghĩa thực tiễn trong việc đánh giá nguy cơ trượt lở do mưa tại Việt Nam.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.08-2019.14. Nhóm tác giả cũng xin gửi lời cảm ơn chân thành tới TS. Ngô Quốc Kim Long (DJA Enterprise Việt Nam) đã hỗ trợ trong quá trình khảo sát thực địa sử dụng thiết bị UAV.

#### Tài liệu tham khảo

- Amos P, Veal B, Thai N.C, Read S, 2017. Improving dam and downstream community safety in Vietnam. *Hydropower and Dams*, Issue 1, 2017, pp. 37-43.
- Costa J.E, Schuster R.L, 1987. The formation and failure of natural dams, US Geological Survey, Open-File Report, pp. 87-392.
- Jian W, Xu Q, Yang H, Wang F, 2014. Mechanism and failure process of Qianjiangping landslide in the Three Gorges Reservoir, China. *Environ Earth Sci*, 2014. 72:2999-3013.
- Iqbal J, Tu X, Xu L, 2017. Landslide Hazards in Reservoir Areas: Case Study of Xiangjiaba Reservoir, Southwest China. *Nat. Hazards Rev.*, 2017, 18(4): 04017009



Sassa, K., Dang, K., 2018. TXT-tool 0.081-1.1: Landslide Dynamics for Risk Assessment. In: Sassa, K., Tiwari, B., Liu, K.F., McSaveney, M., Strom, A., Setiawan, H. (eds) *Landslide Dynamics: ISDR-ICL Landslide Interactive Teaching Tools*. Springer, Cham.

Sassa K, Nagai O, Solidum R, Yamazaki Y, Ohta H, 2010. An integrated model simulating the initiation and motion of earthquake and rain induced rapid landslides and its application to the 2006 Leyte landslide. *Landslides* 7(3):219–236.

Tien P.V, Luong L.H, Nhan T.T, Duc D.M, Quynh D.T, Lan N.C, Phi N.Q, Hao D.C, Ha N.H, Thuy D.T, 2021. Secondary Processes Associated with Landslides in Vietnam. *Proceedings of the International Conference on Innovations for Sustainable and Responsible Mining, LNCE 108*, pp. 192–209, 2021. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-60269-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60269-7_10).

Tien P.V, Sassa K, Takara K, Fukuoka H, Khang D, Shibasaki T, Hendy S, Ha N.D, Loi D.H, 2018. Formation process of two massive dams following rainfall-induced deep-seated rapid landslide failures in the Kii Peninsula of Japan. *Landslides* (2018).

## ABSTRACT

### Simulating a rainfall-induced deep-seated landslide in Van Hoi reservoir, Binh Dinh province

Pham Văn Tien<sup>1,2,\*</sup>, Le Hong Luong<sup>3</sup>, Tran Thanh Nhan<sup>4</sup>, Dao Minh Duc<sup>1</sup>, Nguyen Quoc Phi<sup>5</sup>, Nguyen Chau Lan<sup>6</sup>, Dinh Thi Quynh<sup>2</sup>, Tran Trung Hieu<sup>1</sup>, Nguyen Duc Anh<sup>1</sup>, Tran Nguyen Huu Nguyen<sup>4</sup>, Nguyen Thi Mai Huong<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Geological Sciences, Vietnam Academy of Science and Technology*

<sup>2</sup> *Institute of Geotechnology and Environment, Hanoi, Vietnam*

<sup>3</sup> *Institute of Transport Science and Technology*

<sup>4</sup> *University of Sciences, Hue University*

<sup>5</sup> *Hanoi University of Mining and Geology*

<sup>6</sup> *University of Transport and Communications*

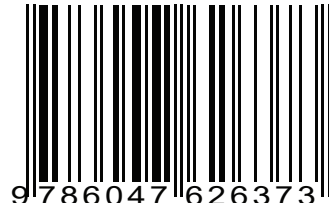
Landslides are one of the geo-hazards, which often take place in mountainous areas, causing a lot of human and economic losses. In Vietnam, landslides have been threatening the safety of reservoirs and dams in many reservoir areas. This paper presents the simulation of a rainfall-induced deep-seated landslide in Van Hoi reservoir, An Tin commune, Hoai An district, Binh Dinh province using ring shear apparatus (ICL-2) and computer model LS-RAPID. Test results from the ring shear apparatus on soil sample S1 show that the increase of pore water pressure built-up from heavy rain was the main triggering factor of the landslide. In this experiment, the pore water pressure ratio triggering the sliding is  $r_u=0.63$ . This critical value as an important input then was used in the computer model LS-RAPID in order to simulate the initiation and motion of the Van Hoi landslide. By using an integrated model of ring shear apparatus and the LS-RAPID program, the study is very helpful for landslide hazard and risk assessment in Vietnam.

**Keywords:** landslides; rainfall; pore water pressure; ring shear apparatus; LS-RAPID.

# KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG



ISBN: 978-604-76-2637-3



9786047 626373