



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)

HÀ NỘI 14 - 11 - 2024

ERSD 2024



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 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 Dầu khí 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 Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam

Hội Khoa học Kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam

Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam

Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ

BAN TỔ CHỨC

Trưởng ban

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

Phó Trưởng ban

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

Ủy viên

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

GS.TS Bùi Xuân Nam, *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*

GS.TS Nguyễn Quang Phích, *Hội Công trình ngầm 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 Mỏ - Địa chất*

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

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

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

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

PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo, *Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam*

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

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

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

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

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

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

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

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

TS Nguyễn Quốc Thập, *Hội Dầu khí Việt Nam*

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

TS Lê Ái Thụy, *Hội Địa chất Kinh tế Việt Nam*

TS Bùi Yên Tĩnh, *Cục Bản đồ - Bộ Tổng tham mưu*

MỤC LỤC

Ban tổ chức hội nghị	i
Mục lục.....	iii
Lời nói đầu	v
Chương trình hội nghị	vii
Tiểu ban Dữ liệu lớn và chuyển đổi số trong khoa học trái đất, tài nguyên môi trường.....	1
Tiểu ban Trí tuệ nhân tạo, IOT, Blockchain và ứng dụng.....	38
Tiểu ban Cơ - Điện.....	71
Tiểu ban Dầu khí tích hợp.....	114
Tiểu ban Địa chất và tài nguyên du lịch.....	238
Tiểu ban Địa chất công trình - Địa kỹ thuật.....	312
Tiểu ban Địa chất thủy văn và Tài nguyên nước.....	430
Tiểu ban Tài nguyên địa chất và Quản lý bền vững.....	516
Tiểu ban Quản lý tài nguyên và Môi trường.....	597
Tiểu ban Công nghệ mới trong xử lý môi trường.....	730
Tiểu ban Phát triển bền vững khoa học công nghệ Mỏ và Môi trường.....	818
Tiểu ban Phát triển bền vững công nghiệp khai thác và Quản lý an toàn.....	899
Tiểu ban Những tiến bộ trong chế biến khoáng sản và tái chế.....	971
Tiểu ban Xây dựng công trình với phát triển bền vững.....	1039
Tiểu ban Kỹ thuật Trắc địa - Bản đồ và Hệ thống thông tin địa lý.....	1301
Tiểu ban Vật lý, Hóa học và ứng dụng.....	1384
Tiểu ban Toán, Cơ học và ứng dụng.....	1512
Tiểu ban Ngôn ngữ học.....	1634

**TIỂU BAN
XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH
VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG**

MỤC LỤC

Nghiên cứu thực nghiệm hiện trường gia cố nền đất yếu bằng cọc cát biển - xi măng - tro bay <i>Nguyễn Trọng Dũng, Tạ Đức Thịnh</i>	1043
Nghiên cứu áp dụng kết cấu chống giữ tổ hợp bằng vì thép kết hợp neo cho đường lò dọc vỉa than Công ty than Mạo Khê – TKV <i>Đào Viết Đoàn</i>	1049
Nghiên cứu tính toán lựa chọn bước chống vì thép cho đường lò một đường xe nằm dưới moong mỏ Núi Béo <i>Đào Viết Đoàn</i>	1056
Nghiên cứu chế tạo và xác định một số tính chất cơ học của bê tông cốt sợi polypropylene dưới tác động của nhiệt độ <i>Nguyễn Đình Hải, Lê Thu Trang</i>	1063
Phân vùng quy hoạch ngoại thành các thành phố lớn để quản lý phát triển đô thị theo hướng bền vững <i>Lê Thị Thanh Hằng</i>	1071
Thí nghiệm từ biến dầm đá cho mô hình đàn nhớt tuyến tính phân tích biến dạng xung quanh hàm tiết diện tròn theo thời gian <i>Nguyễn Huy Hiệp, Đinh Quang Trung</i>	1077
Nghiên cứu đề xuất giải pháp phòng chữa cháy khi thi công công trình ngầm <i>Đào Huy Hoàng, Trần Anh Tuấn, Tống Anh Tuấn, Nguyễn Viết Thanh, Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong, Phạm Đức Thọ, Nguyễn Lê Đạt, Đặng Trung Thành</i>	1083
Nghiên cứu tổng quan về phương pháp cọc đá dăm để nâng cao khả năng kháng hóa lỏng của nền đất <i>Đặng Quang Huy, Vũ Minh Ngạn, Phạm Văn Hùng</i>	1089
Nghiên cứu một số giải pháp giảm độ lún đường đầu cầu xây dựng trên nền đất yếu <i>Phạm Văn Hùng, Vũ Minh Ngạn, Đặng Quang Huy</i>	1096
Nghiên cứu phương pháp tính toán sức chịu tải và độ lún nền đường đắp trên nền đất yếu gia cố bằng cọc đất xi măng <i>Phạm Văn Hùng</i>	1103
Một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm về bê tông bọt-khí với cấu trúc rỗng thay đổi trong điều kiện phòng thí nghiệm <i>Tăng Văn Lâm, Võ Đình Trọng, Phạm Đức Lương, Vũ Kim Diễm</i>	1109
Nghiên cứu ảnh hưởng của tro xỉ nhà máy điện đốt rác đến tính chất cơ học của bê tông cường độ cao <i>Tăng Văn Lâm, Võ Đình Trọng, Hoàng Anh Cương</i>	1117
Nghiên cứu ứng xử cơ học của kết cấu chống giữ giếng đứng của tổ hợp kho chứa khí ngầm đào trong đá cứng bằng phương pháp số <i>Ngô Hoàng Minh, Đặng Văn Kiên, Vũ Tiến Dũng, Đỗ Ngọc Anh, Trần Tuấn Điệp</i>	1124
Thiết kế cọc khoan nhồi chôn trong nền đá theo tiêu chuẩn Châu Âu EC7 với một ví dụ thiết kế <i>Nguyễn Thành Luân, Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Bùi Văn Đức</i>	1132
Cải tạo và khôi phục các công trình ngầm để phát triển bền vững <i>Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong</i>	1139

