



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

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC

Trường Đại học Mở - Địa chất (HUMG)

CÁC ĐƠN VỊ PHỐI HỢP TỔ CHỨC

Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam

Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam

Tổng hội Địa chất Việt Nam

Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam

Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu

Hội Cơ học Đá Việt Nam

Hội Công trình ngầm Việt Nam

Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam

Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam

Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam

Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

Hội Khoa học Kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam

Hội Kỹ thuật Nổ mìn Việt Nam

Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam

Viện Địa chất và Địa vật lý biển

Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ

Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai

Trường Đại học Thủ Dầu Một

BAN TỔ CHỨC

Trưởng ban

GS.TS Trần Thanh Hải, Trường Đại học Mở Địa - chất

Phó Trưởng ban

GS.TS. NGƯT Bùi Xuân Nam, Trường Đại học Mở - Địa chất

PGS.TS Triệu Hùng Trường, Trường Đại học Mở - Địa chất

Ủy viên

GS.TS. NGƯT Võ Chí Mỹ, Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam

GS.TS Đỗ Như Tráng, Hội Cơ học Đá Việt Nam

PGS.TS Đỗ Ngọc Anh, Trường Đại học Mở - Địa chất

PGS.TS Lê Hồng Anh, Trường Đại học Mở - Địa chất

PGS. TS Đỗ Văn Bình, Trường Đại học Mở - Địa chất

PGS.TS Nguyễn Công Giang, Hội Công trình ngầm Việt Nam

PGS.TS Phạm Văn Hòa, Trường Đại học Mở - Địa chất

PGS.TS Phùng Mạnh Đắc, Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

PGS.TS. NGƯT Nguyễn Văn Lâm, Hội Địa chất Thủy văn Việt Nam

PGS.TS Khổng Cao Phong, Trường Đại học Mở - Địa chất

PGS.TS. NGƯT Nguyễn Phương, Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam

PGS.TS Đặng Trung Thành, Trường Đại học Mở - Địa chất

PGS.TS. NGND Tạ Đức Thịnh, Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam

PGS.TS Lê Đức Tình, Trường Đại học Mở - Địa chất

PGS.TS Nguyễn Như Trung, Hội Khoa học kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam

PGS.TS Nguyễn Thế Vinh, Trường Đại học Mở - Địa chất

TS Trần Thị Phúc An, Trường Đại học Mở - Địa chất

TS Đỗ Huy Cường, Viện Địa chất và Địa vật lý biển

TS Công Tiến Dũng, Trường Đại học Mở - Địa chất

TS Nguyễn Tiến Dũng, Trường Đại học Mở - Địa chất

TS Ngô Hồng Diệp, Trường Đại học Thủ Dầu Một

TS Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*

TS Nguyễn Đắc Đồng, *Tổng hội Địa chất Việt Nam*

TS Lê Quốc Hùng, *Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam*

TS Lê Đại Ngọc, *Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu*

TS Đào Hồng Quảng, *Viện Khoa học Công nghệ Mỏ*

TS Lê Văn Quyền, *Hội Kỹ thuật Nô mìn Việt Nam*

TS Bùi Thị Thu Thủy, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS Đặng Kim Triết, *Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai*

BAN KHOA HỌC

Trưởng ban

GS.TS. NGUYỄN Bùi Xuân Nam, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Phó trưởng ban

PGS.TS. ĐỖ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Ủy viên

GS.TSKH. NGUYỄN Hoàng Ngọc Hà, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

GS.TS. NGUYỄN Võ Trọng Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

GS.TS. NGUYỄN Trương Xuân Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

GS.TS. ĐỖ Như Tráng, *Hội Cơ học Đá Việt Nam*

PGS.TS. ĐỖ Văn Bình, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Phùng Mạnh Đắc, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*

PGS.TS. Phạm Văn Hòa, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Lê Văn Hưng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Hoàng Văn Long, *Viện Dầu khí Việt Nam*

PGS.TS. Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Nguyễn Quang Minh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Phạm Xuân Núi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Không Cao Phong, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Bùi Ngọc Quý, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Ngô Xuân Thành, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. NGUYỄN Tạ Đức Thịnh, *Hội Địa chất Công trình và Môi trường Việt Nam*

PGS.TS. Nguyễn Thế Vinh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Nguyễn Văn Xô, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Lê Hồng Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. ĐỖ Huy Cường, *Viện Địa chất và Địa vật lý biển, Viện Hàn lâm Khoa học và công nghệ Việt Nam*

TS. Nguyễn Đại Đồng, *Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam*

TS. Công Tiến Dũng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Bùi Thị Thu Thủy, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

BAN BIÊN TẬP

Trưởng ban

TS. Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Phó Trưởng ban

TS. Nguyễn Viết Nghĩa, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Ủy viên

PGS.TS. Tống Thị Thanh Hương, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. Bùi Ngọc Quý, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

PGS.TS. ĐỖ Như Ý, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Nguyễn Thị Mai Dung, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

BAN THỦ KÝ

Trưởng ban

PGS.TS. ĐỖ Ngọc Anh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Phó Trưởng ban

TS. Nguyễn Thạc Khánh, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Ủy viên

PGS.TS. Phạm Văn Luận, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Tô Xuân Bản, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Lê Quang Duyên, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Nguyễn Mạnh Hùng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Nguyễn Duy Huy, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Nguyễn Quốc Phi, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Ngô Thanh Tuấn, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Phạm Đức Thọ, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

