



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG

Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN
2026

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC



TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT



TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN - KHOÁNG SẢN VIỆT NAM

CÁC ĐƠN VỊ TÀI TRỢ CHÍNH



TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP THAN
- KHOÁNG SẢN VIỆT NAM



TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC
- BỘ QUỐC PHÒNG



VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ -
VINACOMIN



CÔNG TY CP TƯ VẤN ĐẦU TƯ MỎ
VÀ CÔNG NGHIỆP - VINACOMIN



CÔNG TY 35 - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC



CÔNG TY CẢNG - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC



CÔNG TY THAN
MẠO KHÊ - TKV



CÔNG TY CP THAN
HÀ LÂM - VINACOMIN



CÔNG TY THAN
HẠ LONG - TKV



CÔNG TY THAN
HÒN GAI - TKV



CÔNG TY THAN
KHE CHÂM - TKV



CÔNG TY THAN
NAM MẪU - TKV



CÔNG TY THAN
QUANG HANH - TKV



CÔNG TY THAN
DƯƠNG HUY - TKV



CÔNG TY CP THAN
MÔNG DƯƠNG - VINACOMIN



CÔNG TY CP THAN
NÚI BÉO - VINACOMIN



CÔNG TY THAN
THỐNG NHẤT - TKV



CÔNG TY THAN
UÔNG BÍ - TKV



CÔNG TY CP THAN
VÀNG DANH - VINACOMIN



TỔNG CÔNG TY KHOÁNG SẢN TKV - CTCP



TỔNG CÔNG TY CÔNG NGHIỆP
MỎ VIỆT BẮC TKV - CTCP



TỔNG CÔNG TY CÔNG NGHIỆP
HÓA CHẤT MỎ - VINACOMIN



CÔNG TY CP THAN
ĐÈO NAI - CỌC SÁU - TKV



CÔNG TY CP THAN CAO SƠN - TKV



CÔNG TY CP THAN HÀ TU - VINACOMIN



CÔNG TY XÂY LẮP MỎ - TKV



CÔNG TY THAN NA DƯƠNG - VVMI



CÔNG TY THAN NÚI HỒNG - VVMI



CÔNG TY THAN KHÁNH HÒA - VVMI



CÔNG TY CP KINH DOANH THAN
CẨM PHẢ - VINACOMIN



CÔNG TY 91 - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC



CÔNG TY 45 - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC



CÔNG TY KHE SIM - CHI NHÁNH
TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC



CÔNG TY CỔ PHẦN 397
- TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC

MỤC LỤC

	LỜI NÓI ĐẦU	3
	BỘ MÔN KHAI THÁC HẦM LÒ: 60 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN (1966 - 2026) & 70 NĂM ĐÀO TẠO NGÀNH KHAI THÁC MỎ HẦM LÒ (1956 - 2026)	12
1	ĐỊNH HƯỚNG ĐỔI MỚI VÀ PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ KHAI THÁC THAN HẦM LÒ TẠI TKV GIAI ĐOẠN 2026 - 2030 Vũ Anh Tuấn¹, Nguyễn Minh Tuyên^{1,*} <i>¹Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam</i>	17
2	TÍNH TOÁN THÔNG GIÓ MỎ KHI TỔ CHỨC KHAI THÁC ĐỒNG THỜI 6 LÒ CHỢ CỦA TẦNG -230/-150 CÔNG TY THAN MẠO KHẾ - TKV Nguyễn Cao Khải^{1,2,*}, Vũ Thái Tiến Dũng^{1,2}, Đinh Thị Thanh Nhân^{1,2}, Vũ Đức Nghĩa^{1,3} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM) ³Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam</i>	29
3	ẢNH HƯỞNG CỦA QUÁ TRÌNH NỔ MÌN KHI ĐÀO LÒ ĐẾN ĐỘ ỔN ĐỊNH CỦA ĐƯỜNG LÒ LÂN CẬN: NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP MỘT ĐƯỜNG LÒ TẠI CÔNG TY THAN VÀNG DANH Bùi Mạnh Tùng¹, Ngô Thành Tâm², Trần Trung Thái³, Nguyễn Chí Thành^{1,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Sở Nông nghiệp và Môi trường tỉnh Quảng Ninh ³Công ty Cổ phần Than Cao Sơn - TKV</i>	41
4	NGHIÊN CỨU VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO DIỆN TÍCH GƯƠNG LÒ SAU KHI NỔ MÌN TẠI MỘT SỐ ĐƯỜNG LÒ ĐIỂN HÌNH TRONG KHAI THÁC HẦM LÒ KHU VỰC QUẢNG NINH Đỗ Hoàng Hiệp^{1,2}, Nguyễn Việt Hùng³, Bùi Mạnh Tùng¹, Nguyễn Chí Thành^{1,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất ²Công ty 35 - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc ³Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư Mỏ và Công nghiệp - Vinacomin</i>	60
5	MECHANICAL BEHAVIOR OF CFRP-CONFINED HIGH-WATER MATERIAL UNDER DYNAMIC LOADING Feiyang Feng¹, Baiyun Yu¹, Shuling Meng², Hongchao Zhao^{3,*} <i>¹School of Geology and Mining Engineering, Xinjiang University ²China West Construction Group Co., Ltd. ³State Key Laboratory of Intelligent Construction and Healthy Operation and Maintenance of Deep Underground Engineering</i>	70
6	NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU NỒNG ĐỘ BỤI TẠI MẶT BẰNG CẢNG KHE DÂY THUỘC CÔNG TY CẢNG - CHI NHÁNH TỔNG CÔNG TY ĐÔNG BẮC Bùi Thanh Sơn¹, Bùi Quang Sáng¹, Nguyễn Văn Thịnh^{2,*}, Nguyễn Viết Thắng² <i>¹Công ty Cảng - Chi nhánh Tổng Công ty Đông Bắc ²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	80