Nghiên cứu ảnh hưởng của khe nứt đến độ ổn định của hai đường hầm giao thông xuyên núi <i>Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong</i>	1145
Hoàn thiện công tác quản lý chất lượng thi công công trình thuộc Ban Quản lý dự án đầu tư xây dựng thị xã Đông Triều, tỉnh Quảng Ninh <i>Phạm Thị Nhân, Nguyễn Tiến Hiệp, Hoàng Đình Phúc</i>	1151
Lý thuyết phương pháp siêu âm và ứng dụng đánh giá vết nứt trong bê tông <i>Phạm Thị Nhân</i>	1158
Xây dựng mô hình trí tuệ nhân tạo sử dụng thuật toán hàng xóm KNN để dự báo diện tích gương hầm sau khi nổ mìn trong quá trình thi công <i>Phạm Thị Nhân, Nguyễn Chí Thành, Bùi Mạnh Tùng, Đỗ Hoàng Hiệp</i>	1165
Một số vấn đề về quy hoạch hạ tầng khu vực nhà ga đường sắt đô thị tại tuyến metro số 1 thành phố Hồ Chí Minh theo mô hình phát triển đô thị TOD <i>Vũ Minh Ngạn, Nguyễn Chí Đạt, Vũ Thái Linh</i>	1171
Thi công lắp xây lắp đường ống hạ tầng bằng công nghệ khoan guồng xoắn (HAB) <i>Vũ Minh Ngạn, Phạm Văn Hùng, Đặng Quang Huy, Trần Hồng Hạnh</i>	1177
Ảnh hưởng của hạt nano silica đến tính chất cơ học của vùng chuyển tiếp giữa cốt sợi thép và bê tông cường độ cao <i>Đặng Văn Phi, Tăng Văn Lâm, Lê Huy Việt, Lê Văn Đàn, Phạm Văn Tuấn, Kim Dong Joo</i>	1182
Dự báo, hạn chế, phòng ngừa sự cố trong thi công công trình ngầm <i>Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Quang Minh, Bùi Văn Đức, Trần Tuấn Minh, Đỗ Ngọc Thái</i>	1188
Phân tích số mức độ ổn định đường hầm đào qua phay, được gia cố bằng khoan phụt trước <i>Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Nguyễn Quang Minh, Bùi Văn Đức, Nguyễn Thành Luân, Nguyễn Ngọc Huệ</i>	1194
Quy luật biến đổi cơ học xung quanh đường hầm trong khối đá phân khối <i>Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Trần Tuấn Minh, Nguyễn Duyên Phong</i>	1200
Rủi ro trong dự án xây dựng - Thực trạng và giải pháp quản lý <i>Hoàng Đình Phúc, Phạm Đức Thọ, Vũ Minh Ngạn, Ngô Thị Hương Trang</i>	1206
Phân tích chuyển vị tường vây và đất nền xung quanh khi xây dựng ga tàu điện ngầm bằng phương pháp Topdown <i>Nguyễn Văn Quang, Võ Nhật Luân, Nguyễn Thị Ngọc Bích</i>	1211
Nghiên cứu tính toán lựa chọn bước chống vì thép cho đường lò mức -100÷-150 nằm dưới bãi thải mỏ than Khe Tam <i>Nguyễn Hữu Sà, Đào Việt Đoàn</i>	1217
Nghiên cứu sử dụng năng lượng địa nhiệt tại Việt Nam <i>Nguyễn Chí Thành, Nguyễn Xuân Mãn, Bùi Mạnh Tùng, Phạm Thị Nhân</i>	1225
Nghiên cứu khả năng sử dụng cát nhân tạo thay thế cho cát tự nhiên tại các công trình ở Việt Nam <i>Nguyễn Chí Thành, Nguyễn Việt Nghĩa, Phạm Thị Nhân</i>	1232
Nghiên cứu ảnh hưởng của sơ đồ bố trí hai đường hầm song song đến phân bố nội lực trong vỏ hầm <i>Đỗ Ngọc Thái</i>	1237

Nâng cao hiệu quả sử dụng phương pháp bơm ép vỉa xi măng khi thi công giếng đứng qua khối đá nứt nẻ <i>Đỗ Ngọc Thái, Nguyễn Văn Quang</i>	1243
Áp dụng phương pháp tương quan hình ảnh (DIC) trong nghiên cứu ứng xử uốn của dầm bê tông <i>Phạm Đức Thọ</i>	1249
Nghiên cứu biến dạng thể tích tự sinh của bê tông MgO <i>Chu Việt Thức, Nguyễn Văn Chính</i>	1254
Ứng dụng công nghệ cọc đường kính nhỏ micropile D150 làm kết cấu móng dầm cầu trực đặt trên nền sét pha dẻo mềm <i>Chu Việt Thức, Bùi Văn Đức, Nguyễn Văn Mạnh, Vũ Nho Trường</i>	1259
Bê tông cốt sợi tự nhiên: đặc trưng cơ học và khả năng ứng dụng trong xây dựng cơ sở hạ tầng nông thôn <i>Trần Mạnh Tiến, Đỗ Ngọc Tú, Nguyễn Nam Hòa, Nguyễn Viết Thắng, Nguyễn Thị Tuyết Mai</i>	1266
Nghiên cứu lún bề mặt khi thi công đường hầm mặt cắt ngang hình bán chữ nhật bằng phương pháp đường đặc tính <i>Nguyễn Tài Tiến, Phạm Văn Vĩ, Vũ Ngọc Tuấn</i>	1273
Nghiên cứu tổng quan về vật liệu đá thải-xi măng lấp đầy khoảng trống sau khai thác tại mỏ than hầm lò <i>Nguyễn Tài Tiến</i>	1280
Nghiên cứu ảnh hưởng của độ cứng sàn đến chuyển vị đỉnh kết cấu nhà cao tầng bê tông cốt thép <i>Phạm Văn Tuấn, Đặng Văn Phi, Bùi Văn Đức, Bùi Ngọc Tú, Trương Văn Đoàn</i>	1287
Ảnh hưởng hình dạng tiết diện ngang đường hầm đến nội lực trong kết cấu chống đường hầm khi chịu tải trọng động đất <i>Phạm Văn Vĩ, Đỗ Ngọc Anh, Nguyễn Tài Tiến, Đỗ Xuân Hội, Chu Việt Thức, Nguyễn Tiến Dũng</i>	1293