TS. Trần Thị Hải Vân, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

ThS. Hoàng Thu Hằng, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

ThS. Nguyễn Thanh Hải, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

ThS. Phạm Đức Nghiệp, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

MỤC LỤC

Tuổi đồng vị U–Pb và đặc điểm địa hoá của zircon trong đá biến chất nhiệt độ siêu cao thuộc phức hệ Kannack, địa khối Kontum, Việt Nam <i>Bùi Thị Sinh Vương, Yasuhito Osanai, Nobuhiko Nakano, Tatsuro Adachi, Ippei Kitano</i>	01
Các đá granit liên quan với khoáng sản wolfram trong cấu trúc Lô Gâm MBVN: Minh chứng từ thạch học, địa hóa và tuổi đồng vị <i>Phạm Thị Dung, Nevolko P.A, Svetlistkaia T.V, Nguyễn Thế Hậu, Trần Trọng Hòa</i>	07
Sự kiện kiến tạo Neoproterozoic khu vực Tây Bắc Việt Nam và ý nghĩa với kiến tạo khu vực <i>Bùi Vinh Hậu, Yoonsup Kim, Ngô Xuân Thành</i>	14
Ảnh hưởng của vận động tân kiến tạo đến sự biến đổi dòng của các dòng sông, ứng dụng nghiên cứu trong lưu vực sông Hương, Thừa Thiên Huế <i>Bùi Vinh Hậu, Trần Thanh Hải, Ngô Thị Kim Chi, Phan Văn Bình</i>	20
Nghiên cứu hoạt động tân kiến tạo và các tai biến địa chất liên quan khu vực đô thị Hội An và lân cận <i>Ngô Thị Kim Chi, Trần Thanh Hải, Bùi Vinh Hậu, Nguyễn Quốc Hưng, Phan Văn Bình, Bùi Thị Thu Hiền, Nguyễn Xuân Nam, Hoàng Ngô Tự Do</i>	26
Đặc điểm Foraminifera trong trầm tích Holocen khu vực đồng bằng sông Cửu Long <i>Ngô Thị Kim Chi, Trần Thanh Hải, Nguyễn Trung Thành, Bùi Vinh Hậu, Bùi Thị Thu Hiền, Phan Văn Bình, Phạm Thị Thanh Hiền</i>	32
Bằng chứng kiến tạo hoạt động khu vực Mường Tè dựa trên chỉ số địa mạo dòng chảy trích xuất từ ảnh ALOS DEM <i>Vũ Anh Đạo, Ngô Xuân Thành, Đinh Thị Huế, Phạm Thế Truyền, Bùi Thị Thu Hiền, Trần Trung Hiếu</i>	37
Two distinct mantle domains beneath Southeast Asia manifested by surface intraplate volcanism <i>Nghiêm Van Dao, Thanh Xuan Ngo, Trinh Hai Son, Pham Ngoc Dung</i>	43
Middle Cambrian Gabbro in the Tam Ky – Phuoc Son suture zone: Evidence from U-Pb zircon age <i>Bui Vinh Hau, Ngo Thi Kim Chi, Nguyen Quoc Hung, Phan Van Binh, Dang Quoc Huy, Ngo Xuan Thanh</i>	50
Đặc điểm thạch địa hóa các đá magma gabbro khu vực Hiệp Đức: Bằng chứng về magma cung lục địa giai đoạn Cambri muộn <i>Ngô Xuân Thành, Nguyễn Quốc Hưng, Phan Văn Bình, Bùi Thị Thu Hiền</i>	55
Composition of relic spinel mineral from the Hiep Duc serpentized peridotite and its significance on petrogenesis <i>Nguyen Quoc Hung, Phan Van Binh, Ngo Xuan Thanh, Pham Ngoc Dung, Nguyen Thi Hong Hanh</i>	61
Nghiên cứu phát triển sản phẩm du lịch tại công viên địa chất Lạng Sơn <i>Phạm Thị Thanh Hiền, Đỗ Mạnh An, Phạm Trường Sinh, Nguyễn Trung Thành, Phan Văn Bình, Dương Thị Hồng Đài</i>	67
Đặc điểm địa mạo đảo Lý Sơn và tiềm năng phát triển du lịch địa chất <i>Phan Văn Bình, Ngô Xuân Thành, Bùi Thị Thu Hiền, Phạm Trường Sinh, Nguyễn Trung Thành, Phạm Thị Thanh Hiền, Dương Thị Hồng Đài</i>	72

