

**PHÓ TỔNG BIÊN TẬP**  
**PGS,TS ĐOÀN THẾ TƯỜNG**

**HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP**

PGS,TS PHÙNG MẠNH ĐẮC  
PGS,TS HOÀNG VIỆT HÙNG  
PGS,TS PHẠM QUANG HƯNG  
PGS,TS NGUYỄN BÁ KẾ  
TS PHÙNG ĐỨC LONG  
GS NGUYỄN CÔNG MẪN  
PGS,TS NGUYỄN ĐỨC MẠNH  
PGS,TS NGUYỄN SỸ NGỌC  
PGS,TS VÕ PHÁN  
PGS,TS NGUYỄN HUY PHƯƠNG  
GS,TS TRẦN THỊ THANH  
PGS,TS VƯƠNG VĂN THÀNH  
TS LÊ THIẾT TRUNG  
GS,TS ĐỖ NHƯ TRÁNG  
PGS,TS TRẦN THƯƠNG BÌNH  
TS NGUYỄN TRƯỜNG HUY  
PGS,TS ĐẬU VĂN NGỌ  
PGS,TS TẠ ĐỨC THỊNH  
TS NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG

Giấy phép xuất bản số 1358/GPXB -  
Ngày 8-6-1996, Bộ Văn hóa - Thông tin  
Cơ quan xuất bản: Viện Địa Kỹ thuật  
(Liên hiệp các Hội KH&KT Việt Nam)  
152 Lê Duẩn - Đống Đa - Hà Nội  
Tel: 024. 22141917.  
Email: tapchidkt@yahoo.com.vn;  
viendkt@vusta.vn  
Website: www.vgi-vn.vn  
Xuất bản 3 tháng 1 kỳ  
Nộp lưu chiểu: tháng Mười một 2023

**Tạp chí ĐỊA KỸ THUẬT**

ISSN - 0868 - 279X  
NĂM THỨ 27  
SỐ 3 NĂM 2023

**MỤC LỤC**

**ĐẶNG VĂN KIÊN, ĐỖ NGỌC ANH, TÔ QUANG BẢO:** Nghiên cứu sử dụng tro bay của nhà máy nhiệt điện để chế tạo bê tông lấp đầy sau vò hầm 3

**HUYỀN TẤN PHÁT, NGUYỄN TRUNG KIÊN:** Ứng dụng phương pháp hỗn hợp FEM-SPH trong phân tích bài toán dẫy trôi ống ngầm 14

**TRẦN ĐĂNG TUẤN, LẠI HỢP PHÒNG, ĐINH VĂN TOÀN, DƯƠNG THỊ NINH, PHẠM NGỌC ĐẠT, PHẠM HỒNG TRANG, VŨ ĐÌNH HẢI:** Nghiên cứu sử dụng phương pháp địa chấn sóng mặt đa kênh trong đánh giá tai biến sụt đất tại khu vực xã Chiềng Mung, huyện Mai Sơn, tỉnh Sơn La 22

**NGUYỄN VĂN PHÓNG:** Đánh giá ổn định nền móng tháp điện gió có xét tới độ nhạy cảm của cát bão hòa với tải trọng động 32

**ĐỖ TUẤN NGHĨA, NGUYỄN CHÂU LÂN:** Gia cố và phủ xanh mái dốc sử dụng giải pháp neo kết hợp trồng cỏ bề mặt 38

**PHẠM THỊ NHÀN, LÊ HUY VIỆT:** Đánh giá nứt trong dầm bê tông cường độ cao bằng phương pháp nhiễu xạ lan truyền (tofd) 46

**TRẦN TRỌNG HIỂN, HÀ NGỌC ANH, NGUYỄN VIỆT TIẾN, VY THỊ HỒNG LIÊN, NGUYỄN TRỌNG TÀI, THÁI MẠNH HÙNG:** Phân tích khả năng gia cố nền đất yếu bằng công nghệ khoan phụt vữa áp lực cao qua công trình nhà ga Nhòn, thành phố Hà Nội 56