Lý thuyết phương pháp siêu âm và ứng dụng đánh giá vết nứt trong bê tông

Phạm Thị Nhân^{1,*}

¹Nhóm nghiên cứu mạnh ISRM (Innovation for Sustainable and Responsible Mining)
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

TÓM TẮT

Trong quá trình thi công hoặc trong quá trình sử dụng các công trình xây dựng dưới tác dụng của các loại tải trọng có nguy cơ xuất hiện các vết nứt gây ảnh hưởng đến thẩm mỹ, an toàn của công trình. Do vậy kiểm định an toàn kết cấu bê tông thông qua các phương pháp thí nghiệm đặc biệt phương pháp thí nghiệm không phá huỷ là cần thiết. Phương pháp siêu âm là một trong các phương pháp thí nghiệm không phá huỷ. Phương pháp này được sử dụng khá phổ biến để kiểm tra, dự đoán các khuyết tật trong vật liệu bê tông, các kết cấu bê tông hoặc bê tông cốt thép. Bài báo tiến hành tổng hợp lý thuyết giới thiệu năm phương pháp siêu âm chính đang được dùng phổ biến để đánh giá vết nứt trong bê tông bao gồm: phương pháp tác động tiếng vang (Impact-Echo Method), phương pháp phát xạ âm học (Acoustic Emission - AE), phương pháp lan truyền sóng bề mặt (Surface Wave Transmission Method), phương pháp xác định thời gian nhiễu xạ lan truyền (Time of Flight Diffraction Method), phương pháp siêu âm khuếch tán (Diffusion Method). Ngoài ra, bài báo cũng trình bày một số kết quả thu được từ thí nghiệm đo thời gian lan truyền xung siêu âm (TOFD) trong các mẫu bê tông có kích thước 40mm × 40mm × 160mm. Phân tích dữ liệu thu được cho thấy hiệu quả của phương pháp TOFD trong phát hiện vết nứt và số lượng vết nứt mở trong mẫu đầm bê tông.

Từ khóa: xung siêu âm; bê tông; thời gian truyền xung; vết nứt

1. Đặt vấn đề

Để phục vụ nhu cầu ngày càng tăng của xã hội và phát triển hạ tầng cơ sở, các công trình bằng bê tông ngày càng được xây dựng nhiều, đi kèm với đó là nhu cầu đánh giá kiểm tra sự an toàn và độ tin cậy của công trình. Trong quá trình thi công, sử dụng các cấu kiện bê tông thường xuất hiện vết nứt, khuyết tật gây suy giảm độ cứng kết cấu và ảnh hưởng ở các mức độ khác nhau đến trạng thái ổn định chung của công trình. Để đánh giá các khuyết tật, vết nứt gây tiềm ẩn các nguy cơ cho cấu kiện công trình hiện nay phổ biến sử dụng các phương pháp không phá huỷ (NTD). Trong số các kỹ thuật NDT hiện nay, tùy thuộc vào tình trạng của kết cấu cần kiểm tra, ưu điểm và nhược điểm của từng kỹ thuật để quyết định sử dụng loại NTD nào. Khi quyết định loại NDT sẽ sử dụng bốn tiêu chí cần được xem xét là: Loại vật liệu, loại khuyết tật, kích thước khuyết tật, vị trí khuyết tật.

Nhiều nghiên cứu chỉ ra sóng siêu âm được sử dụng hiệu quả để dự báo và đánh giá cường độ và đặc tính của bê tông, ngoài ra còn có thể được sử dụng để xác định những khuyết tật bên trong bê tông, các vết nứt (Prashant Kumar (2009). Facaoaru (1969) cho rằng vận tốc sóng siêu âm (UPV) tỷ lệ thuận với cường độ và độ tuổi của bê tông. Các mô hình toán học cũng đã được phát triển để dự đoán vận tốc xung siêu âm trong bê tông dựa trên các nghiên cứu thực nghiệm. Hiện nay để đánh giá nứt trong bê tông sử dụng phương pháp siêu âm có một số phương pháp điển hình là: phương pháp tác động tiếng vang (Impact-Echo Method), phương pháp lan truyền sóng bề mặt (Surface Wave Transmission Method), phương pháp siêu âm khuếch tán (Diffusion Method), Phương pháp xác định thời gian nhiễu xạ lan truyền (Time of Flight Diffraction Method), phương pháp phát xạ âm học (Acoustic Emission - AE). Dưới đây sẽ giới thiệu sơ lược ứng dụng của mỗi phương pháp trong đánh giá vết nứt. Tác giả cũng sử dụng phương pháp nhiễu xạ thời gian lan truyền để đo thực nghiệm trong mẫu bê tông cường độ cao 40mm x 40mm x 60mm.