Nghiên cứu độ ổn định khối đất đá – trạm quạt mức + 30 khi khai thác tận thu vỉa H10 Công Ty Cổ Phân Than Mông Dương – Vinacomin Đào Viết Đoànn Vũ Trung Tiến, Đỗ Anh Sơn	771
Ảnh hưởng của công nghệ kỹ thuật bơm vữa đến một số ứng xử cơ học của cọc đường kính nhỏ micropile: Nghiên cứu tổng quan Bùi Văn Đức , Nguyễn Văn Mạnh	782
Nghiên cứu ổn định nền móng và công trình ngầm có xét đến tính từ biến của đá Nguyễn Huy Hiệp, Nguyễn Duyên Phong	789
Nghiên cứu một số mô hình vật liệu nâng cao trong mô phỏng ứng xử của đất rời chịu tác dụng của tải trọng chu kỳ theo phương thẳng đứng Phạm Văn Hùng	795
Nghiên cứu những ứng xử cơ học của đất rời dưới tác dụng của tải trọng chu kỳ theo phương thẳng đứng Phạm Văn Hùng, Vũ Minh Ngạn, Phạm Thị Nhàn	801
Nghiên cứu ảnh hưởng của cường độ bê tông gốc đến cường độ của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế Đặng Quang Huy, Phạm Đức Thọ, Vũ Minh Ngạn	808
Ảnh hưởng của nhiệt độ dung dịch khoan đến sự phân bố ứng suất của đá khô-nóng xung quanh giếng khoan ở tầng địa chất sâu Trần Nam Hưng, Nguyễn Thị Thu Nga, Phạm Đức Thọ, Triệu Hùng Trường	815
Nghiên cứu đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả chống lò bằng vì neo trong các mỏ than hàm lò của TKV giai đoạn 2020-2025 Đặng Văn Kiên, Trần Duy Học, Mai Xuân Thanh Tuấn, Võ Trọng Hùng, Nông Việt Trung	822
Nghiên cứu ảnh hưởng của tương quan vị trí đường lò phía dưới bãi thải mặt mỏ đến ứng xử cơ học của kết cấu chống giữ đường lò tại vùng than Quảng Ninh Đặng Văn Kiên, Đỗ Ngọc Anh, Lê Chí Kiên, Ngô Đức Quyền, Mai Xuân Thanh Tuấn, Nguyễn Hữu Sà	830
Nghiên cứu chế tạo gạch không nung sử dụng chất kết dính geopolymer Tăng Văn Lâm, Nguyễn Trung Hiếu, Võ Đình Trọng, Vũ Trọng Khang, Nguyễn Quốc Chuẩn ...	840
Một số công nghệ tiên tiến trong thăm dò, nâng cấp và thay thế đường ống hạ tầng kỹ thuật tại các khu đô thị Việt Nam Vũ Minh Ngạn , Đặng Quang Huy, Trần Hồng Hạnh, Phạm Văn Hùng, Lê Anh Quân	846
Numerical simulation of a case of bored piles combined with ground anchor reinforcement for deep excavation Pham Thi Nhan	852
Nghiên cứu ảnh hưởng của đứt gãy đến sự biến đổi cơ học trong khối đá xung quanh công trình ngầm khi chịu động đất Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Ngọc Huệ, Nguyễn Quang Minh, Nguyễn Văn Mạnh, Trần Tuấn Minh	858
Nghiên cứu ứng xử của đường hầm và kết cấu ngầm công trình lân cận trong điều kiện xây dựng đô thị Đỗ Ngọc Thái, Nguyễn Huy Hiệp, Nguyễn Văn Quang	864

Nghiên cứu chế tạo gạch không nung sử dụng chất kết dính geopolimer

Tăng Văn Lâm^{1,*}, Nguyễn Trung Hiếu¹, Võ Đình Trọng¹, Vũ Trọng Khang², Nguyễn Quốc Chuẩn³

¹Trường Đại học Mở - Địa chất

²Ban quản lý các dự án xây dựng huyện Lương Tài

³Trường Đại học Thủy Lợi

TÓM TẮT

Những năm gần đây, vật liệu thân thiện với môi trường, đặc biệt là vật liệu không nung đã phát triển mạnh mẽ. Hiện nay, việc sử dụng các loại vật liệu không nung được khuyến khích sử dụng rộng rãi trong hầu hết các công trình xây dựng. Công nghệ vật liệu không nung là công nghệ sạch, thân thiện môi trường, không phát thải các loại khí độc hại gây ô nhiễm môi trường trong quá trình sản xuất như vật liệu truyền thống. Trong bài viết này trình bày nghiên cứu chế tạo gạch không nung, được chế tạo từ hỗn hợp bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer. Trong đó, chất kết dính Geopolymer được nhào trộn từ hỗn hợp tro bay nhiệt điện, xi luyện kim kết hợp với dung dịch kiềm hoạt hóa. Phương pháp nghiên cứu được thực hiện theo các tiêu chuẩn Việt Nam. Những kết quả thu được cho thấy hỗn hợp bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer sau khi nhào trộn có độ chảy dẻo cao. Cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày dao động trong khoảng trên 70 MPa tùy theo tỷ lệ vật liệu sử dụng. Sản phẩm gạch không nung thu được có màu sắc từ xám đậm đến xám nhạt tùy theo hàm lượng tro bay và xi lò cao. Bề mặt sản phẩm khi chế tạo nhẵn, ít lỗ rỗng hơn so với gạch xi măng cát thông thường.

Từ khóa: Gạch không nung; chất kết dính Geopolymer; ô nhiễm môi trường; chất thải công nghiệp; xây dựng bền vững.

1. Đặt vấn đề

Những năm gần đây, vật liệu thân thiện với môi trường, đặc biệt là vật liệu không nung đã phát triển mạnh mẽ. Hiện nay, việc sử dụng các loại vật liệu không nung được khuyến khích sử dụng rộng rãi trong hầu hết các công trình xây dựng (Thủ tướng Chính phủ, 2021). Công nghệ vật liệu không nung là công nghệ sạch, thân thiện môi trường, không phát thải các loại khí độc hại gây ô nhiễm môi trường trong quá trình sản xuất như vật liệu truyền thống. Ngoài ra, vật liệu không nung đã sử dụng nguồn phế thải công nghiệp để sản xuất, là sự đóng góp lớn đối với việc phát triển công trình xanh bền vững.