7	CƠ GIỚI HÓA TRONG KHAI THÁC HẦM LÒ TẠI MỎ THAN HÀ LÂM: THỰC TRẠNG VÀ ĐỊNH HƯỚNG CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG GIAI ĐOẠN 2026 - 2030 Nguyễn Hữu Đạt¹, Vũ Ngọc Thắng², Đinh Trung Kiên², Đỗ Trung Thành¹, Vũ Bá Trương^{1*} <i>¹Công ty Cổ phần Than Hà Lâm - Vinacomin</i> <i>²Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam</i>	88
8	NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP PHUN ÉP NƯỚC TĂNG ĐỘ LIÊN KẾT CỦA THAN TẠI CÁC GƯƠNG LÒ ĐÀO QUA VỈA THAN MỀM YẾU, BỎ RỜI TẠI CÔNG TY THAN KHE CHÀM - TKV Trần Quốc Đoàn¹, Nguyễn Cao Khải^{2,3,*}, Đặng Văn Kiên², Đỗ Trọng Tấn¹ <i>¹Công ty Than Khe Chàm - TKV</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>³Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	98
9	GIẢI PHÁP XÂY DỰNG CÔNG VIÊN TRONG KHU VỰC MỎ THAN NA DƯƠNG, CÔNG TY THAN NA DƯƠNG, TỔNG CÔNG TY CÔNG NGHIỆP MỎ VIỆT BẮC TKV - CTCP Nguyễn Đăng Hiệp¹, Nguyễn Cao Khải^{2,3,*}, Nguyễn Quốc Tuấn¹ <i>¹Công ty Than Na Dương - VVMI</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>³Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	105
10	NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH LƯỢNG GIÓ CẦN ĐƯA VÀO MỎ THAN HẦM LÒ TRONG NGÀY KHÔNG LÀM VIỆC Trần Xuân Hà¹, Đào Văn Chi^{2,*}, Nguyễn Hồng Cường² <i>¹Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	115
11	AN TOÀN TRONG KHAI THÁC THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH: THỰC TRẠNG CÔNG TÁC AN TOÀN VỆ SINH LAO ĐỘNG, CÁC VẤN ĐỀ CỐT LỖI VÀ ĐỊNH HƯỚNG CHIẾN LƯỢC Phạm Đức Thang^{1,*}, Hoàng Hùng Thắng¹, Nguyễn Ngọc Minh¹, Lê Quang Phục² <i>¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	123
12	GIẢI PHÁP NÂNG CAO TỐC ĐỘ ĐÀO LÒ TẠI KHU N.V MỎ THAN KHE TAM, CÔNG TY THAN DƯƠNG HUY - TKV Cao Việt Phương¹, Nguyễn Thế Cường¹, Nguyễn Văn Thịnh^{2,*} <i>¹Công ty Than Dương Huy - TKV</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	135
13	THÀNH LẬP HỘ CHIẾU CHỐNG GIỮ CHO CÁC ĐƯỜNG LÒ DƯỚI KHU VỰC MOONG LỘ THIÊN NÚI BÉO TẠI MỎ THAN HÀ LÂM Vũ Trung Tiến^{1,2,*}, Đào Viết Đoàn¹, Đỗ Anh Sơn¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	143
14	COMPUTER-AIDED DESIGN AND PLANNING METHODOLOGY FOR OPEN-PIT AND UNDERGROUND DIMENSION STONE MINES: EUROPEAN EXPERIENCES AND APPLICABILITY IN VIETNAM Nguyen Anh Tuan^{1,2,*}, Pham Van Viet^{1,2}, Pham Van Hoa¹, Ngo Thanh Tuan² Pham Tuan Cuong¹, Tran Trung Anh^{1,2}, Do Anh Son¹ <i>¹Hanoi University of Mining and Geology</i> <i>²Research Centre for Mining and Electro-Mechanical Engineering, HUMG</i>	157

15	TÍNH TOÁN KIỂM ĐỊNH KẾT CẤU TƯỜNG BÊ TÔNG HẦM CHỨA NƯỚC TẠI CÔNG TY CỔ PHẦN THAN MÔNG DƯƠNG - VINACOMIN Nguyễn Phi Hùng¹, Bùi Mạnh Tùng¹, Phạm Đức Hưng¹, Trần Trung Thái^{2,*} ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Công ty Cổ phần Than Cao Sơn - TKV	171
16	MECHANISM OF OVERSIZE BLOCK GENERATION AND BLOCK SIZE CONTROL IN LARGE-SCALE OPEN-PIT COAL MINE BLASTING Hongyan Xu¹, Fei Gao², Hui Chen^{2,*} ¹ Xuefeng Science and Technology Group, Xinjiang University, Urumqi, 830000, China ² School of Geological and Mining Engineering, Xinjiang University, Urumqi, 830000, China	179
17	GIẢI PHÁP KỸ THUẬT NÂNG CAO HIỆU QUẢ THU HỒI THAN NÓC TRONG LÒ CHỢ CƠ GIỚI HÓA ĐỒNG BỘ VỈA 7 MỎ THAN HÀ LÂM Phạm Đức Hưng^{1,*}, Đỗ Anh Sơn¹, Nguyễn Phi Hùng¹, Đào Văn Chi¹, Phạm Văn Quân² ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin	193
18	TỔNG QUAN VỀ HỆ SỐ SỨC CẢN MA SÁT CỦA CÁC LOẠI ĐƯỜNG LÒ TRÊN THẾ GIỚI VÀ VIỆT NAM Đào Văn Chi¹, Phạm Đức Hưng^{1,*}, Đỗ Anh Sơn¹ Phạm Tú Phương², Đàm Huy Tài², Nguyễn Minh Đức³ ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Công ty Cổ phần Tư vấn đầu tư Mỏ và Công nghiệp - Vinacomin ³ Cục Công nghiệp, Bộ Công Thương	204
19	ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ CƠ GIỚI HÓA KHAI THÁC TẠI CÁC MỎ THAN HẦM LÒ THUỘC TKV VÀ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN GIAI ĐOẠN 2026 - 2030 Dương Đức Hải^{1,*}, Đào Hồng Quảng¹, Đỗ Văn Hoàng¹ ¹ Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin	217
20	KẾT QUẢ TƯ VẤN THIẾT KẾ CÁC MỎ THAN HẦM LÒ KHAI THÁC TRONG ĐIỀU KIỆN PHỨC TẠP CỦA TKV Phạm Văn Quân^{1,2,*}, Đỗ Văn Hoàng², Thân Văn Duyệt² ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin	226
21	MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO VẬN TỐC HẠT CỤC ĐẠI PPV TẠI ĐƯỜNG LÒ CHỊU ẢNH HƯỞNG CỦA CÔNG TÁC NỔ Mìn Nguyễn Chí Thành¹, Phạm Quang Nam², Bùi Mạnh Tùng^{1,*} ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Trường Đại học Điện lực	235
22	GÓC NHÌN VỀ HOÀN THIÊN VĂN HÓA AN TOÀN LAO ĐỘNG TRONG KHAI THÁC THAN HẦM LÒ Ở MỎ THAN VÀNG DANH KHI XUỐNG SÂU Lê Quang Phục^{1,*}, Phạm Đức Thang², Nguyễn Đăng Hiệp³ ¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất ² Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh ³ Công ty Than Na Dương - VVMI	244