**PHAN HỒNG QUÂN – ĐỖ ĐỨC THẮNG – HOÀNG QUỐC GIA:** Giới thiệu một loại móng mới – móng Vtop 63

**NGUYỄN CÔNG ĐỊNH, NGUYỄN NGỌC LÂN, NGUYỄN ĐỨC MẠNH, NGUYỄN HẢI HÀ, QUYỀN MAI PHƯƠNG:** Nghiên cứu đặc điểm kháng nén một trục nở hông của đất thổ nhưỡng (mặt ruộng) được gia cố bằng phương pháp trộn xi măng kết hợp phụ gia dhd phục vụ xây dựng đường ô tô 66

**NGUYỄN DUYÊN PHONG, TRẦN TUẤN MINH:** nghiên cứu nguyên nhân rui ro, sự cố mất ổn định đường lò trong khai thác than hầm lò 74

**DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF**  
Ass/Prof.Dr. DOAN THE TUONG

**EDITORIAL BOARD**

Ass/Prof.Dr. PHUNG MANH DAC  
Ass/Prof.Dr. HOANG VIET HUNG  
Ass/Prof.Dr. PHAM QUANG HUNG  
Ass/Prof.Dr. NGUYEN BA KE  
Dr. PHUNG DUC LONG  
Prof. NGUYEN CONG MAN  
Ass/Prof.Dr. NGUYEN DUC MANH  
Ass/Prof.Dr. NGUYEN SY NGOC  
Ass/Prof.Dr. VO PHAN  
Ass/Prof.Dr. NGUYEN HUY PHUONG  
Prof.Dr. TRAN THI THANH  
Ass/Prof.Dr. VUONG VAN THANH  
Dr. LE THIET TRUNG  
Prof.Dr. DO NHU TRANG  
Ass/Prof.Dr. TRAN THUONG BINH  
Dr. NGUYEN TRUONG HUY  
Ass/Prof.Dr. DAU VAN NGO  
Ass/Prof.Dr. TA DUC THINH  
Dr. NGUYEN TUAN PHUONG

Printing licence No 1358/GPXB  
dated 8 June 1996 by the Minister of Culture and  
Information  
Published by the Vietnam Geotechnical Institute  
(Vietnam Union of Science and Technology  
Associations)  
Add: 152 Le Duan, Dong Da, Hanoi  
Tel: 024.22141917.  
Email: tapchidkt@yahoo.com.vn;  
viendkt@vusta.vn  
Website: www.vgi-vn.vn  
Copyright deposit: November 2023

**VIETNAM GEOTECHNIAL JOURNAL**

ISSN - 0868 - 279X  
VOLUME 27  
NUMBER 3 - 2023

**CONTENTS**

- DANG VAN KIEN, DO NGOC ANH, TO QUANG BAO:** Study on the use of fly ash from the thermal power plant to create concrete filling behind tunnel lining 3
- HUYNH TAN PHAT, NGUYEN TRUNG KIEN:** Application of the hybrid FEM-SPH method in analyzing the uplift behavior of buried pipeline 14
- TRAN ĐANG TUAN, LAI HOP PHONG, DINH VAN TOAN, DUONG THI NINH, PHAM NGOC DAT, PHAM HONG TRANG, VU DINH HAI:** Application of multi-channel surface wave seismic method in sinkhole hazards: a case study in Chieng Mung, Son La province 22
- NGUYEN VAN PHONG:** The stability of wind power tower foundations considering the sensitivity of saturated sand to dynamic loads 32
- DO TUAN NGHIA, NGUYEN CHAU LAN:** Ground anchors and vegetation for stabilizing slopes 38
- PHAM THI NHAN, LE HUY VIET:** Evaluating cracks in high-strength concrete beam using the Time-of-Flight Diffraction (TOFD) method 46
- TRAN TRONG HIEN, HA NGOC ANH, NGUYEN VIET TIEN, VY THI HONG LIEN, NGUYEN TRONG TAI, THAI MANH HUNG:** Evaluating possibility to improve soft soils by Jet grouting methode at Nhon Ha Noi 56
- PHAN HONG QUAN – DO DUC THANG – HOANG QUOC GIA:** Vtop – a new foundation 63
- NGUYEN CONG DINH, NGUYEN NGOC LAN, NGUYEN DUC MANH, NGUYEN HAI HA, QUYEN MAI PHUONG:** Study on the uniaxial unconfined compressive strength of topsoils improved by cement mixed with the DHD additive 66
- NGUYEN DUYEN PHONG, TRAN TUAN MINH:** Research on the Causes of Risks and Furnace Instability Incidents in Underground Coal Mining 74