2. Một số phương pháp siêu âm điển hình sử dụng đánh giá nứt trong bê tông

2.1. Phương pháp tác động tiếng vang (Impact - Echo Method)

Phương pháp tác động tiếng vang (Impact - Echo method) được Carino và Sansalone (1984) đề xuất để phát hiện khuyết tật trong bê tông bằng cách sử dụng một bộ chuyển đổi duy nhất. Thông qua tốc độ của

* Tác giả liên hệ

Email: phamthinhnan@humg.edu.vn

sóng do tác động sẽ xác định được chiều sâu của các vết nứt trong bê tông. Sansalone và Carino (1988) đã sử dụng kỹ thuật này để xác định các khuyết tật lỗ rỗng, chiều sâu vết nứt mở và các lỗ chưa được trám vữa trong cấu kiện. Với phương pháp này có thể dùng xác định được chiều sâu vết nứt nằm ngang (hình 1 a) thể hiện. Khi biết đỉnh trong miền tần số tương ứng với phản xạ và nhiễu xạ giữa cửa mặt trên và đỉnh của vết nứt. Mặc dù kỹ thuật này có thể đo chính xác độ sâu của vết nứt, nhưng nó đòi hỏi một kỹ thuật viên có kinh nghiệm để xác định đỉnh tần số nào tương ứng với vết nứt. Chiều sâu vết nứt ngang được xác định theo công thức sau:

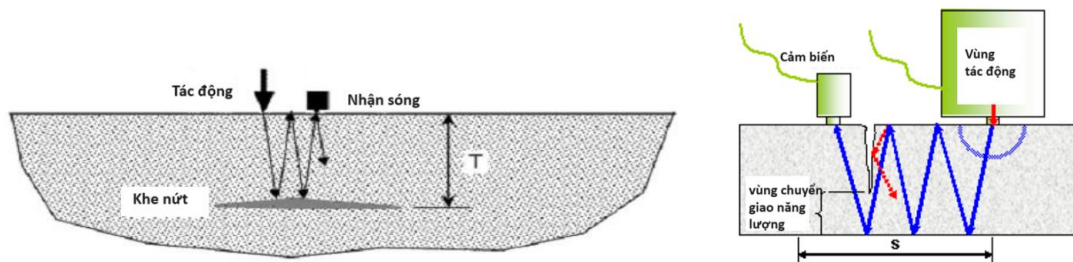
$$d = \frac{v_P}{2 \cdot f_R} \quad (1)$$

trong đó:

v_P - vận tốc sóng dọc lan truyền trong bê tông;

f_R - tần số cộng hưởng trong phổ tương ứng với chu kỳ T của sóng.

Bản chất của phương pháp này là cần xác định được hai đại lượng vận tốc lan truyền sóng v_P và tần số đỉnh f_R . Thông thường thì tần số cộng hưởng chiếm ưu thế trong phổ, đem vận tốc của sóng dọc lan truyền bên trong cấu trúc vật liệu đã được xác định trước đó thay vào phương trình hoàn toàn có thể ước tính được chiều sâu vết nứt.



Hình 1. Phương pháp Impact-echo xác định chiều sâu vết nứt ngang
a) vết nứt ngang, b) vết nứt dọc

Với các vết nứt nằm ngang như hình 1b khi biết khoảng cách giữa cảm biến (d_s) và nguồn tác động, tốc độ sóng nén v , thời gian sóng truyền qua vết nứt t_{cr} ta sẽ có mối tương quan với độ sâu của đầu vết nứt d_{cr} được xác định như sau:

$$d_{cr} = \frac{1}{2} \sqrt{t_{cr}^2 \cdot v^2 - d_s^2} \quad (2)$$

Hsiao và nnk (2008) sử dụng các khối bê tông (block) với các kích thước khác nhau làm đối tượng nghiên cứu. Nhóm tác giả đã thành công đề xuất được mối quan hệ giữa vận tốc lan truyền sóng, kích thước mẫu khối và tần số sóng âm trong trường hợp các khối có và không có vết nứt.

2.2. Phương pháp lan truyền sóng bề mặt (Surface Wave Transmission Method)

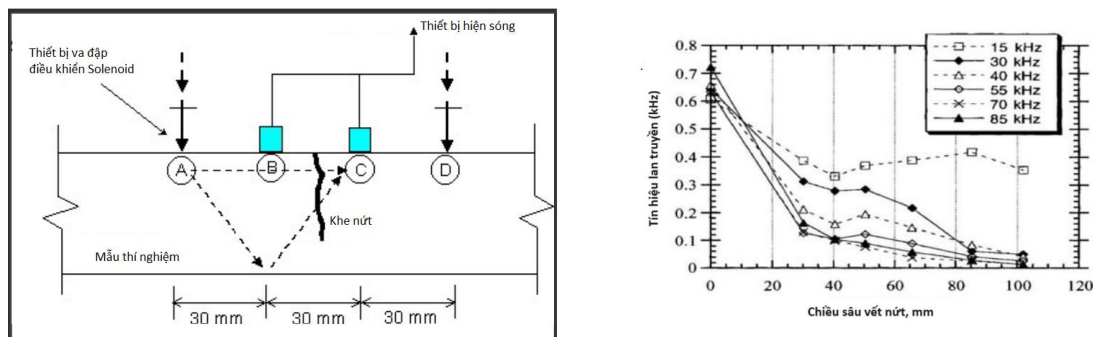
Popovic (2000) đề xuất phương pháp lan truyền sóng bề mặt (SWTM) để xác định chiều sâu vết nứt mở. Sơ đồ thiết lập thí nghiệm theo phương pháp này được thể hiện như hình 2. Thí nghiệm bao gồm hai gia tốc kế thu nhận tín hiệu (receiving accelerometers), máy hiện sóng kỹ thuật số (digital oscilloscope) và máy tính cá nhân. Hai nguồn sóng ứng suất và hai máy thu được đặt dọc theo đường thẳng trên bề mặt của mẫu thí nghiệm, cách vị trí tạo tác động khoảng 30mm.