23	NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG NGUỒN CÁT NGHIÊN TỪ ĐÁ THẢI MỎ CHẾ TẠO BÊ TÔNG VÀ MỘT SỐ SẢN PHẨM ỨNG DỤNG	252
	Phạm Thị Nhân^{1,2,*}, Huỳnh Linh Chi¹, Đặng Quang Hiếu¹, Đỗ Mạnh Dũng¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Nhóm nghiên cứu Địa kỹ thuật, vật liệu và phát triển bền vững, Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	
24	NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐÚT GẤY ĐẾN QUÁ TRÌNH ĐÀO LÒ CHUẨN BỊ VÀ KHAI THÁC TRONG MỎ THAN HẦM LÒ	261
	Vũ Thái Tiến Dũng¹, Bùi Mạnh Tùng^{1,*}, Nguyễn Minh Đức², Phạm Quang Nam³ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Cục Công nghiệp, Bộ Công Thương</i> <i>³Trường Đại học Điện Lực</i>	
25	ĐÁNH GIÁ NGUỒN PHÁT SINH KHÍ BỤI TẠI MỎ THAN CAO SƠN VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP QUẢN LÝ MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ CHO KHU VỰC	271
	Đỗ Mạnh Dũng¹, Trần Thị Thanh Thủy^{2,*}, Trần Anh Quân² <i>¹Công ty Cổ phần Tin học, Công nghệ, Môi trường - Vinacomin</i> <i>²Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	
26	XU THẾ KHAI THÁC BẰNG CÔNG NGHỆ CƠ GIỚI HÓA TẠI CÁC MỎ THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH THUỘC TKV	279
	Phạm Đức Hưng^{1,2,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Nhóm nghiên cứu Phát triển bền vững Khoa học, Công nghệ Mỏ và Môi trường (SDM)</i>	
27	TƯ VẤN THIẾT KẾ CHUYỂN ĐỔI CÔNG NGHỆ KHAI THÁC DƯỚI TRỤ BẢO VỆ ĐƯỜNG LÒ KHU II MỎ NÚI BÉO ĐỂ NÂNG CAO HIỆU QUẢ KINH TẾ	288
	Phạm Văn Quân^{1,2,*}, Phạm Đức Hưng¹, Đào Văn Chi¹, Trương Tiến Quân² <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin</i>	
28	ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ LÀM VIỆC CỦA CÁC TRẠM QUẠT GIÓ CHÍNH TẠI MỎ THAN NAM MẪU NHẪM ĐÁP ỨNG NHU CẦU SẢN XUẤT THỰC TẾ CỦA MỎ	296
	Đào Văn Chi¹, Vũ Thái Tiến Dũng^{1,*}, Trần Xuân Hà², Nguyễn Hồng Cường¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam</i>	
29	NGHIÊN CỨU NGUYÊN NHÂN GÂY MẤT ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐỀ BIỂN TỈNH KIÊN GIANG (TRƯỚC KHI SÁP NHẬP)	304
	Nguyễn Tiến Tài¹, Võ Nhật Luân^{2,*} <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i> <i>²Trường Đại học Văn Hiến</i>	
30	ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN TỐI ƯU TRONG MÔ HÌNH HỒI QUY VECTOR HỖ TRỢ ĐỂ DỰ ĐOÁN NHIỆT ĐỘ KHÔNG KHÍ LÒ CHỢ TẠI MỎ THAN NAM MẪU	313
	Nguyễn Văn Quang^{1,*}, Nguyễn Văn Thịnh¹, Bùi Mạnh Tùng¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	
31	NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH LIÊN KẾT GIỮA CẢI TẠO PHỤC HỒI MÔI TRƯỜNG VỚI TÁI SỬ DỤNG QUỸ ĐẤT SAU KHAI THÁC KHOÁNG SẢN: HƯỚNG TỚI KINH TẾ TUẦN HOÀN	321
	Trần Thị Ngọc^{1,*}, Đào Văn Chi¹, Vũ Thị Lan Anh¹ <i>¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất</i>	

thể hiện qua: (1) Cam kết lãnh đạo rõ ràng và liên tục; (2) Cơ chế kiểm tra - giám sát đa tầng; (3) Sự tham gia ngày càng tích cực của người lao động; (4) Đầu tư đáng kể vào công nghệ hỗ trợ an toàn.

Tuy nhiên, sự xuất hiện của các dao động cục bộ trong giai đoạn thay đổi điều kiện khai thác cho thấy hệ thống chưa đạt đến mức “tích hợp hoàn toàn”, nơi an toàn trở thành bản sắc nội sinh và có khả năng hấp thụ biến động điều kiện khai thác mà không tạo ra gián đoạn sản xuất và tiềm ẩn nguy cơ tai nạn.

Trong bối cảnh khai thác xuống sâu, áp lực mỏ tăng và điều kiện địa chất phức tạp hơn, yêu cầu đặt ra không chỉ là duy trì mức tai nạn thấp, mà là xây dựng năng lực thích ứng của toàn hệ thống. Điều này đồng nghĩa với việc văn hóa an toàn không còn là một thuộc tính phụ trợ của hệ thống sản xuất, mà trở thành yếu tố cấu thành bảo đảm tính bền vững của khai thác hầm lò trong dài hạn.

Như vậy, sự chuyển dịch từ tuân thủ mang tính mệnh lệnh hành chính sang tuân thủ trên cơ sở nhận thức tại mỏ than Vàng Danh được lý giải bởi một số nguyên nhân chính sau:

- Sự thay đổi về vai trò và cam kết của lãnh đạo, khi an toàn được đặt ngang với mục tiêu sản lượng, thông qua các cơ chế ký cam kết, đánh giá thi đua và trách nhiệm người đứng đầu;
- Việc thể chế hóa công tác an toàn trong toàn bộ hệ thống quản trị, từ cấp công ty đến tổ sản xuất, giúp các quy định không chỉ mang tính áp đặt mà trở thành chuẩn mực vận hành;
- Tăng cường đào tạo, truyền thông và nâng cao nhận thức, giúp người lao động hiểu rõ rủi ro và chủ động tuân thủ thay vì thực hiện mang tính đối phó;
- Sự phát triển của hệ thống giám sát và dữ liệu an toàn, cho phép nhận diện sớm nguy cơ, qua đó chuyển từ phản ứng sau sự cố sang phòng ngừa chủ động.

Trên cơ sở đó, có thể nhận định rằng, văn hóa an toàn tại mỏ đã chuyển dần từ “văn hóa tuân thủ mang tính hành chính” sang “văn hóa tuân thủ dựa trên nhận thức”, trong đó người lao động và các cấp quản lý chủ động thực hiện các hành vi an toàn nhằm duy trì ổn định hệ thống, thay vì chỉ phản ứng khi xảy ra sự cố.

4. Kết luận

Nghiên cứu cho thấy trong điều kiện khai thác hầm lò ngày càng xuống sâu và phức tạp, ổn định an toàn không chỉ phụ thuộc vào mức độ cơ giới hóa hay sự đầy đủ của hệ thống quy định kỹ thuật, mà phụ thuộc chủ yếu vào năng lực tổ chức và điều hành trong việc kiểm soát rủi ro kịp thời, phù hợp với biến động điều kiện khai thác. Mặc dù xu hướng tai nạn lao động có giảm theo thời gian, song các dao động cục bộ vẫn xuất hiện khi điều kiện khai thác thay đổi, phản ánh yêu cầu phải nâng cao tính chủ động trong quản trị an toàn.

Kết quả nghiên cứu khẳng định rằng, văn hóa an toàn trong khai thác hầm lò vì vậy cần được xem như một cấu phần nền tảng của quản trị mỏ hiện đại, có chức năng điều hòa giữa biến động điều kiện khai thác và mục tiêu ổn định sản xuất. Mức độ hoàn thiện của văn hóa an toàn không chỉ được đo bằng tai nạn thấp, mà bằng khả năng duy trì trạng thái vận hành an toàn bền vững trong điều kiện khai thác ngày càng phức tạp.

Lời cảm ơn

Các tác giả xin trân trọng cảm ơn tập thể lãnh đạo và cán bộ Công ty Cổ phần Than Vàng Danh đã giúp đỡ trong quá trình hoàn thiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

1. Công ty Than Vàng Danh. *Báo cáo khối lượng mỏ các năm từ 2016 - 2024*.
2. Công ty Than Vàng Danh. *Thống kê số vụ tai nạn các năm từ 2016 - 2024*.
3. Haloui, I., & Li, Y. 2025. Safety culture and its influence on mining safety performance. *Report*, 8(2), 42 - 48.
4. Hebblewhite, B. K. 2019, April. Geotechnical risk in mining methods and practice: critical issues and pitfalls of risk management. In *MGR 2019: Proceedings of the First International Conference on Mining Geomechanical Risk* (pp. 299 - 308). Australian Centre for Geomechanics.
5. <http://www.vinacomin.vn/tho-mo-ngay-nay/can-bien-cong-tac-an-toan-thanh-van-hoa-an-toan-201710101610560976.htm>.