# ĐÁNH GIÁ NÚT TRONG DÀM BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO BẰNG PHƯƠNG PHÁP NHIỀU XẠ LAN TRUYỀN (TOFD)

PHẠM THỊ NHÀN\*, LÊ HUY VIỆT\*

## *Evaluating cracks in high-strength concrete beam using the Time-of-Flight Diffraction (TOFD) method*

**Abstract:** *The demand for constructing high-strength concrete structures is on the rise, accompanied by the need to assess the condition of these structures to determine their safety and reliability. Concrete structures subjected to factors such as varying loads, uneven settling, shrinkage, and construction impacts often develop cracks. These cracks, with varying sizes, locations, and magnitudes, can affect the load-bearing capacity and usability of the structure. There are many methods to accurately predict the size of these cracks, and currently, one of the widely adopted methods is the ultrasonic method, which belongs to the category of non-destructive testing (NDT) methods. It offers numerous advantages such as safety for the evaluated structure or material, no physical or mechanical damage, the ability to inspect the entire structure, time and cost savings, and repeatability. In this article, the Time of Flight Diffraction (TOFD) method, which is part of ultrasonic pulse velocity (UPV) methods, is employed for research purposes. By analyzing the TOFD parameters of the longitudinal wave (P-wave), including time, velocity, and distance from the source to the receiving point, it is possible to predict the presence of cracks and calculate the crack depth. The article successfully fabricated high-strength concrete beam specimens (>60MPa) using cement, river sand, silica fume, and superplasticizer admixture. The UPV experimental results indicated that the presence of cracks increased the time of pulse transmission. Following the guidelines of BS1881 and the TCVN 9357-2012 standard, crack depths were determined and compared based on the pulse velocity results and actual crack depths.*

## 1. Mở đầu

Bê tông là loại vật liệu được sử dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng. Trong quá trình sử dụng do một số yếu tố như sự thay đổi của tải trọng, lún lệch không đều, co ngót, tính thiếu cốt

thép...các kết cấu bê tông thường xuất hiện các vết nứt chẳng hạn vết nứt thẳng góc giữa dầm, vết nứt nghiêng tại đầu dầm, nứt cổ trần, nứt sàn, nứt dọc sườn dầm BTCT dự ứng lực, nứt bề mặt đập thủy điện..(Tariq Umar,2022; L.Q. Hung, 2021). Mặc dù trong một số trường hợp, các vết nứt hở trên bề mặt chỉ có thể ảnh hưởng đến tính

---

\* Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam  
Email: phamthinhnan@humg.edu.vn

thâm mỹ của bề mặt bê tông, nhưng trong hầu hết các trường hợp chúng là dấu hiệu cho thấy sự suy giảm cường độ và tuổi thọ của kết cấu bê tông (BS 1881).

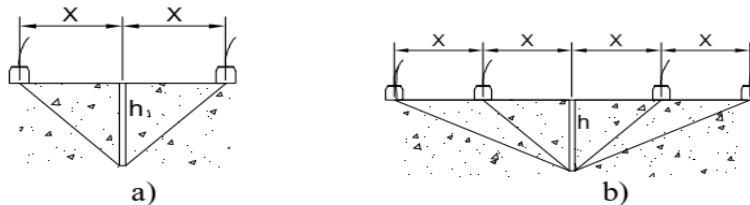
Phương pháp xác định thời gian nhiễu xạ lan truyền (TOFD) là một trong các phương pháp siêu âm để xác định chiều sâu vết nứt mở bề mặt trên bê tông. Phương pháp này được đề xuất lần đầu tiên bởi Sansalone, 1998. Sau đó là J H Bungey (2006) và ACI Committee 224, 2007 đã trình bày một biểu thức toán học đơn giản để tính toán độ sâu của vết nứt bằng cách so sánh hai phép đo thời gian nhiễu xạ thông qua phương thức truyền gián tiếp.