Trong hình 2 nguồn tác động được đặt tại A và D, hai gia tốc kế để thu nhận tín hiệu (receiving accelerometers) được đặt tại B và C. Dựa trên tín hiệu nhận được tại B và C, nghiên cứu xác định được d_{BC} là một hàm của tần số f và có thể được hình dung bằng tỷ lệ biên độ của tín hiệu từ gia tốc kế xa với gia tốc kế gần theo công thức sau (Popovic(2000)):

$$|d_{BC}(f)| = \left| \frac{V_{AC} V_{DB}}{V_{AB} V_{DC}} \right| \quad (3)$$

Từ hình 2b cho thấy giá trị d_{BC} nhạy cảm với chiều sâu vết nứt. Ứng với mức tần số lớn hơn 20 KHZ cho mối quan hệ giữa d_{BC} và chiều sâu vết nứt thể hiện quy luật rất rõ ràng. Giá trị lan truyền d_{BC} qua vết nứt luôn nhỏ hơn 1 và giá trị này càng lớn thì chiều sâu vết nứt càng nhỏ và ngược lại. Trên cơ sở phương pháp này nhiều trường hợp nghiên cứu khác nhau để dự đoán chiều sâu vết nứt có thể kể đến như Popovics và cộng sự (2000) đã nghiên cứu việc sử dụng sự truyền sóng bề mặt qua vết nứt để đo độ sâu của vết nứt

trong bê tông. Trong nghiên cứu này Popovics và cộng sự sử dụng bốn đầu dò, đều nằm trên một đường thẳng, nhận định với vết nứt càng sâu, tại bề mặt vết nứt phần trăm biên độ sóng bị phản xạ càng lớn. Kỹ thuật này được cho là nhạy cảm với các vết nứt có độ sâu khác nhau. Seong- Hoon Kee (2010) và cộng sự tiến hành thí nghiệm trên bản bê tông có chiều dày 250mm. Vết nứt với độ sâu thay đổi từ 10mm-100mm được tạo ra trong mẫu thử bằng cách chèn một tấm kim loại dày 0,5mm trước đúc bê tông.



Hình 2. Phương pháp thí nghiệm SWTM
a) sơ đồ bố trí, b) Quan hệ chiều sâu vết nứt và d_{BC} (Popovics, J. S.2000)

Tấm kim loại được lấy ra khỏi bê tông 12 giờ sau đó. Nhờ các cặp cảm biến rung động (air-coupled sensors) độ tin cậy và tính nhất quán trong các phép đo truyền sóng bề mặt cũng như tốc độ thí nghiệm được cải thiện. Đồng thời đề xuất được quan hệ giữa hệ số lan truyền sóng bề mặt và chiều sâu vết nứt chuẩn hoá h/λ . Foo Wei Lee và cộng sự (2016) thực hiện thí nghiệm trên một mẫu bê tông có kích thước 300mm x 300mm x 500mm như hình 3. Một tấm xốp polystyrene mỏng được sử dụng để mô hình vết nứt thẳng đứng với với chiều sâu vết nứt lần lượt được thiết kế là: 25mm; 50mm; 100mm và 125mm.



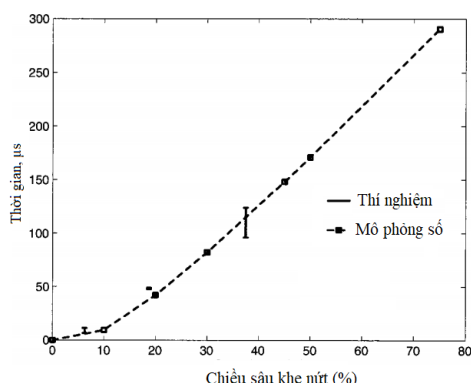
Hình 3. Thí nghiệm SWTM đánh giá chiều sâu vết nứt, Foo Wei Lee và cộng sự (2016)

Thí nghiệm cứu mối quan hệ giữa bước sóng, độ sâu vết nứt và biên độ sóng. So với các nghiên cứu trước đó tác giả đưa ra nếu d/λ (chiều sâu vết nứt/ bước sóng) là lớn hơn hoặc gần bằng 1, tốc độ giảm biên độ sóng R không có sự biến đổi đáng kể. Độ chính xác ước tính độ sâu vết nứt mở bề mặt bằng thực nghiệm đã được đề xuất giảm khi chiều sâu của vết nứt trong bê tông tăng lên. Sự khác biệt giữa độ sâu ước tính và thực tế là trong khoảng $\pm 15\%$. Kết quả này cho thấy rằng phương pháp thí nghiệm SWTM với sóng R được trích xuất hoàn toàn có thể ước tính độ sâu vết nứt mở bề mặt với sai số có thể chấp nhận được.

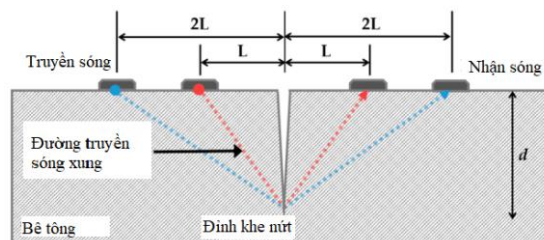
2.3. Phương pháp siêu âm khuếch tán (Diffusion Method)