6. Ismail, S. N., Ramli, A., & Aziz, H. A. 2021. Influencing factors on safety culture in mining industry: A systematic literature review approach. *Resources Policy*, 74, 102250.
7. Nguyễn Văn Cần, 2025. Đề xuất giải pháp tăng cường văn hóa an toàn lao động tại Công ty Cổ phần than Vàng Danh - Vinacomin giai đoạn 2025 - 2030, tầm nhìn đến 2035. Đề án thạc sĩ kỹ thuật, Quảng Ninh.
8. Wu, X., Li, H., Wang, B., & Zhu, M. 2022. Review on improvements to the safety level of coal mines by applying intelligent coal mining. *Sustainability*, 14(24), 16400.

A PERSPECTIVE ON IMPROVING OCCUPATIONAL SAFETY CULTURE IN UNDERGROUND COAL MINING AT VANG DANH MINE UNDER DEEP MINING CONDITIONS

Le Quang Phuc^{1,*}, Pham Duc Thang², Nguyen Dang Hiep³

¹Hanoi University of Mining and Geology

²Quang Ninh University of Industry

³Na Duong Coal Company - VVMI

ABSTRACT

In the context of underground coal mining, where production intensity is increasing and operations are extending to greater depths and into areas with more complex geological conditions, occupational safety must be elevated to a core component of organizational management. This study selects the Vang Danh coal mine as a representative case and applies trend analysis of occupational accidents during the period 2016 - 2024 using frequency indicators standardized by production output (AFR1) and workforce size (AFR2). The results indicate that accident frequency shows a long-term decreasing trend, reflecting the effectiveness of mechanization and improved safety management. However, this trend is not linear, as local fluctuations still occur, particularly during periods of panel expansion, transition to more complex geological conditions, or changes in production organization. This suggests that occupational accidents are not solely dependent on production scale but are also influenced by the adaptability of the management system to changing mining conditions. Based on these findings, the study proposes occupational safety culture as a dynamic adaptive system and highlights its role as an indicator of managerial capability and the degree of alignment between geomechanical conditions and production organization. The results contribute to the theoretical framework and provide practical implications for safety management in deep underground coal mining.

Keywords: occupational safety culture; underground coal mining; mining conditions; risk management; accident frequency

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG NGUỒN CÁT NGHIÊN TỪ ĐÁ THẢI MỎ CHẾ TẠO BÊ TÔNG VÀ MỘT SỐ SẢN PHẨM ỨNG DỤNG

Phạm Thị Nhân^{1,2,*}, Huỳnh Linh Chi¹, Đặng Quang Hiếu¹, Đỗ Mạnh Dũng¹

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất

²Nhóm nghiên cứu Địa kỹ thuật, vật liệu và phát triển bền vững, Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Sau nhiều thập kỷ khai thác than và khoáng sản, khu vực Quảng Ninh hiện tồn tại khối lượng rất lớn đá thải mỏ; đồng thời, các nhà máy nhiệt điện đốt than phát sinh hàng chục triệu tấn tro xỉ mỗi năm, gây áp lực đáng kể về môi trường, kinh tế và xã hội. Đá thải mỏ và tro bay là chất thải công nghiệp có tiềm năng tái sử dụng trong xây dựng. Trong nghiên cứu này, cát nghiền từ đá thải mỏ được sử dụng làm cốt liệu nhỏ thay thế cát tự nhiên, đồng thời tro bay được sử dụng thay thế một phần xi măng nhằm giảm lượng xi măng và thúc đẩy tái sử dụng chất thải công nghiệp. Trên cơ sở thực nghiệm, nghiên cứu thiết kế cấp phối bê tông sử dụng cát nghiền từ đá thải mỏ và 30% tro bay thay thế xi măng. Các mẫu bê tông được chế tạo và đánh giá thông qua thí nghiệm cường độ nén, thí nghiệm uốn ba điểm và thí nghiệm không phá hủy bằng phương pháp xung siêu âm. Kết quả cho thấy hỗn hợp bê tông đạt độ sụt trong khoảng từ 10 - 11 cm, đáp ứng yêu cầu về tính công tác trong thi công. Ở tuổi 28 ngày, bê tông sử dụng cát nghiền kết hợp tro bay đạt cường độ nén trên 40 MPa; so với bê tông sử dụng cát vàng Sông Lô, cường độ nén đạt mức khá gần, trong khi cường độ uốn thấp hơn ở mức nhất định. Kết quả thí nghiệm xung siêu âm cũng cho thấy vận tốc truyền sóng của các mẫu bê tông đều lớn hơn 4.000 m/s, phản ánh cấu trúc bê tông tương đối đặc chắc và mức độ đồng nhất khá tốt. Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy việc sử dụng cát nghiền từ đá thải mỏ kết hợp với tro bay là một hướng tiếp cận khả thi để chế tạo bê tông và một số sản phẩm ứng dụng như gạch lát hoặc con kê bê tông phục vụ xây dựng. Giải pháp này góp phần giảm khai thác cát tự nhiên, tiết kiệm xi măng và thúc đẩy tái sử dụng chất thải công nghiệp theo định hướng phát triển bền vững.

Từ khóa: đá thải mỏ; tro bay; cường độ nén; cường độ uốn; xung siêu âm

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, Chính phủ đã ban hành nhiều quyết định nhằm định hướng phát triển vật liệu xây dựng, thúc đẩy xử lý và tái sử dụng chất thải công nghiệp, trong đó có xỉ nhiệt điện và chất thải từ hoạt động khai khoáng, nhằm giảm ô nhiễm môi trường (Thủ tướng Chính phủ, 2017; Thủ tướng Chính phủ, 2020). Quá trình khai thác than tại Quảng Ninh phát sinh khối lượng rất lớn đất đá thải mỏ, tạo áp lực đáng kể đối với môi trường và quỹ đất bãi thải. Do đó, việc nghiên cứu các giải pháp tái sử dụng nguồn vật liệu này trong xây dựng đang được nhiều cơ quan quản lý và doanh nghiệp quan tâm. Bên cạnh đó, tro xỉ từ các nhà máy nhiệt điện than vẫn là dòng chất thải công nghiệp phát sinh với khối lượng lớn hằng năm, đòi hỏi các giải pháp tiêu thụ ổn định và an toàn. Trong bối cảnh đó, việc nghiên cứu sử dụng cát nghiền từ đá thải mỏ (cát nghiền) kết hợp tro bay trong bê tông vừa có ý nghĩa giảm áp lực môi trường, vừa góp phần thay thế cát tự nhiên và giảm sử dụng xi măng.