Bungey, 2006 đã đề xuất một biểu thức toán học bằng cách so sánh thời gian lan truyền của sóng siêu âm dọc trong bê tông âm với sóng siêu

âm lan truyền qua khe nứt. Cho rằng vận tốc của sóng dọc trong bê tông là như nhau trong cả hai trường hợp. Giả sử đường đi của sóng xung như được trình bày trong Hình 1a, độ sâu xâm nhập của khe nứt "h" có thể được đánh giá như sau:

$$h = \left(\frac{x}{T_s}\right) \sqrt{T_c^2 - T_s^2} \quad (1)$$

Trong đó:  $T_c$  là thời gian xung truyền qua khe nứt;  $T_s$  là thời gian xung di chuyển bề mặt bê tông và  $x$  là khoảng cách ngắn nhất giữa các đầu đo và khe nứt trên bề mặt của bê tông. Để sử dụng Công thức 1, trước đó cần phải thu thập được thời gian truyền sóng trên bề mặt bê tông của sóng dọc trong khu vực không có khe nứt ( $T_s$ ), khoảng cách hai đầu đo, phát sóng là  $2x$ .



**Hình 1. Bố trí đầu dò trong phương pháp Bungey và BS 1881 [20], [28]**

Bungey khẳng định rằng độ sâu của các vết nứt mở ở bề mặt bê tông có thể được ước tính với độ chính xác là 15% khi sử dụng công thức 1.

Một phương pháp khác để ước tính độ sâu của khe nứt mở bề mặt là phương pháp được trình bày trong tiêu chuẩn BS 1881: Phần 203. Phương pháp này sử dụng hai lần đo, vị trí hai lần đo được đặt cách đều nhau so với vị trí khe nứt ở khoảng cách lần lượt là  $x$  và  $2x$ , theo hình ảnh trong hình 1b. Giả định rằng tốc độ sóng siêu âm là giống nhau, có thể sửa đổi công thức 1 như sau:

$$h = x \sqrt{\frac{4T_1^2 - T_2^2}{T_2^2 - T_1^2}} \quad (2)$$

Trong đó:  $T_1$  và  $T_2$  là thời gian truyền xung dọc tương ứng với các khoảng cách từ đầu dò đến khe nứt tương ứng là  $x$  và  $2x$ . BS 1881 đề xuất khoảng cách  $x$  là 15 cm. Yaman và đồng nghiệp, 2001 đã đề xuất rằng khi thực hiện đo đạc gián tiếp, cần ít nhất bốn lần đo để tốc độ sóng siêu âm có biên độ biến đổi nhỏ hơn 2%.

TCVN 9357:2012 hướng dẫn thực nghiệm cách xác định chiều sâu vết nứt bề mặt thẳng đứng bằng xung sóng siêu âm và phương pháp

được sử dụng trong tiêu chuẩn là phương pháp thời gian nhiều xạ lan truyền (TOFD). So với các phương pháp thí nghiệm không phá huỷ khác phương pháp TOFD được đánh giá là phương pháp có độ chính xác cao và được sử dụng khá phổ biến. Ở nước ta trong những năm gần đây, vật liệu bê tông cường độ cao được nghiên cứu và sử dụng ngày càng rộng rãi đáp ứng nhu cầu của xây dựng cơ bản đặc biệt cho nhu cầu xây dựng công trình nhà cao tầng, siêu cao tầng (N.V.Toàn,2014; N.C. Thắng, 2019). Theo TCVN 9357:2012, phương pháp xung siêu âm có thể sử dụng để đánh giá đặc điểm vết nứt cho cấu kiện bê tông cường độ cao trên 60 MPa, tuy nhiên các nghiên cứu sử dụng phương pháp xung siêu âm cho bê tông cường độ trên 60 MPa còn hạn chế.