Với kỹ thuật siêu âm khuếch tán (Diffusion method) được áp dụng lần đầu tiên trên vật liệu bê tông bởi Anugonda and Turner (2001). Anugonda and Turner cho rằng các thông số khuếch tán như độ khuếch tán và độ tán xạ có thể thu được từ sự phù hợp với đường cong năng lượng đo được trong vật liệu xi măng. Mặt khác sự có mặt của vết nứt trong bê tông sẽ làm hệ số khuếch tán bị suy giảm giá trị và đây cũng là ý tưởng đầu tiên của phương pháp siêu âm khuếch tán. Ramamoorthy và Y. Kane (2004) sử dụng 4 mẫu bản bê tông có kích thước: 60,96cm x 60,96cm x 20,32cm, với chiều sâu vết nứt tạo trước là $0 \div 40\%$ chiều dày bản. Khe nứt được tạo trước bằng cách sử dụng tấm thép có chiều dày 3mm, được bôi dầu đặt vào khuôn trước khi đổ bê tông. Sau thời gian ninh kết ban đầu 24h thì lấy ra khỏi bê tông. Các mẫu được che chắn cẩn thận. Các tác giả tiến hành nghiên cứu xác định biểu đồ năng lượng khuếch tán khi sóng siêu âm lan truyền ứng với hai trường hợp truyền qua vết nứt và không qua vết nứt bằng cả mô phỏng và thực nghiệm. Kết quả thu được về độ trễ về thời gian tại vị trí giá trị năng lượng khuếch tán lớn nhất cho cả hai trường hợp mẫu bê tông không nứt và có chứa vết nứt. Thông qua xác định thời gian trễ này, các dự đoán đánh giá chiều sâu vết nứt trong bản được đưa ra. Mối quan hệ giữa thời gian trễ và chiều sâu vết nứt thể hiện trên

Hình 4. Trên cơ sở phương pháp này nhiều nhóm nghiên cứu triển khai các nghiên cứu nhằm ước tính chiều sâu vết nứt thẳng đứng trong bê tông hoặc với nhiều kết cấu với các trường hợp cụ thể khác nhau: Matthias Seher (2013) dùng phương pháp để định lượng chiều sâu vết nứt thẳng đứng (với chiều sâu vết nứt từ 0cm ÷ 5cm) trên mẫu block bê tông bằng mô phỏng số và thực nghiệm.



Hình 4. Quan hệ giữa thời gian trễ và chiều sâu vết nứt trong bản bê tông, Ramamoorthy và nnk (2004)



Hình 5. Phương pháp thí nghiệm thời gian nhiễu xạ lan truyền (TOFD), Ahn.E (2017)

Chi-Won In và các cộng sự (2017) chế tạo những mẫu bê tông có kích thước 243,8cm x 25,4cm x 15,2cm. Trong thí nghiệm này các phép đo siêu âm khuếch tán được tiến hành bằng cách sử dụng một cặp đầu dò máy phát và máy thu (Ultran WC 50 và Ultran GC500-D13, tương ứng). Những bộ chuyển đổi này có một tần số trung tâm là 500kHz. Kết quả xác định chiều sâu vết nứt từ mô phỏng số, và đo thí nghiệm thông qua siêu âm cho kết quả khá tương đồng.

2.4. Phương pháp xác định thời gian nhiễu xạ lan truyền (Time of Flight Diffraction Method)

Phương pháp này được Sansalone (1998) lần đầu tiên đề xuất. Trong kỹ thuật TOFD, sóng ứng suất được tạo ra ở một phía của vết nứt, với thời gian truyền sóng được theo dõi bởi một bộ chuyển đổi đặt ở phía đối diện của vết nứt như trên hình 5. Sóng ứng suất có thể được tạo ra bởi một xung cơ học, chẳng hạn như được cung cấp bởi các thiết bị siêu âm, hoặc bởi tác động cơ học, như trong kỹ thuật tiếng vang tác động. Việc sử dụng tác động trên bề mặt để tạo ra các sóng ngang và sóng dọc lan truyền trong cấu kiện cần kiểm tra. Bản chất vận tốc lan truyền của sóng dọc sẽ lớn hơn các sóng ngang do đó sẽ lan truyền đến đỉnh vết nứt sớm hơn. Lúc này tại đỉnh của vết nứt trở thành nguồn phát sinh thứ cấp mới, các sóng ngang và sóng dọc mới được sinh ra (sóng thứ cấp). Nếu khoảng cách từ các cảm biến nhận sóng (transducer) và nguồn gây tác động tới vị trí của vết nứt là bằng nhau, các khoảng cách này được đề xuất là $L = 150\text{mm}$ và $2L = 300\text{mm}$ (hình 5) thì từ thông số thời gian lan sóng dọc lan truyền hoàn toàn có thể tính được chiều sâu vết nứt d , tính bằng milimet (mm) :

$$c = 150 \times \sqrt{\frac{4 \times T_{150}^2 - T_{300}^2}{T_{300}^2 - T_{150}^2}} \quad (4)$$

trong đó:

T_{150} - thời gian truyền xung ứng với khoảng cách giữa đầu dò và vết nứt bằng 150mm, tính bằng micro giây (μs);

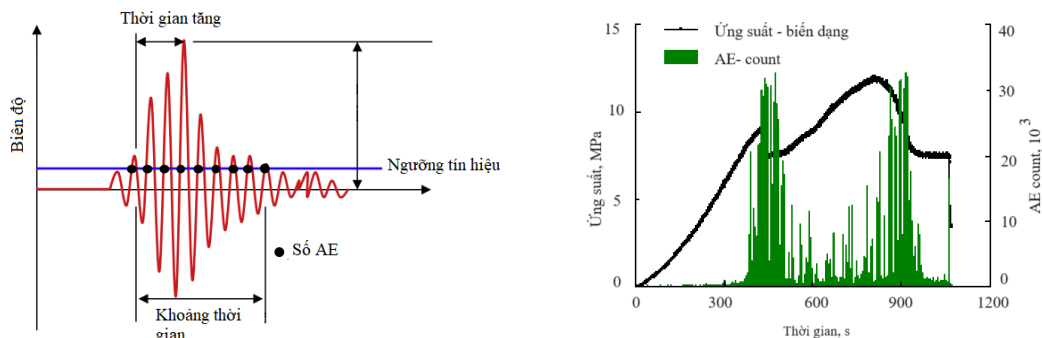
T_{300} - thời gian truyền xung ứng với khoảng cách giữa đầu dò và vết nứt bằng 300mm, tính bằng micro giây (μs).