Sản xuất gạch đất sét nung truyền thống và hoạt động sản xuất xi măng được cho là đã gây ô nhiễm nghiêm trọng do mức độ phát thải khí Carbon dioxide, khói bụi, khí độc và cạn kiệt nguồn tài nguyên thiên nhiên (Efficiency, 2007). Việc sử dụng các loại gạch không nung thay thế gạch đất sét nung truyền thống là xu hướng tất yếu. Hiện nay ở Việt Nam có hai loại gạch đang được sử dụng rộng rãi là gạch đất sét nung truyền thống và gạch xi măng-cát không nung.

Gạch đất sét nung truyền thống sử dụng nguyên liệu từ đất sét, gây cạn kiệt nguồn tài nguyên thiên nhiên. Hơn nữa với loại gạch này cần một lượng lớn than-nhiên liệu trong quá trình nung luyện, việc này thải ra lượng lớn CO₂ ra môi trường (Kiều Quý Nam và nnk., 2010).

Gạch không nung được chế tạo từ hỗn hợp xi măng-cát tự nhiên mà xi măng được tạo ra từ nguyên liệu là đất sét và đá vôi, cát thì khai thác trên các lòng sông. Điều này cũng làm cạn kiệt nguồn tài nguyên thiên nhiên, đồng thời việc sản xuất xi măng cũng thải ra lượng lớn khí nhà kính (CO₂) và khói bụi... gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng (Bộ xây dựng, 2013).

Việt Nam đang trong thời kỳ công nghiệp hoá, hiện đại hoá nên nhu cầu sử dụng điện từ các nhà máy nhiệt điện, gang - thép dùng để xây dựng các nhà máy xí nghiệp. Việc này khiến các nhà máy nhiệt điện, gang thép đã phát thải ra các loại tro - xỉ ngày càng lớn, tồn ứ tại các bãi chứa, gây ô nhiễm môi trường, phá hủy các chu kỳ sinh thái. Do đó việc tái sử dụng triệt để hơn các loại phế thải rắn công nghiệp để tạo

*Tác giả liên hệ

Email: tangvanlam@humg.edu.vn

ra các sản phẩm bê tông Geopolymer không gây ô nhiễm môi trường thứ cấp là rất cần thiết (Tăng Văn Lâm nnk., 2020). Bên cạnh đó, trong giai đoạn hiện nay Việt Nam đã và đang định hướng theo nền kinh tế tuần hoàn, tiết kiệm nguồn tài nguyên, giảm trách nhiệm pháp lý về bảo vệ môi trường, quản lý chất thải. Vì vậy, đẩy mạnh việc xử lý, tiêu thụ nhiều hơn nữa các loại tro, xỉ phát thải từ các nhà máy nhiệt điện và luyện kim làm nguyên liệu sản xuất bê tông, sản xuất gạch không nung và dùng trong công trình xây dựng là hết sức quan trọng trong giai đoạn hiện nay (Nguyễn Thanh Bằng và nnk., 2019).

Do đó, mục đích của bài báo này là chế tạo gạch không nung từ hỗn hợp bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer. Trong đó, chất kết dính Geopolymer được nhào trộn từ hỗn hợp tro bay nhiệt điện Phả Lại, xỉ lò cao Hòa Phát kết hợp với dung dịch kiềm hoạt hóa. Trong đó, tro bay và xỉ lò cao được sử dụng như là vật liệu alumino-silicat, dung dịch NaOH 12M và Na_2SiO_3 với mô đun silic $M_{\text{Si}} = 2,5$ được sử dụng như dung dịch kích hoạt. Quá trình thí nghiệm được thực hiện theo các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.

2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu sử dụng

2.1.1. *Vật liệu Alumino-silicat (ALS) gồm tro bay nhiệt điện Phả Lại và xỉ lò cao hoạt tính của Hòa Phát.*

(a). Tro bay (TB) loại F của nhiệt điện Phả Lại thỏa mãn các yêu cầu của TCVN 10302:2014.

(b). Xỉ lò cao hoạt tính (Xi) đã được sấy khô, hoạt hóa và nghiền mịn. Xi thải này đã được mua từ nhà máy thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 11586:2016. Các tính chất vật lý cơ bản và thành phần hóa học của tro bay và xỉ nhiệt điện Phả Lại được thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2.

Bảng 1. Tính chất vật lý của Tro bay nhiệt điện Phả Lại và xỉ lò cao hoạt tính Hòa Phát (Tăng Văn Lâm và nnk., 2022).

Loại vật liệu	Ký hiệu	Tỷ diện bề mặt riêng (m^2/g)	Khối lượng riêng (g/cm^3)	Khối lượng thể tích khô (kg/m^3)
Tro bay	TB	5,82	2,35	1575
Xỉ lò cao	Xi	0,37	2,92	1550

Bảng 2. Thành phần hóa học của Tro bay nhiệt điện Phả Lại và xỉ lò cao hoạt tính Hòa Phát

Loại vật liệu	Hàm lượng các ôxít có trong vật liệu (%)								Thành phần khác	Lượng mất khi nung
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO			
Tro bay	54,2	23,3	9,8	2,5	1,3	1,1	1,2	2,1	4,5	
Xỉ lò cao	36,3	12,5	3,4	4,5	0,4	0,3	40,1	1,3	1,2	

2.1.2. *Dung dịch hoạt hóa trong nghiên cứu này sử dụng là hỗn hợp Natri hydroxit – NaOH (dạng rắn) và dung dịch Natri silicat – Na_2SiO_3 .*

(a). Natri hydroxyt (NaOH) sử dụng ở dạng rắn (dạng vảy khô) được đặt mua tại công ty hóa chất Việt Nhật. Natri hydroxyt có màu trắng đục và độ tinh khiết 99%. Natri hydroxit thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 3794:2009 và TCVN 3793:1983. Trong nghiên cứu này, nồng độ mol/lít của dung dịch NaOH được sử dụng là 12 M với thành phần đã được tính toán theo công thức hóa học gồm: 34,7% NaOH và 65,3% nước.