Trên thế giới, nghiên cứu tái sử dụng chất thải công nghiệp và chất thải khai khoáng trong bê tông chủ yếu nhằm các mục tiêu sau: (1) giảm khai thác tài nguyên tự nhiên, giảm chất thải chôn lấp; (2) giảm phát thải CO₂ của vật liệu xây dựng, trong đó vật liệu xi măng/bê tông liên quan khoảng 7% phát thải CO₂ toàn cầu (Global Cement and Concrete Association [GCCA], 2025), qua đó thúc đẩy các giải pháp giảm clinker và tăng vật liệu bổ sung như tro bay. Một số công bố ghi nhận tro bay có thể dùng thay thế một phần xi măng, đem lại lợi ích môi trường - kinh tế và có xu hướng cải thiện nhiều khía cạnh cơ học, độ bền lâu dài (tùy hệ vật liệu và cấp phối), (Nayak và cộng sự, 2022). Với chất thải từ ngành công nghiệp

*Tác giả liên hệ

Email: phamthinhnan@humg.edu.vn

khai khoáng, xét theo đặc tính vật lý và thành phần hóa học, có thể đảm nhận vai trò đa dạng trong bê tông như cát, cốt liệu, hoặc thậm chí thành phần chất kết dính, dù luôn cần nghiên cứu đặc thù theo từng loại chất thải và mục đích sử dụng. Trong những năm gần đây, nhiều nghiên cứu quốc tế đã tập trung đánh giá khả năng tái sử dụng chất thải khai khoáng trong bê tông nhằm giảm khai thác cốt liệu tự nhiên và thúc đẩy phát triển bền vững. Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy đá thải mỏ hoặc quặng đuôi có thể được nghiền và sử dụng làm cốt liệu mịn thay thế cát tự nhiên trong bê tông, với các chỉ tiêu cơ học vẫn đáp ứng yêu cầu đối với một số cấp bê tông kết cấu (Benahsina và cộng sự, 2022). Bên cạnh đó, việc kết hợp các loại chất thải mỏ với tro bay trong cấp phối bê tông cũng đã được khảo sát nhằm tận dụng đồng thời hai nguồn vật liệu công nghiệp và cải thiện hiệu quả tài nguyên (Sunil và cộng sự, 2015; El Machi và cộng sự, 2024; Phạm Thị Nhân và Phạm Chí Linh, 2025). Trong đó Nguyễn và cộng sự (2023) sử dụng nguồn cát nghiền từ đá thải mỏ thay thế cát sông ở mức 0% - 50%, đồng thời thay 40% xi măng bằng hệ 38% tro bay và 2% nano-silica. Kết quả cho thấy tính năng cơ học và độ bền của bê tông gần với bê tông thường ở mức mục tiêu 35 MPa. Tác giả Nguyễn và Phan (2023) cũng sử dụng nguồn cát nhân tạo thay cát sông; độ sụt giảm khi tỷ lệ thay thế tăng; cường độ nén giảm 11,4% - 47,6% ở mức thay thế 25% - 100%; đồng thời co ngót khô tăng rõ rệt. Điều đó cho thấy nghiên cứu này cần được tiếp tục theo hướng đánh giá khả năng ứng dụng không chỉ ở mức thử nghiệm chế tạo sản phẩm, mà còn đối với bê tông dùng cho kết cấu xây dựng và các sản phẩm phục vụ quá trình thi công như gạch lát, gạch không nung, con kê bê tông...

2. Nguyên vật liệu và tiêu chuẩn áp dụng

2.1. Lựa chọn vật liệu

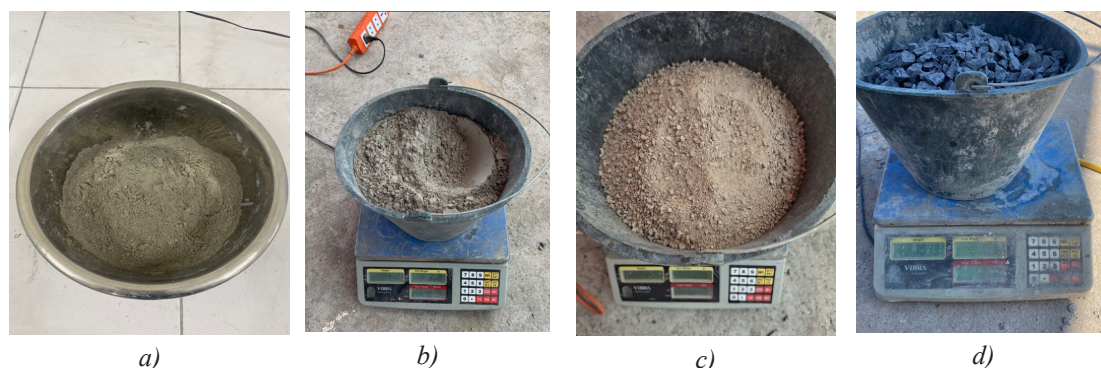
2.1.1. Xi măng

Thí nghiệm sử dụng Xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch (X) có các yêu cầu kỹ thuật thỏa mãn tiêu chuẩn TCVN 6260:2020. Tính chất cơ lý của xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Tính chất cơ lý của xi măng Portland hỗn hợp PCB40 Hoàng Thạch

Độ mịn, theo phương pháp Blaine, cm^2/g	Khối lượng riêng, g/cm^3	Khối lượng thể tích ở trạng thái tự nhiên, kg/m^3	Lượng nước tiêu chuẩn, %	Thời gian đông kết		Cường độ nén ở các ngày tuổi, MPa	
				Bắt đầu đông kết, phút	Kết thúc đông kết, (phút)	3 ngày	28 ngày
3.520	3,10	1650	29,7	85	310	22,0	47,1

Xi măng sử dụng trong nghiên cứu được thể hiện ở Hình 1a.



Hình 1. Vật liệu sử dụng trong thí nghiệm, a) xi măng; b) tro bay; c) cát nghiền; d) đá dăm

2.1.2. Phụ gia khoáng hoạt tính tro bay (TB)

Tro bay loại F của nhà máy nhiệt điện Phả Lại thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 10302:2014. Các tính chất vật lý cơ bản của tro bay nhiệt điện Phả Lại được thể hiện trong Bảng 2, hình ảnh tro bay sử dụng trong thí nghiệm được thể hiện ở Hình 1b.

Bảng 2. Tính chất vật lý cơ bản của tro bay nhiệt điện Phả Lại

Tỷ diện bề mặt riêng, cm^2/g	Kích thước hạt tro bay trung bình, μm	Khối lượng riêng, g/cm^3	Khối lượng thể tích khô, kg/m^3	Độ rỗng giữa các hạt, %	Chỉ số hoạt tính của tro bay nhiệt điện Phả Lại ở tuổi, %	
					7 ngày	28 ngày
3.750	48,15	2,35	1.570	27,76	80,5	92,8

2.1.3. Cốt liệu lớn là đá dăm carbonat (D)

Bảng 3. Tính chất cơ lý của đá dăm

Khối lượng riêng, g/cm^3	Khối lượng thể tích xốp, kg/m^3	Độ rỗng giữa các hạt cốt liệu, %	Lượng sót sàng tích lũy, %				Hàm lượng hạt thoi dẹt, %	Hàm lượng bùn, bụi, sét, %
			40 mm	20 mm	10 mm	5 mm		
2,7	1.550	42,6	0	6,5	57,7	92,8	13,5	0,60

Đá dăm được sử dụng trong nghiên cứu có nguồn gốc từ mỏ đá Kiện Khê - Hà Nam, với kích thước hạt lớn nhất 20 mm. Đá có chất lượng tốt, khối lượng riêng 2,7 g/cm^3 , khối lượng thể tích xốp 1550 kg/m^3 , thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006, các tính chất cơ lý và thành phần hạt của đá dăm sử dụng trong nghiên cứu được thể hiện trong Bảng 3, Hình 1d.