2.5. Phương pháp phát xạ âm học (Acoustic Emission - AE)

Phát xạ âm (AE) đề cập đến việc sóng đàn hồi sinh ra do sự thay đổi ứng suất đột ngột trong cấu trúc vật liệu. Kỹ thuật AE là một phương pháp thụ động đã được chứng minh là rất hiệu quả để xác định vị trí các vết nứt nhỏ và nghiên cứu các dạng phá hoại khác nhau trong kết cấu bê tông. Tín hiệu AE do các cảm biến được gắn trên bề mặt mẫu bê tông sẽ phát hiện được sự có mặt và sự phát triển các vết nứt trong bê tông. Trong thí nghiệm AE một số thông số cơ bản như: số lần gia tải, số đếm (AE count), thời gian, biên độ, năng lượng và thời gian tăng như trong Hình 6 đều được tự động ghi lại. Tín hiệu AE do vết nứt vi mô được phát hiện bởi cảm biến AE gắn trên bề mặt mẫu bê tông. Một số AE như vậy các thông số như số lần đánh, số đếm, thời gian, biên độ, năng lượng và thời gian tăng như trong Hình 6 được ghi lại bằng hệ thống đo AE. Trong các thông số cơ bản trên: biên độ - Amplitude là điện áp lớn nhất, decibel (dB). Biên độ đo

được ở dạng sóng, qua điều chỉnh thông số Amplitude để xác định được khả năng thu thập, lưu trữ tín hiệu.

Khi người vận hành định dạng ngưỡng tối thiểu của biên độ thì các tín hiệu có biên độ nhỏ hơn sẽ không được ghi lại. Thông số Rise time, R – Thời gian tăng: tính bằng khoảng thời gian từ lúc vượt qua biên độ tối thiểu đến lúc đạt đỉnh, và R có liên quan đến sự lan truyền sóng giữa nguồn phát và các cảm biến. Khoảng thời gian (Duration, D) là chênh lệch thời gian giữa lần vượt ngưỡng đầu tiên và lần cuối cùng. Số đếm - AE count(N): số lần mà các sóng âm thanh được phát hiện bởi cảm biến AE trong quá trình kiểm tra. Tham số này phụ thuộc vào độ lớn của tín hiệu và cấu trúc của vật liệu. Hình 6b thể hiện kết quả sử dụng phương pháp AE xác định được thời điểm phát triển các vết nứt trong mẫu bê tông trong quá trình gia tải nén.



Hình 6. Thí nghiệm Acoustic Emission – AE
a) nguyên lý AE, b) AE của mẫu bê tông chứa vết nứt

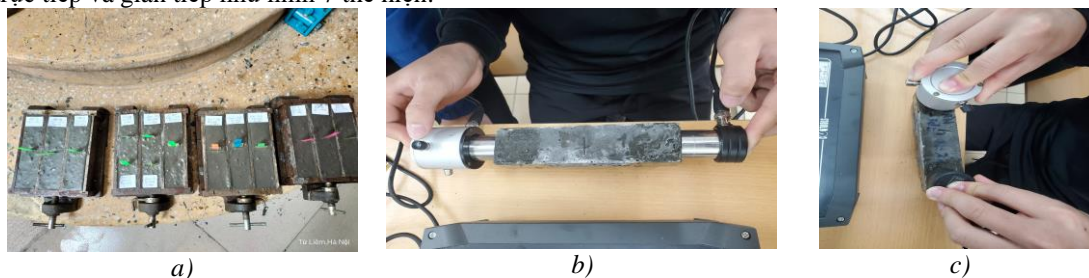
3. Sử dụng phương pháp TOFD xác định vết nứt và số lượng vết nứt trong bê tông cường độ cao

Thí nghiệm sử dụng các mẫu bê tông cường độ cao được chế tạo từ xi măng PC40, cát vàng Sông Lô, silica fume, phụ gia siêu dẻo theo cấp phối như bảng 1 thể hiện. Ngoài ra sau thí nghiệm đo xung kết quả nén mẫu cho kết quả thí nghiệm độ bền nén trên 90 MPa. Tuy nhiên trong bài báo này tác giả không khảo sát mối quan hệ giữa cường độ bền nén và kết quả đo xung.

Bảng 1. Cấp phối chế tạo mẫu bê tông

Xi măng (g)	Silica fume (g)	cát vàng(g)	nước (g)	PG siêu dẻo(g)
1329	332,4	1662,2	266	120

Để đo thời gian lan truyền xung siêu âm hoặc đo vận tốc lan truyền xung có 3 cách bố trí đầu dò, có thể bố trí hai đầu dò trên hai mặt đối diện (truyền xung trực tiếp), trên cùng một bề mặt (truyền gián tiếp, hoặc truyền bề mặt) và truyền trên hai mặt cạnh (truyền bán trực tiếp). Trong bài báo tác giả sử dụng phương pháp đo xung theo cả hai phương pháp trực tiếp và gián tiếp như mô tả ở trên. Mẫu bê tông sau khi được dưỡng hộ trong điều kiện nhiệt ẩm 3 ngày vớt khô để ráo sau đó tiến hành đo xung theo hai phương pháp trực tiếp và gián tiếp như hình 7 thể hiện:



Hình 7. Thí nghiệm đo xung siêu âm trên mẫu đầm bê tông
a) đo trực tiếp, b) đo gián tiếp

Kết quả đo xung được ghi lại trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả đo thời gian lan truyền xung siêu âm theo phương pháp TOFD

Mẫu	Trực tiếp μs	Gián tiếp, μs			
		1	2	3	4
Mẫu nguyên	36,0	-	31,7	31,6	31,5
Mẫu có 1 vết nứt	40,6	38,3	44,7	36,9	50,8
Mẫu 2 vết nứt	45,6	41,8	53,5	44,1	52,3

Kết quả đo xung bằng phương pháp trực tiếp và gián tiếp để cho thấy khi mẫu bê tông có chứa vết nứt thời gian lan truyền xung đều lớn hơn. Và khi số lượng vết nứt nhiều hơn thì thời gian lan truyền xung cũng lớn hơn. Kết quả thí nghiệm trong bảng 2 thể hiện hiệu quả của phương pháp TOFD trong việc phát hiện và kiểm tra các vết nứt trong bê tông.