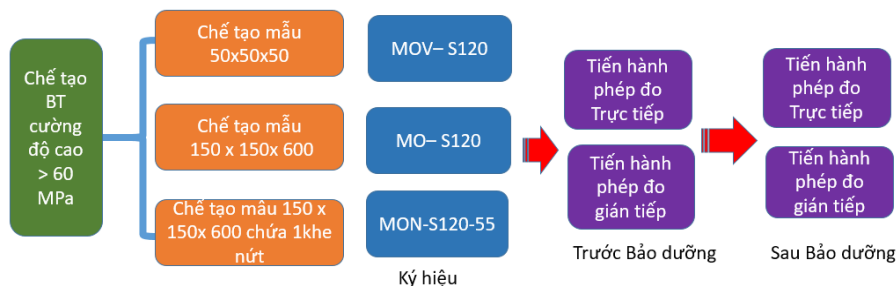
## 2. Chương trình thí nghiệm

### 2.1. Quy trình chế tạo mẫu

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đề xuất thiết kế cấp phối cho bê tông cường độ cao trên 60 MPa được điều chỉnh trong quá trình thí nghiệm (dựa trên thay đổi các yếu tố ảnh hưởng) khi sử dụng các nguồn nguyên vật liệu được bán phổ biến trên thị trường. Cốt liệu sử dụng trong chế tạo bê tông cường độ cao trên 60 MPa sử dụng hoàn toàn cốt liệu mịn không có cốt liệu thô, tỷ lệ nước trên xi măng là 0,2, sử dụng phụ gia khoáng hoạt tính là muối silic và phụ gia siêu dẻo. Bảng thành phần cấp phối được thể hiện như trên bảng 1.

Bảng 1. Cấp phối Bê tông cường độ cao

	Xi măng	silicafume	Cát vàng	Nước	SP	Tổng
Cấp Phối	1	0,25	1,25	0,2	0,067	2,767
Khối lượng (gam)	1329,8	332,4	1662,2	266	89,1	3679,5



Hình 2. Chương trình thí nghiệm

Để đảm bảo cho kết quả không bị sai lệch trong quá trình đúc mẫu thí nghiệm cường độ nén quy trình được đúc đồng bộ theo quy trình như sau đây:

+ Trộn khô xi măng cùng với silica fume cho hỗn hợp được đều (trong vòng 2 phút);

+ Đổ hỗn hợp xi với silica fume vừa trộn vào máy bật máy trộn đều trong vòng (3 phút)

+ Đổ nước theo chiều kim đồng hồ và ngược lại xung quanh miệng xoong trộn sao cho hỗn hợp được đều trong vòng (3 phút);

+ Đổ chất phụ gia siêu dẻo vào hỗn hợp xung quanh miệng xoong máy trộn sao cho đều và để hỗn hợp quay trong vòng (5 phút).

Mẫu được tháo ván khuôn sau 2 ngày bảo dưỡng ở điều kiện phòng. Sau khi tháo mẫu, các mẫu được bảo dưỡng trong các điều kiện: không khí, nhiệt ẩm, nhiệt và nước theo chương trình thí nghiệm.

Các mẫu bê tông kích thước 150 x 150 x 600 mm được trộn bằng máy trộn bê tông cầm tay, sau khi đổ đầy khuôn gỗ mỗi bên 20 lần, tiến hành cắm tấm nhựa polymer có kích thước 150 x 60 x 2 mm để tạo khe nứt nhân tạo như trên hình 3.



Hình 3. Mẫu bê tông nguyên và mẫu bê tông tạo hình khe nứt mở

## 2.2. Thí nghiệm độ chảy xòe

Thí nghiệm đo độ chảy xòe được thực hiện ngay sau khi dừng trộn gồm các bước như sau:

- + Đổ đầy hỗn hợp đã trộn vào côn đo độ xòe;
- + Dùng thước gạt hỗn hợp sao cho bằng mặt với côn đo;
- + Rút côn thẳng đứng 90 độ bằng 2 tay;
- + Dùng thước đo độ chảy xòe của bê tông khi rút côn sau 1 phút và ghi kết quả. Kết quả độ chảy xòe đạt  $20 \pm 22$ cm.