(b). Dung dịch Natri silicat (Na_2SiO_3) được mua có nguồn gốc từ nhà máy hóa chất Việt Nhật có mô đun silic $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 2,5$. Dung dịch Natri silicat sử dụng có thành phần gồm: 11,8% Na_2O ; 29,5% SiO_2 và 58,7% nước, thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn 64TCN 38:1986.

2.1.3. *Cốt liệu nhỏ sử dụng trong nghiên cứu này là cát vàng sông Lô (C), loại hạt thô, chất lượng tốt, thỏa mãn yêu cầu của tiêu chuẩn TCVN 7570:2006. Trong thành phần của bê tông, cát vàng sông Lô là thành phần cốt liệu nhỏ trong loại bê tông này.*

2.1.4. *Phụ gia siêu dẻo được sử dụng là loại SR 5000F «SilkRoad» (SR5000). Đây là loại phụ gia giảm nước tầm cao, thế hệ 3, có thành phần dựa trên gốc Polycarboxylate. Phụ gia siêu dẻo SR 5000F thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 8826:2011.*

2.1.5. *Nước sạch (N) được sử dụng làm dung môi để pha chế dung dịch kiềm hoạt hóa, đồng thời được dùng để bảo dưỡng mẫu sau khi thí nghiệm, thỏa mãn của tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.*

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Thành phần hạt của cát được xác định trên bộ sàng tiêu chuẩn theo TCVN 7572-2:2006.

- Thành phần hỗn hợp bê tông không xi măng được tính toán và xác định theo phương pháp thể tích tuyệt đối và kết hợp với điều chỉnh bằng thực nghiệm.

- Tính công tác của hỗn hợp bê tông thí nghiệm được xác định bằng độ xòe của côn hình nón cụt kích thước 100x200x300 mm, phù hợp với TCVN 3121-3:2003.

- Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông được xác định bằng phương pháp cân khối lượng và đo thể tích trong thùng đo tiêu chuẩn, phù hợp với TCVN 3108:1993. Bên cạnh đó, khối lượng thể tích của mẫu thí nghiệm sau khi đã cứng rắn cũng được xác định, phù hợp với TCVN 3115: 1993.

- Cường độ kéo khi uốn và cường độ nén của mẫu vật liệu thí nghiệm được xác định theo TCVN 6016:2011. Kết quả cường độ của bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer được xác định trên cơ sở lực nén phá hoại các mẫu thí nghiệm hình lăng trụ với kích thước 40x40x160 mm ở các tuổi 3 ngày, 7 ngày, 14 ngày và 28 ngày.

2.3. Các yêu cầu đối với bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer

(i). Hỗn hợp bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer có tính công tác tốt với độ xòe $20 \div 25$ cm, được xác định trên thiết bị côn thử độ chảy hình nón cụt với kích thước 100x70x60 mm.

(ii). Có cường độ nén thiết kế ở tuổi 28 ngày đạt trên 70 MPa xác định trên các viên mẫu hình dầm kích thước 40x40x160 mm.

2.4. Lựa chọn tỷ lệ của vật liệu sử dụng

Từ những cơ sở trên kết hợp với các kết quả khảo sát thí nghiệm sơ bộ, nghiên cứu đã chọn được gốc các hệ số tỷ lệ vật liệu như trong Bảng 3.

Bảng 3. Tỷ lệ của các vật liệu sử dụng

Tỷ lệ vật liệu	$\frac{C}{ALS}$	$\frac{TB}{Xi}$	$\frac{SR5000}{ALS}$	$\frac{DDHH}{ALS}$	$\frac{Na_2SiO_3}{NaOH}$	KK
Giá trị	1,3	60/40 và 40/60	1%	0,35	2,5	3%

Trong đó: ALS là hàm lượng vật liệu Alumino-silicat, $ALS = TB + Xi$.

DDHH là hàm lượng dung dịch hoạt hóa, $DDHH = NaOH + Na_2SiO_3$.

KK – Hàm lượng không khí cuốn vào hỗn hợp bê tông khi nhào trộn.

2.5. Cấp phối bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer

Tính toán theo phương pháp thể tích tuyệt đối dựa trên các giá trị tỷ lệ vật liệu lựa chọn trong Bảng 2 và hiệu chỉnh cho phù hợp với các tính chất vật liệu sử dụng, nghiên cứu khảo sát 02 cấp phối của bê tông cường độ cao với thành phần như trong Bảng 4.

Bảng 4. Cấp phối sơ bộ của hỗn hợp bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer

Mẫu TN	$\frac{TB}{Xi}$	TB	Xi	C	SR5000	NaOH	Na_2SiO_3	$\frac{N}{R}$
M-01	60/40	519	346	1124	8,6	86	216	0,184
M-02	40/60	351	526	1141	8,8	88	219	0,184

Trong đó: N/R là tỷ lệ Nước/Rắn với thành phần "rắn" gồm hỗn hợp tro bay, xi lò cao và phần rắn của dung dịch hoạt hóa ($NaOH$, Na_2SiO_3) được coi là "chất kết dính".