4. Kết luận

Tác giả giới thiệu tổng quan về phương pháp siêu âm là một trong các phương pháp thí nghiệm không phá hủy với năm phương pháp được áp dụng phổ biến là: phương pháp tác động tiếng vang (Impact-Echo Method), phương pháp phát xạ âm học (Acoustic Emission - AE), phương pháp lan truyền sóng bề mặt (Surface Wave Transmission Method), phương pháp siêu âm khuếch tán (Diffusion Method), Phương pháp xác định thời gian nhiễu xạ lan truyền (Time of Flight Diffraction Method). Đồng thời thông qua sử dụng phương pháp nhiễu xạ thời gian lan truyền (TOFD) để đo thực nghiệm mẫu bê tông 40mm x 40 mm x 160mm. kết quả đo cho thấy khi mẫu bê tông có chứa vết nứt thời gian lan truyền xung đều lớn hơn. Và khi số lượng vết nứt nhiều hơn thì thời gian lan truyền xung cũng lớn hơn. Kết quả này cho thấy để phát hiện và kiểm tra các vết nứt trong bê tông phương pháp TOFD là một trong các phương pháp thí nghiệm không phá hủy được sử dụng hiệu quả nên được áp dụng rộng rãi trong thí nghiệm kiểm định kết cấu hiện trường.

Tài liệu tham khảo

- Prashant Kumar, 2009. *Elements of Fracture Mechanics*. first ed., McGraw Hill companies.
- Facaoaru, I, 1996. *Non-destructive testing of concrete in Romania*. Proceedings of symposium on non-destruct
- Sansalone, M. and Carino, N., 1988. Impact-echo method, *Concrete International: Design Construction*, vol. 10, no. 4, pp. 38-46.
- Hsiao, C., Cheng, C.-C., Liou, T., and Juang, Y., 2008. Detecting flaws in concrete blocks using the impact-echo method. *NDT & E International*, vol. 41, pp. 98-107.
- Popovics, J., Song, W.-J., Ghandehari, M., Subramaniam, K., Achenbach, J., and Shah, S., 2000. Application of surface wave transmission measurements for crack depth determination in concrete. *ACI Materials Journal*, vol. 97, pp. 127- 135.
- Kee, S.-H. and Zhu, J., 2010. Using air-coupled sensors to determine the depth of a surface-breaking crack in concrete. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 127, pp. 1279-1287.
- T. Anugonda, P., Wiehn, J. S., and Turner, J. A., 2001. Diffusion of ultrasound in concrete. *Ultrasonics*, vol. 39, pp. 429-435.
- Ahn E, Kim H, Sim SH, Shin SW, Shin M. Principles and Applications of Ultrasonic-Based Nondestructive Methods for Self-Healing in Cementitious Materials, 2017. *Materials* (Basel, Switzerland).10(3):E278.
- Carino, N. J. and Sansalone, M., 1984. *Pulse-echo method for flaw detection in concrete*, AllIOb 034251
- REFERENCE : 84.
- Foo Wei Lee., Hwa Kian Chai., Hwa Kian Chai, 2016. Assessment of Reinforced Concrete Surface Breaking Crack Using Rayleigh Wave Measurement. *Sensors* 2016, 16(3), 337;
- Ramamoorthy, S. K., Kane, Y., and Turner, J. A., 2004. Ultrasound diffusion for crack depth determination in concrete. *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 115, pp. 523-529.
- Seher M., In, C.-W., Kim., J.-Y., Kurtis., K. E., and Jacobs., L. J., 2013. Numerical and experimental study of crack depth measurement in concrete using diffuse ultrasound. *Journal of Nondestructive Evaluation*, vol. 32, pp. 81-92.
- Chi-Won In, Kevin Arne, Jin-Yeon Kim, Kimberly E. Kurtis, Laurence J. Jacobs, 2017. Estimation of Crack Depth in Concrete Using Diffuse Ultrasound: Validation in Cracked Concrete Beams. *J Nondestruct Eval* (2017) 36:4.

ABSTRACT

The theory of ultrasonic methods and their application in evaluating cracks in concrete

Pham Thi Nhan¹

¹*Innovation for Sustainable and Responsible Mining (ISRM)
Hanoi University of Mining and Geology*

During the construction process or the use of construction works, under the impact of various loads, there is a risk of cracks appearing, which can affect the aesthetics and safety of the structure. Therefore, safety inspection of concrete structures through special testing methods, particularly non-destructive testing, is essential. Ultrasonic testing is one of the commonly used non-destructive testing methods. This method is widely used to check and predict defects in concrete materials, structures, or reinforced concrete. The article synthesizes the theory and introduces five main ultrasonic methods that are commonly used to evaluate cracks in concrete, including the Impact-Echo Method, the Acoustic Emission (AE) Method, the Surface Wave Transmission Method, the Time of Flight Diffraction (TOFD) Method, and the Diffusion Method. Additionally, the article presents some results obtained from ultrasonic pulse transmission time (TOFD) testing on concrete samples with dimensions of 40mm × 40mm × 160mm. The analysis of the collected data demonstrates the effectiveness of the TOFD method in detecting cracks and the number of open cracks in concrete beam samples.

Keywords: ultrasonic pulse; concrete; pulse transmission time; crack

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG (ERSD 2024)



ISBN: 978-604-76-3040-0



9 786047 630400

SÁCH KHÔNG BÁN