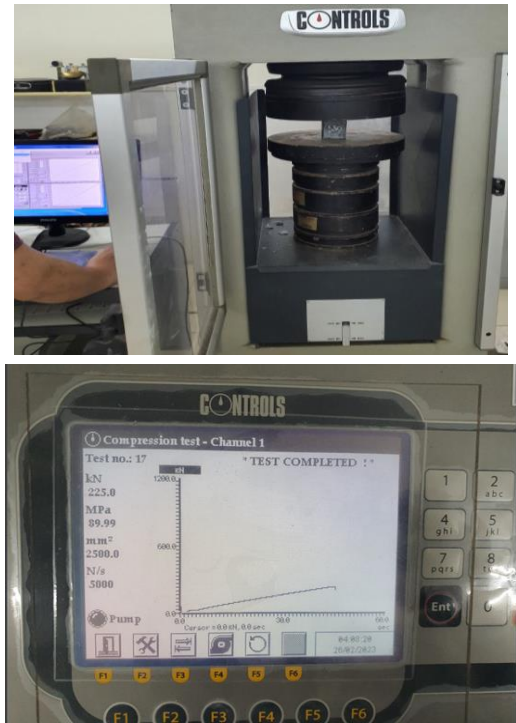


Hình 4. Xác định độ chảy xòe của hỗn hợp vữa chất kết dính trong côn vữa

## 2.3. Thí nghiệm xác định cường độ nén bê tông

Cường độ nén của mẫu được xác định sử dụng hệ thống máy nén uốn tự động ADVANTEST 9 (Controls - Italia). Tốc độ gia tải trong trường hợp này là 1000 N/s. Các viên mẫu kích thước 50x50x50 mm (theo tiêu chuẩn ASTM thí nghiệm cho mẫu bê tông hạt mịn). Cường độ mẫu

nén đạt 89Mpa thỏa mãn yêu cầu > 60MPa. Cấp phối lựa chọn hoàn toàn đủ yêu cầu chế tạo mẫu đầm có kích thước lớn 150 x 150 x 600mm để tiến thành thí nghiệm đo xung siêu âm đánh giá nứt.

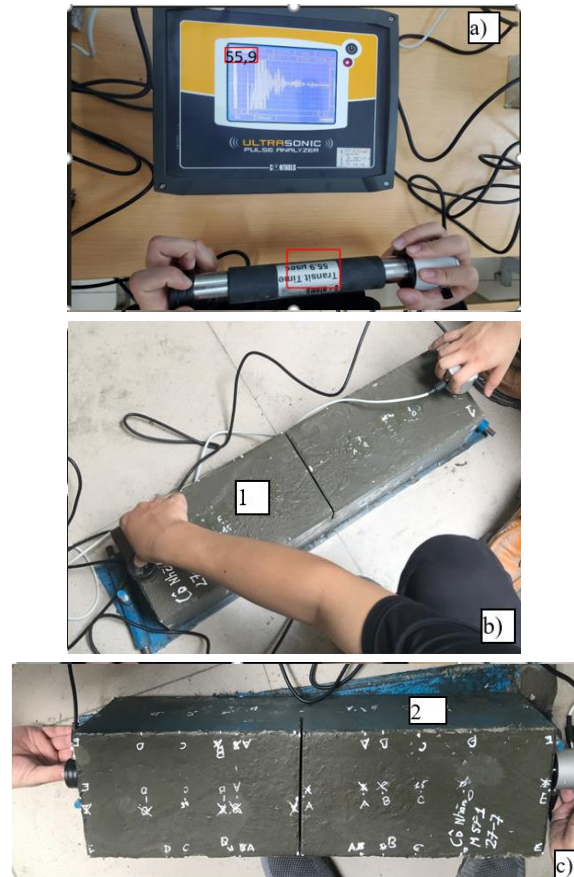


Hình 5. Thí nghiệm nén xác định cường độ bê tông

#### 2.4. Thí nghiệm đo xung siêu âm

Nhóm nghiên cứu sử dụng máy Ultrasonic Pulse Analyzer bên trong thiết bị đã được tích hợp sẵn bộ đếm thời gian. Với mỗi mẫu thí

nghiệm sẽ lần lượt đo 3 mặt, Mặt số 1 ứng với phép đo gián tiếp (hình 6b), 2 mặt ở bên đầu đầm ứng với phép đo trực tiếp (hình 6c) và một mặt cạnh bên số 2 (hình 8b). Trước khi đo tiến hành đo thử nghiệm thời gian truyền sóng trên thanh chuẩn như hình 6a với thời gian truyền xung trên thanh chuẩn là 55,9  $\mu$ s. Quy cách đặt đầu đo trong các phép đo gián tiếp, trực tiếp như hình 6b, c thể hiện.