(a)



(b)



(c)



(d)

Hình 1. (a)-Tro bay Phả Lại; (b)- Xi lò cao Hòa Phát; (c)- Dung dịch Na_2SiO_3 và (d)- $NaOH$ ở dạng rắn
Ngoài ra, do hiện nay ở Việt Nam chưa có tiêu chuẩn để xác định thành phần của bê tông sử dụng chất

kết dính không xi măng. Do đó, thành phần cấp phối sơ bộ trong nghiên cứu này được tính toán dựa trên phương trình của phương pháp thể tích tuyệt đối với hàm lượng không khí cuốn vào trong hỗn hợp bê tông khi nhào trộn là 3%.

3. Kết quả và thảo luận

Thực nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm đã xác định khối lượng thể tích và độ chảy xòe của hỗn hợp bê tông ở trạng thái dẻo. Bên cạnh đó, một số tính chất quan trọng của bê tông Geopolymer ở trạng thái rắn cũng đã được xác định. Các kết quả thực nghiệm được thể hiện trong Bảng 5.

3.1. Tính chất của hỗn hợp bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer

Từ kết quả trong Bảng 5 cho thấy, khi thay đổi tỷ lệ tro bay/xi luyện kim từ 60/40 đến 40/60 thì tính công tác của hỗn hợp bê tông thay đổi đáng kể. Độ xòe ngay sau khi nhào trộn của hỗn hợp bê tông giảm từ 24 cm xuống 20 cm. Hỗn hợp thu được có tính công tác tốt hơn bê tông xi măng truyền thống mặc dù với tỷ lệ Nước/Rắn = 0,184. Điều này được giải thích một phần do không có xi măng Portland, lượng nước không bị mất do xi măng thủy hóa, đồng thời do tác động tương hỗ của phụ gia siêu dẻo SR 5000F và hỗn hợp bê tông không có cốt liệu lớn, nên hỗn hợp sau khi nhào trộn vẫn có tính công tác rất tốt, độ dẻo cao, độ đồng nhất tốt, không có hiện tượng phân tầng tách lớp giữa các thành phần trong bê tông sau khi nhào trộn.

Mặt khác, với sự tăng hàm lượng xi nhiệt điện từ 40% lên 60% đã làm tăng hàm lượng ôxít canxi (CaO). Sự hòa tan Cation Ca^{2+} từ ôxít CaO trong xi luyện kim là một nguyên nhân dẫn đến lượng nước dư thừa giảm, kết quả là giảm dần độ xòe của hỗn hợp bê tông sau nhào trộn (Chindaprasirt et al., 2009). Đó là nguyên nhân tác động đến tính công tác của hỗn hợp bê tông sau khi nhào trộn đã giảm 15%.

Hơn nữa, khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông không xi măng được xác định theo phương pháp tiêu chuẩn trong thùng đong có thể tích 1 lít. Giá trị khối lượng thể tích trung bình của các cấp phối bê tông này là 2,28 tấn/m³, giá trị này nhỏ hơn so với khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông xi măng truyền thống. Điều này được giải thích là do trong thành phần không có cốt liệu lớn và khối lượng riêng của tro xi trong hỗn hợp bê tông này đều nhỏ hơn khối lượng riêng của xi măng Portland.

Bảng 5. Tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer

Stt	Tính chất		M-01		M-02	
			Trung bình	Độ lệch chuẩn	Trung bình	Độ lệch chuẩn
1	Độ chảy xòe của hỗn hợp bê tông (cm)		24	0,85	20	0,93
2	Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông (kg/m ³)		2235	16,24	2318	15,67
3	Khối lượng thể tích của bê tông ở tuổi 28 ngày (kg/m ³)		2205	14,67	2290	13,09
4	Cường độ kéo khi uốn (MPa) tại tuổi:	3 ngày	2,15	0,57	2,26	0,65
		7 ngày	4,22	0,89	4,35	0,78
		14 ngày	5,58	1,26	5,67	1,61
		28 ngày	6,71	1,55	7,02	2,12
5	Cường độ nén (MPa) tại tuổi:	3 ngày	24,8	2,85	24,9	2,35
		7 ngày	43,2	3,34	46,5	3,75
		14 ngày	59,9	4,05	60,1	4,67
		28 ngày	70,5	5,26	73,5	5,66

3.2. Tính chất cơ lý của bê tông sau khi rắn chắc

Từ số liệu trong Bảng 5 cho thấy, cả 02 cấp phối bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer đều có giá trị cường độ nén trung bình đạt trên 70 MPa tại tuổi 28 ngày, đạt mục tiêu thiết kế về cường độ nén.

Hơn nữa, tỷ số cường độ kéo khi uốn và cường độ nén của các mẫu thí nghiệm dao động khoảng 1/9÷1/11. Tỷ số này tương đồng so với bê tông xi măng truyền thống (Nguyễn Văn Tuấn et al., 2018). Điều này cho thấy giá trị cường độ kéo khi uốn của loại bê tông này tuy được gia tăng nhưng tỷ số cường độ kéo/cường độ nén thay đổi không đáng kể.

Mặt khác, khối lượng thể tích trung bình của các mẫu thí nghiệm sau khi rắn chắc 28 ngày được xác định ở trạng thái bão hòa nước là 2,25 tấn/m³. Từ giá trị khối lượng thể tích này có thể khẳng định loại bê tông chất lượng cao hạt mịn không xi măng được xếp vào loại đá nhân tạo tương đối nặng. Tuy nhiên, giá

trị này đã giảm được khoảng 10÷15% so với khối lượng thể tích của bê tông xi măng thông thường được quy định trong TCVN 2737:2020 (Tiêu chuẩn Việt Nam, 2020).