2.1.4. Cốt liệu nhỏ gồm cát vàng Sông Lô và cát nghiền từ đá thải mỏ (C)

Cát vàng Sông Lô (C) là loại cát tự nhiên, chất lượng tốt, thỏa mãn yêu cầu tiêu chuẩn TCVN 7570:2006. Bên cạnh đó, cát nghiền được sử dụng là từ nguồn đá thải mỏ Suối Lại thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam do Công ty Cổ phần Thương mại Dung Huy cung cấp. Các tính chất cơ lý của sản phẩm cát nghiền được trình bày trong Bảng 4, Hình 1c.

Bảng 4. Tính chất cơ lý của sản phẩm cát nghiền thô

Khối lượng riêng, g/cm^3	Khối lượng thể tích xốp, kg/m^3	Khối lượng thể tích, g/cm^3		Độ hút nước, %	Độ rỗng, %	Hàm lượng bụi bùn sét, %	Hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,075 mm, %	Hàm lượng hữu cơ
		Trạng thái bão hòa	Trạng thái khô					
2,66	1.406	2,60	2,57	1,34	45,30	4,70	26,4	Đạt

Nguồn: Tống Tôn Kiên (2019)

2.1.5. Nước sạch (N)

Nước được sử dụng để làm nước nhào trộn hỗn hợp bê tông và bảo dưỡng mẫu thí nghiệm sau khi tạo hình, thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.

2.2. Chương trình thí nghiệm

2.2.1. Thiết kế thành phần cấp phối

Thiết kế thành phần cấp phối của bê tông trong nghiên cứu này được thực hiện dựa trên “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại” theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/09/1998 (Bộ

Xây dựng, 1998) và kết hợp điều chỉnh bằng thực nghiệm. Hỗn hợp vật liệu được cân theo cấp phối thiết kế và trộn bằng máy trộn cưỡng bức trong phòng thí nghiệm. Trình tự trộn được thực hiện theo thông lệ thí nghiệm và tham khảo TCVN 3105:1993 và ASTM C192, trong đó một phần nước và xi măng được đưa vào trước, tiếp theo là cốt liệu và lượng xi măng còn lại, sau đó bổ sung dần lượng nước còn lại trong quá trình trộn. Thời gian trộn được duy trì trong khoảng 90 - 120 giây để đảm bảo hỗn hợp đồng nhất.

Bảng 5. Cấp phối vật liệu cho 1 m³ bê tông (kg)

Mẫu	X, kg	C, kg	D, kg	TB, kg	N, kg
MS	284,66	844,75	1.085,9	122	191,55
NS	566,29	410,07	1.101,61	0	238,44

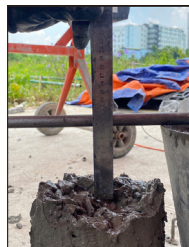
Trong đó: MS: bê tông sử dụng cát nghiền từ đá thải mỏ; NS: bê tông sử dụng cát tự nhiên; X: xi măng; C: cát; D: đá dăm; TB: tro bay; N: nước.

Nghiên cứu này tập trung đánh giá khả năng làm việc của hệ vật liệu tổ hợp gồm cát nghiền từ đá thải mỏ và 30% tro bay thay thế xi măng, so sánh với cấp phối sử dụng cát tự nhiên trong cùng điều kiện thí nghiệm, thay vì tách riêng ảnh hưởng của từng biến thành phần. Mỗi cấp phối được chế tạo thành các nhóm mẫu riêng phục vụ thí nghiệm khối lượng thể tích, độ sụt, nén, uốn và đo xung siêu âm; mỗi chỉ tiêu được xác định trên 3 mẫu thí nghiệm. Hình ảnh vật liệu và mẫu thí nghiệm được thể hiện ở Hình 2 và Hình 3.

Tính công tác của hỗn hợp bê tông được xác định bằng độ sụt của côn tiêu chuẩn với kích thước 10×20×30 cm theo TCVN 3106:2007 (TCVN 3106:2007, 2007), Hình 2. Hỗn hợp bê tông thiết kế có độ sụt dao động từ 10 cm đến 11 cm. Các mẫu sau khi tạo hình được bảo dưỡng 24 giờ trong khuôn, sau đó tháo khuôn và ngâm trong bể nước đến tuổi thí nghiệm (Phạm Thị Nhân và Phạm Chí Linh, 2025).



Hình 2. Bộ côn hình nón cắt tiêu chuẩn
kích thước 10 × 20 × 30 cm



Hình 3. Mẫu bê tông kích thước
150 × 150 × 150 mm

2.2.2. Thí nghiệm

Để đánh giá nhanh chất lượng bê tông bằng phương pháp không phá hủy, nghiên cứu sử dụng thiết bị đo vận tốc xung siêu âm (Ultrasonic Pulse Analyzer) với sơ đồ bố trí như ở Hình 4. Các phép đo xung siêu âm được thực hiện trên mẫu sau quá trình bảo dưỡng nước đến tuổi thí nghiệm tương ứng. Kết quả thời gian lan truyền xung siêu âm theo ba phương pháp đo trực tiếp, bán trực tiếp và gián tiếp được thể hiện trên Hình 6. Trước khi tiến hành đo, thiết bị được kiểm tra trên thanh chuẩn; thời gian lan truyền xung siêu âm đo được là 55,9 μs.



a)



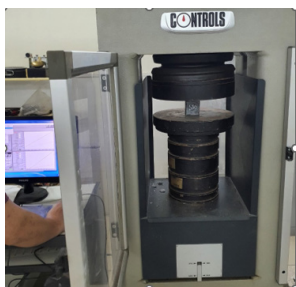
b)



c)

Hình 4. Phương pháp đo xung siêu âm trên mẫu bê tông, a) bán trực tiếp; b) trực tiếp; c) gián tiếp

Cường độ chịu nén và cường độ chịu uốn của mẫu bê tông được xác định bằng hệ thống máy nén và uốn tự động ADVANTEST 9 (Controls - Italy), với tốc độ gia tải 0,5 MPa/s.



a)



b)



c)

Hình 5. Thí nghiệm, a) hệ thống máy thí nghiệm ADVANTEST 9; b) nén; c) uốn

Thí nghiệm nén, uốn mẫu và đo xung siêu âm được thực hiện tại phòng thí nghiệm thuộc bộ môn Xây dựng công trình ngầm và mỏ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

3. Kết quả và thảo luận

Các giá trị của khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông và độ sụt của các mẫu bê tông nghiên cứu được thể hiện trong Bảng 6. Các kết quả được đo trực tiếp trong điều kiện phòng thí nghiệm và xử lý theo TCVN 6702:2013 (TCVN 6702:2013, 2013). Từ dữ liệu trên Bảng 6 cho thấy bê tông chế tạo từ cát nghiền và thay thế 30% lượng xi măng bằng tro bay có khối lượng thể tích ở 0 ngày tuổi và 28 ngày tuổi chỉ chênh lệch nhỏ khoảng 1 - 2%. Trong khi đó, bê tông sử dụng cát vàng Sông Lô có xu hướng khối lượng thể tích cao hơn. Cần nghiên cứu bổ sung với số lượng mẫu lớn hơn để xác nhận xu hướng này. Tuy nhiên, kết quả thí nghiệm bước đầu cho thấy hỗn hợp bê tông sử dụng cát nghiền vẫn bảo đảm tính công tác tốt, với độ sụt khoảng 10 - 11 cm và cường độ nén ở tuổi 28 ngày đạt trên 40 MPa, qua đó cho thấy tiềm năng sử dụng loại cát này cho bê tông kết cấu.