Hình 6. Chuẩn sóng và phương thức đo UPV trực tiếp và gián tiếp

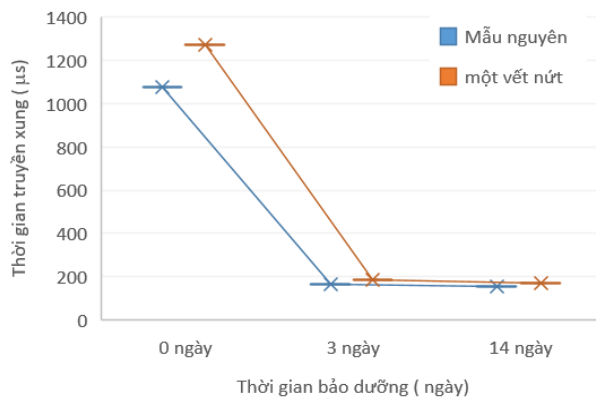
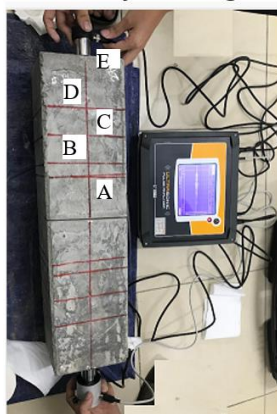
a) Test trên thanh chuẩn, b) Đo xung trên mặt số 1, c) Đo xung trên mặt số 2

### 3. Kết quả thí nghiệm và thảo luận

Xung của dao động dọc được tạo ra nhờ một bộ phận biến đổi điện âm (đầu dò). Các đầu dò

được giữ tiếp xúc với bề mặt của phần bê tông chịu kiểm tra. Sau khi đi qua chiều dài L đã biết của bê tông, xung dao động được chuyển thành tín hiệu điện nhờ đầu dò thứ hai. Trong thí nghiệm thời gian truyền T của xung đo được nhờ các mạch điện đếm thời gian.

Bảng 2 trình bày kết quả thời gian truyền xung theo phương pháp gián tiếp, hai đầu dò ở vị trí cách xa nhau một khoảng bằng nhau tính từ vị trí của vết nứt. Các khoảng cách này lần lượt là 8cm, 10cm, 15cm và 30cm tương ứng với các điểm A, B, C, D và E trên bề mặt số 1. Ngoài ra cũng tiến hành đo thời gian truyền xung trên 1 mặt bên số 2, vị trí các đo mặt bên số 2 như hình số 8 thể hiện.



Hình 7. Đo thời gian truyền xung theo phương pháp trực tiếp

a) Bố trí đầu dò, b) Thời gian truyền xung

Hiện nay trong nước và nước ngoài có một số công bố liên quan đến ảnh hưởng thời gian bảo dưỡng đến kết quả truyền xung siêu âm. Có thể kể đến như Nguyễn Hồng Đức, 2017 ; Vương Lê Thắng, 2021 cho thấy xu hướng chung là độ lớn UPV tăng dần theo tuổi của bê tông. Trong nghiên cứu này cho thấy với bê tông cường độ cao cũng cho kết luận tương đồng. Hình 7 b cho thấy trước khi bảo dưỡng nhiệt khi đo theo phương pháp trực tiếp thời gian truyền xung khá

### 3.1. Thời gian lan truyền xung theo phương pháp trực tiếp

Có hai cách xác định thời gian lan truyền xung là xác định bằng thiết bị hiển thị số và xác định bằng thiết bị hiển thị dạng sóng. Trong thí nghiệm này, để phù hợp với thiết bị hiện có tại phòng thí nghiệm, thời gian lan truyền xung được xác định bằng thiết bị hiển thị số là máy siêu âm Ultrasonic Pulse Analyzer (Hình 2.7a). Với máy siêu âm Ultrasonic Pulse Analyzer, bên trong thiết bị đã được tích hợp sẵn bộ đếm thời gian. Do vậy, khi đặt hai cảm biến của máy siêu âm với sơ đồ bố trí như Hình 7a, thời gian lan truyền xung được hiển thị trên màn hình máy, kết quả tổng hợp được thể hiện như trên Hình 7b.