Khi tỷ lệ TB/Xi thay đổi từ 60/40 (mẫu M-01) đến 40/60 (mẫu M-02) thì cường độ của mẫu thí nghiệm đã tăng từ 5-10%. Hiệu quả của sự kết hợp tro bay nhiệt điện và xi lò cao nghiền mịn trong thành phần bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer được biện giải bằng các hiệu ứng sau:

(i) – Tro bay nhiệt điện và xi lò cao đóng vai trò chính là vật liệu Alumino-silicat, vật liệu giàu nhôm và silic, cung cấp nguyên tử Si và Al cho quá trình polymer hóa và tạo ra các thành phần hoạt tính $[\text{SiO}(\text{OH})_3^-]$ và $[\text{Al}(\text{OH})_4^-]$. Kết quả của quá trình này là hình thành các gel Geopolymer có dạng $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ (C-A-S-H) và $\text{Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ (N-A-S-H), liên kết các thành phần hạt cốt liệu rời rạc lại với nhau (Ferdous et al., 2013; Kiều Quý Nam et al., 2020).

(ii) – Xi luyện kim có chứa một phần các khoáng vật ở dạng canxi-silicat (CaO.xSiO_2) có khả năng phản ứng thủy hoá với nước ngay trong điều kiện thường. Đặc tính này được gọi là hiệu ứng thủy lực của xi luyện kim trong quá trình nhào trộn với nước. Với hiệu ứng thủy lực, xi luyện kim đã tạo thành khoáng hidro-silicat- canxi ($\text{xCaO.ySiO}_2.\text{zH}_2\text{O}$ – C-S-H) vừa tăng tốc độ rắn chắc của hỗn hợp bê tông ở nhiệt độ thường vừa tăng cường độ cho mẫu thí nghiệm (Tăng Văn Lâm nnk., 2022).

(iii) – Khi thành phần xi luyện kim lớn, hàm lượng CaO hòa tan trong dung dịch kiềm hoạt hóa tăng, Ca^{2+} (trong xi lò cao) hòa tan đóng vai trò đầu mối liên kết giữa các lớp geopolymer với các hạt xi lò cao tạo thành các gel Ca-O-Si; Ca-O-Al; C-S-H hoặc C-A-S-H. Các gel này có một vai trò quan trọng là kết dính các hạt cốt liệu cũng như các hạt tro xi lại với nhau để tạo thành một khối thống nhất, cấu trúc đặc sít, giảm lỗ rỗng, do đó đã tăng độ đặc chắc và độ bền cơ học của sản phẩm sau khi chế tạo. Nhận định này khá tương đồng với các kết quả trong nhiều nghiên cứu trước đây (Тагг Ваг Лам et al., 2021).

3.3. Chế tạo gạch không nung từ bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer

Sau khi đã xác định được một số tính chất cơ bản của hỗn hợp bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer, nghiên cứu đã sử dụng 02 cấp phối trong Bảng 4 để chế tạo một số mẫu gạch không nung trong điều kiện phòng thí nghiệm. Mục đích chế tạo các sản phẩm gạch không nung trang trí, nghiên cứu này đã thực hiện trên khuôn mẫu được gia công từ gỗ ép với kích thước là 300x300x60 mm. Hỗn hợp vật liệu sau khi nhào trộn được đổ vào khuôn, đầm chặt và hoàn thiện bề mặt sản phẩm. Sản phẩm sau khi tạo hình được bảo dưỡng 1 ngày trong khuôn gỗ, tiếp đó tháo khuôn và hoàn thiện bề mặt của sản phẩm.

Sản phẩm gạch không nung được chế tạo trong phòng thí nghiệm có kích thước 300x300x60 mm với các đặc điểm sau:

- + Màu sắc từ xám đậm đến xám nhạt, tùy theo hàm lượng tro bay nhiệt điện và xi luyện kim.
- + Bề mặt mẫu sau khi chế tạo nhẵn, ít lỗ rỗng hơn gạch từ hỗn hợp xi măng-cát thông thường.
- + Khối lượng của mỗi viên gạch sau khi chế tạo khoảng 3,5 – 4,2 kg.
- + Khối lượng thể tích của sản phẩm có thể được điều chỉnh bằng cách sử dụng thêm thành phần cốt liệu nhẹ là hạt xốp phế thải.
- + Quá trình chế tạo đơn giản, tạo hình như gạch đất sét, nhưng không phải nung – luyện, do đó tiết kiệm nhiên liệu, giảm phát thải khí nhà kính và giảm giá thành sản phẩm.

4. Kết luận

Trên cơ sở các nguồn vật liệu, thải phẩm hiện có trong nước và từ kết quả thực nghiệm trong phạm vi của phòng thí nghiệm đã rút ra được một số kết luận như sau:

Khi hàm lượng xi luyện kim tăng từ 40% đến 60% trong thành phần bê tông thì độ xòe của hỗn hợp giảm từ 24 cm xuống 20 cm, nhưng khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông tăng từ 2235 kg/m³ đến 2318 kg/m³. Bên cạnh đó, khối lượng thể tích mẫu bê tông sau khi rắn chắc 28 ngày khoảng 2,25 tấn/m³.