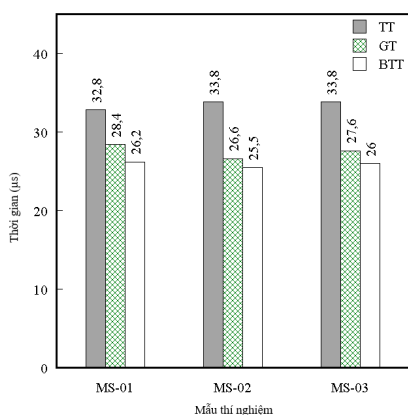
Bảng 6. Tính chất vật lý của mẫu bê tông sau khi rắn chắc

Mẫu	Độ sụt của hỗn hợp bê tông, cm	Thể tích mẫu, cm ³	Mẫu ở 0 ngày tuổi		Mẫu ở 28 ngày tuổi	
			Khối lượng, gam	Khối lượng thể tích, g/cm ³	Khối lượng, gam	Khối lượng thể tích, g/cm ³
MS-01	10	3.375	7.811	2,31	7.929	2,35
MS-02		3.375	7.822	2,32	7.950	2,36
MS-03		3.375	7.846	2,32	7.966	2,36
NS-01	11	3.375	7.967	2,36	8.092	2,40
NS-02		3.375	7.968	2,36	8.096	2,40
NS-03		3.375	8.003	2,37	8.123	2,41

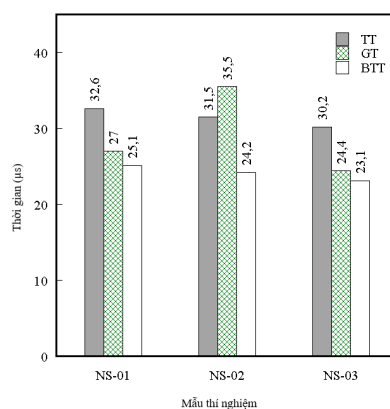
Bảng 7. Kết quả thí nghiệm nén và uốn mẫu bê tông

Độ bền nén, MPa				Độ bền uốn, MPa			
Mẫu	7 ngày	14 ngày	28 ngày	Mẫu	7 ngày	14 ngày	28 ngày
MS-01	17,62	23,49	42,71	MS-04	4,71	6,42	6,56
MS-02	17,60	23,46	42,66	MS-05	3,47	4,73	6,31
MS-03	17,15	22,86	41,57	MS-06	3,72	5,08	6,77
NS-01	25,14	33,52	41,90	NS-04	4,42	5,89	6,76
NS-02	25,39	33,86	42,32	NS-05	4,06	5,41	7,44
NS-03	24,52	32,69	40,86	NS-06	4,46	5,95	7,36

Kết quả thí nghiệm nén và uốn ba điểm cho thấy ở giai đoạn tuổi sớm, cấp phối sử dụng cát nghiền kết hợp 30% tro bay thay thế xi măng có cường độ nén và cường độ uốn thấp hơn so với cấp phối sử dụng cát vàng Sông Lô trong cùng điều kiện thí nghiệm. Tuy nhiên, từ 14 đến 28 ngày tuổi, cường độ của cấp phối sử dụng cát nghiền tăng rõ rệt. Ở tuổi 28 ngày, cường độ nén trung bình của cấp phối MS đạt khoảng 42,31 MPa, khá gần với cấp phối NS đạt khoảng 41,69 MPa; trong khi đó, cường độ uốn trung bình của MS đạt khoảng 6,55 MPa, thấp hơn so với NS đạt khoảng 7,19 MPa.



a)



b)

Hình 6. Thời gian lan truyền xung trên mẫu bê tông, a) sử dụng cát nghiền; b) cát vàng Sông Lô
Trong đó: TT - phép đo xung siêu âm trực tiếp; BTT - phép đo xung siêu âm bán trực tiếp;
GT - phép đo xung siêu âm gián tiếp

Hình 6 thể hiện thời gian lan truyền sóng siêu âm theo ba phương pháp đo trực tiếp, bán trực tiếp và gián tiếp trên các mẫu bê tông. Kết quả cho thấy thời gian lan truyền và vận tốc xung siêu âm của hai loại bê tông không có sự khác biệt lớn. Đồng thời, dữ liệu cũng cho thấy sự khác biệt về thời gian lan truyền giữa ba cấu hình đo, chủ yếu liên quan đến chiều dài đường truyền hiệu dụng và vị trí bố trí đầu phát - đầu thu trong từng phương pháp. Đối với các mẫu bê tông sử dụng cát vàng Sông Lô, hai mẫu NS-01 và NS-03 cho xu hướng tương tự nhau. Tuy nhiên, mẫu NS-02 có sự sai khác, trong đó thời gian lan truyền xung đo theo phương pháp gián tiếp lớn nhất. Sai khác này có thể xuất phát từ sai số trong quá trình đo. Theo ASTM International (2016), vận tốc truyền xung siêu âm trong bê tông phụ thuộc vào độ đặc chắc, độ rỗng, mức độ đồng nhất của vật liệu và trạng thái khuyết tật bên trong. Vận tốc lan truyền xung cao thường phản ánh bê tông có cấu trúc đặc chắc và đồng đều, trong khi vận tốc thấp có thể liên quan đến sự tồn tại của khuyết tật hoặc độ không đồng nhất trong vật liệu.

Từ dữ liệu thời gian truyền sóng, vận tốc xung siêu âm được xác định theo công thức (ASTM International, 2016):

$$v = \frac{L}{T} \quad (1)$$

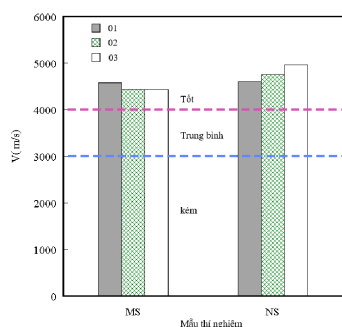
Trong đó:

v : Tốc độ sóng (m/s);

L : Khoảng cách giữa đầu phát và đầu nhận xung (m);

T : Thời gian truyền sóng (s).