Cường độ kéo khi uốn của mẫu bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer tại tuổi 28 ngày dao động trong khoảng 6,72 MPa đến 7,02 MPa, trong khi đó cường độ nén của mẫu ở tuổi 28 ngày dao động trong khoảng từ 71,0 MPa đến 73,5 MPa.

Trong giới hạn của nghiên cứu này, sản phẩm gạch không nung được chế tạo trong phòng thí nghiệm có kích thước 300x300x60 mm với đặc điểm như: Bề mặt mẫu sau khi chế tạo nhẵn, ít lỗ rỗng; màu sắc từ xám nhạt đến xám đậm; khối lượng mỗi viên khoảng 3,5 – 4,2 kg.

Từ thực nghiệm cho thấy, do hỗn hợp bê tông có độ dẻo cao nên quá trình chế tạo đơn giản, tạo hình như gạch đất sét, nhưng không phải nung – luyện, vì vậy đã tiết kiệm nhiên liệu, giảm phát thải khói bụi, khí nhà kính và giảm giá thành sản phẩm.

Lời cảm ơn

Các tác giả xin chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm Bộ môn Xây dựng công trình ngầm, Khoa Xây dựng cùng các em sinh viên Dương Thị Hương Ly, Phạm Đức Lương, Dương Hải Anh và Phạm Ngọc

Dương đã tham gia giúp đỡ thực hiện các thí nghiệm trong nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- Bộ xây dựng, 2013. *Thông tư số: 09/2012/TT-BXD ngày 28 tháng 11 năm 2012 Quy định sử dụng vật liệu xây không nung trong các công trình xây dựng*. 4 Tr.
- Chindaprasirt, P., Jaturapitakkul, C., Chalee, W., & Rattanasak, U., 2009. Comparative study on the characteristics of fly ash and bottom ash geopolymers. *Waste management*, 29(2), 539-543.
- Efficiency, E., 2007. Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ Emissions. *International Energy Agency, Paris, France*.
- Ferdous, M. W., Kayali, O., Khennane, A., 2013. A detailed procedure of mix design for fly ash based geopolymer concrete. In *Proceedings of the Fourth Asia-Pacific Conference on FRP in Structures (APFIS 2013)*, Melbourne, Australia, 11-13.
- Kiều Quý Nam, Nguyễn Ánh Dương, 2010. Nguyên liệu và công nghệ sản xuất vật liệu xây dựng không nung - một vài kết quả thử nghiệm. *Tạp chí Địa chất, loạt A (322 12 2010)*, Tr. 54-65.
- Nguyễn Thanh Bằng, Nguyễn Tiến Trung, Đinh Hoàng Quân, 2019. Nghiên cứu đánh giá chất lượng tro bay, xỉ lò cao của các nhà máy nhiệt điện và luyện kim ở Việt Nam. *KH&CN Thủy lợi*, số 57, 2019
- Tăng Văn Lâm, Vũ Trọng Khang, Nguyễn Trung Hiếu, Nguyễn Xuân Công, Nguyễn Quốc Chuẩn, 2022. Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ giữa dung dịch hoạt hóa và vật liệu alumino-silicat đến tính chất của bê tông cường độ cao không sử dụng xi măng. *Hội Nghị Khoa Học toàn quốc ACEA-VIETGEO 2021*.
- Tăng Văn Lâm, Vũ Kim Diên, 2020. Khả năng sử dụng xỉ thải của công nghiệp luyện kim trong sản xuất vật liệu xây dựng. *Tạp chí Khoa học & Công nghệ*, Bộ công thương, số 43, tháng 10 năm 2020.
- Tiêu chuẩn Việt Nam, 2020. TCVN 2737:2020. *Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế*. Hà Nội.
- Thủ tướng Chính phủ, 2021. *Đẩy mạnh xử lý, sử dụng tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, nhà máy hóa chất, phân bón làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và trong các công trình xây dựng*, theo Chỉ thị số 08/TC-TTg ngày 26/03/2021.
- Танг Ван Лам, Нго Суан Хунг, Ву Ким Зиен, Булгаков Б.И., Баженова С.И., Александрова О.В., 2021. Геополимерный бетон с использованием многотоннажных техногенных отходов. *Строительство: наука и образование*. 2021. Т. 11. Вып. 2. Ст. 2.

ABSTRACT

Research on the possibility of manufacturing unburnt bricks using geopolymer binder

Tang Van Lam^{1,*}, Nguyen Trung Hieu¹, Vo Dinh Trong¹, Vu Trong Khang², Nguyen Quoc Chuan³

¹Hanoi University of Mining and Geology

²Construction project management board of Luong Tai district

³Thuyloi University

In recent years, environmentally friendly materials, especially unburnt materials, have developed strongly. Currently, the use of unburnt materials is widely recommended in most construction works. This paper presents research on the possibility of manufacturing unburnt bricks, which is manufactured from concrete mixture using Geopolymer binder. In which, Geopolymer binder was obtained from a mixture of fly ash in thermal power plants, blast furnace slag combined with an activated alkaline solution. Research methods are carried out according to Vietnamese standards. The results obtained show that the fresh concrete using Geopolymer binder after mixing has good workability. The compressive strength of the concrete samples at the age of 28 days was above 70 MPa depending on the ratio of materials used. The unburnt bricks have colors ranging from dark gray to light gray depending on the content of fly ash and blast furnace slag. The surface of the product is less porous than ordinary sand-cement bricks.

Keywords: Unburnt bricks; Geopolymer binder; Environmental pollution; industrial waste; sustainable construction.

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



ISBN: 978-604-76-2637-3



9 786047 626373