Trong thí nghiệm này, từ dữ liệu thời gian lan truyền sóng xung trong trường hợp đo theo phương pháp trực tiếp thu được, với khoảng cách đặt hai đầu thu và phát xung là $L = 150$ mm, ta có biểu đồ quan hệ giữa vận tốc truyền sóng xung và chất lượng các mẫu bê tông như sau:



a)



b)

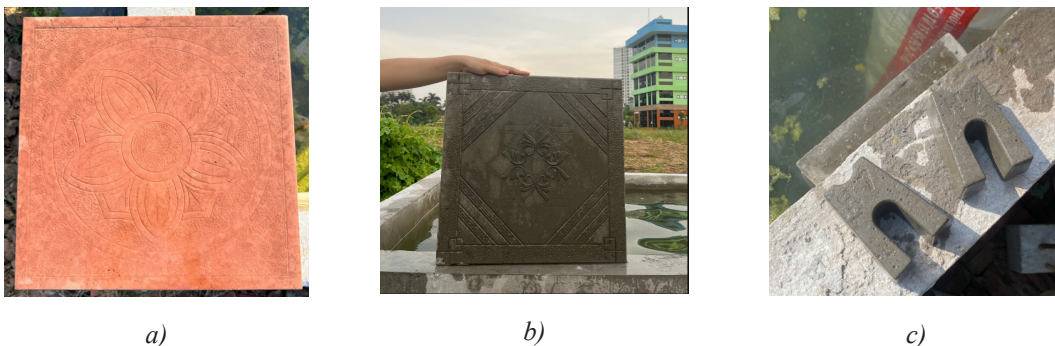


c)

Hình 7. Kết quả đo xung trên các mẫu bê tông, a) vận tốc xung; b) hình dạng xung theo phương pháp trực tiếp; c) hình dạng xung theo phương pháp bán trực tiếp

Kết quả vận tốc truyền xung siêu âm ở Hình 7a cho thấy các mẫu bê tông chế tạo từ cát nghiền có vận tốc truyền xung nhỏ hơn không đáng kể so với các mẫu chế tạo từ cát vàng Sông Lô; tuy nhiên, tất cả các mẫu đều có vận tốc truyền xung lớn hơn 4.000 m/s, cho thấy bê tông có cấu trúc tương đối đặc chắc và mức độ đồng nhất khá tốt. Hình 7b và 7c thể hiện dạng xung điển hình của các mẫu bê tông sử dụng cát nghiền kết hợp thay thế 30% xi măng bằng tro bay; các xung thu được có đỉnh rõ, tín hiệu tương đối ổn định và chưa cho thấy sự khác biệt lớn giữa hai cấp phối bê tông trong điều kiện thí nghiệm hiện tại.

Trên cơ sở phân tích các kết quả thí nghiệm về tính chất cơ lý, cường độ nén, cường độ uốn và đo xung siêu âm không phá hủy, kết quả nghiên cứu cho thấy có khả năng chế tạo các sản phẩm bê tông từ cát nghiền nguồn gốc đá thải mỏ kết hợp với 30% tro bay thay thế xi măng. Ngoài việc chế tạo thành công cấp phối bê tông ở quy mô phòng thí nghiệm, nhóm tác giả còn tiến hành tạo hình thử nghiệm một số sản phẩm ứng dụng khác bao gồm sản phẩm gạch lát có kích thước 40×40×40 cm và con kê bê tông H7 sử dụng trong thi công sàn công trình xây dựng dân dụng như thể hiện ở Hình 8.



Hình 8. Tạo hình sản phẩm ứng dụng trong xây dựng, a) gạch lát màu; b) gạch lát; c) con kê bê tông

4. Kết luận

Nghiên cứu đã tiến hành chế tạo và đánh giá bước đầu bê tông sử dụng cát nghiền từ đá thải mỏ kết hợp với 30% tro bay thay thế xi măng. Kết quả thí nghiệm cho thấy hỗn hợp bê tông đạt độ sụt trong khoảng 10 - 11 cm, đảm bảo tính công tác phù hợp cho thi công trong điều kiện phòng thí nghiệm. Ở tuổi 28 ngày, các mẫu bê tông sử dụng cát nghiền và thay thế 30% xi măng bằng tro bay đạt cường độ nén trên 40 MPa, đáp ứng yêu cầu đối với bê tông dùng trong kết cấu xây dựng. So sánh với bê tông sử dụng cát vàng Sông Lô trong cùng điều kiện thí nghiệm cho thấy ở tuổi 28 ngày, cường độ nén của hai cấp phối khá gần nhau, trong khi cường độ uốn của cấp phối sử dụng cát nghiền thấp hơn ở mức nhất định. Kết quả thí nghiệm không phá hủy bằng phương pháp xung siêu âm cho thấy vận tốc truyền sóng của các mẫu bê tông đều lớn hơn 4.000 m/s, phản ánh cấu trúc bê tông tương đối đặc chắc và mức độ đồng nhất khá tốt. Điều này cho thấy việc sử dụng cát nghiền từ đá thải mỏ kết hợp tro bay không làm suy giảm đáng kể chất lượng bê tông so với vật liệu truyền thống. Trên cơ sở các kết quả thí nghiệm cơ học và kiểm tra không phá hủy, nghiên cứu cũng thử nghiệm chế tạo một số sản phẩm ứng dụng như gạch lát và con kê bê tông phục vụ thi công xây dựng. Các sản phẩm tạo hình bước đầu cho thấy tiềm năng ứng dụng thực tế của nguồn vật liệu tái chế này trong lĩnh vực xây dựng. Tuy nhiên, do phạm vi nghiên cứu còn hạn chế về số lượng mẫu và điều kiện thí nghiệm, cần tiếp tục thực hiện các nghiên cứu sâu hơn với quy mô mẫu lớn hơn, đồng thời khảo sát thêm các tỷ lệ thay thế tro bay và các mức thay thế cát tự nhiên khác nhau. Bên cạnh đó, các chỉ tiêu về độ bền lâu dài, co ngót, khả năng chống thấm và độ bền môi trường cũng cần được nghiên cứu bổ sung nhằm đánh giá toàn diện hơn khả năng ứng dụng của loại bê tông này trong thực tế.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Phòng Thí nghiệm thuộc Bộ môn Xây dựng Công trình Ngầm và Mỏ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất đã hỗ trợ về cơ sở vật chất, thiết bị và kỹ thuật thí nghiệm trong suốt quá trình thực hiện nghiên cứu. Nhóm tác giả cũng xin chân thành cảm ơn Công ty Cổ phần Thương mại Dung Huy đã tài trợ nguồn cát nhân tạo phục vụ cho các thí nghiệm trong nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

1. ASTM International, 2016. *ASTM C597 - Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*. West Conshohocken, PA.
2. Benahsina A., El Haloui Y., Taha Y., Elomari M., & Bennouna M. A. 2022. Natural sand substitution by copper mine waste rocks for concrete manufacturing. *Journal of Building Engineering*, 47, 103817.
3. El Machi A., El Berdai Y., Mabroum S., Safhi A. E. M., Taha Y., Benzaazoua M., & Hakkou R. 2024. Recycling of mine wastes in the concrete industry: A review. *Buildings*, 14, 1508.
4. Global Cement and Concrete Association (GCCA), 2025. *Net Zero Action and Progress Report*. Global Cement and Concrete Association.



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC GIA

PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

KHOA HỌC CÔNG NGHỆ MỎ VÀ MÔI TRƯỜNG

Sustainable Development of Mining Science, Technology and Environment



ISBN: 978-632-615-267-8



9 786326 152678

Sách không bán