lớn. Với khoảng cách 600mm, thời gian truyền xung đều lớn hơn 1000µs. Khi được bảo dưỡng nhiệt 3 ngày ở nhiệt độ 80°C thời gian truyền xung giảm đáng kể dưới 200µs (giảm trên 80%). Kết quả này là do khi bê tông được bảo dưỡng nhiệt ẩm, quá trình thủy hoá của xi măng làm lượng nước có trong bê tông, bê tông được phát triển cường độ, kết cấu đặt chắc hơn, do vậy tốc độ lan truyền xung nhanh hơn, kết quả là thời gian truyền xung giảm đi. Khi các mẫu được bảo



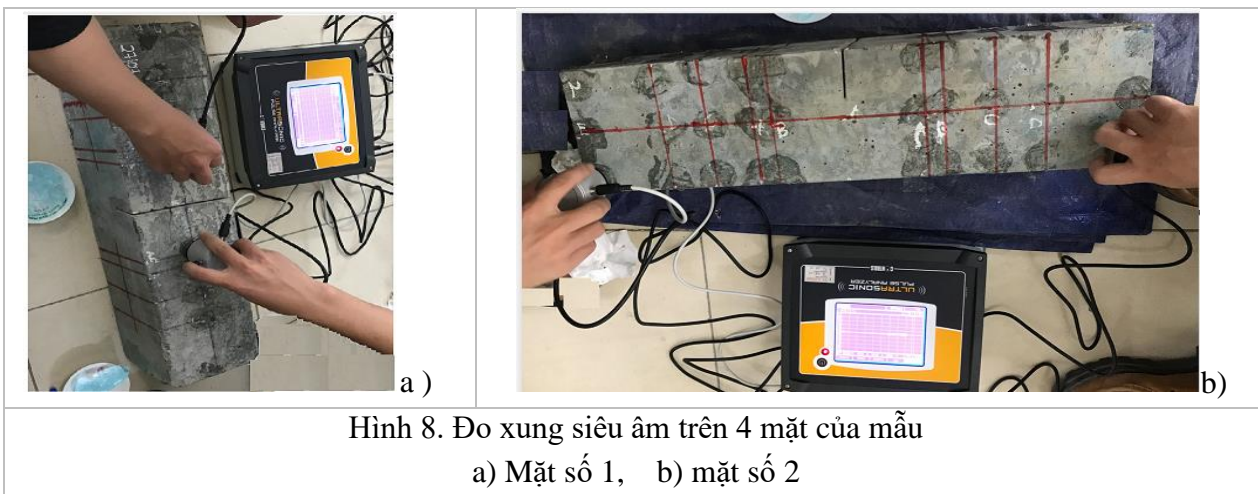
đưỡng ở nhiệt độ thường 14 ngày, thời gian truyền xung so với thời điểm bảo dưỡng nhiệt ẩm 3 ngày có xu hướng giảm tuy nhiên không đáng kể ( giảm 5%÷8%). Khi mẫu có khe nứt thời gian truyền xung theo phương pháp trực tiếp là lớn hơn so với mẫu nguyên khối.

### 3.2 kết quả đo xung siêu âm theo phương pháp gián tiếp

#### a. Ảnh hưởng vết nứt đến thời gian truyền xung

Đối với phương pháp đo gián tiếp, phương pháp đặt đầu dò được thể hiện như hình 7a. Nhóm nghiên cứu thực hiện đo lần lượt trên hai mặt của mẫu, mặt chứa khe nứt (số 1) và mặt ở cạnh bên

của mẫu (số 2). Khoảng cách từ đầu thu và đầu nhận tín hiệu đến vết nứt được khảo sát lần lượt là 8cm, 10cm, 15cm, 20cm và 30 cm, tương ứng với các điểm là A, B, C, D và E. Kết quả đo thời gian truyền xung trên mặt số 1 (mặt chứa vết nứt) sẽ được sử dụng để ước tính chiều sâu khe nứt theo các khuyến nghị của tiêu chuẩn BS 1881. Các kết quả đo trên mặt còn lại sử dụng làm tham chiếu để tham khảo sự ảnh hưởng khe nứt, vị trí đặt đầu đo đến xu hướng thay đổi thời gian truyền xung siêu âm.



Hình 8. Đo xung siêu âm trên 4 mặt của mẫu  
a) Mặt số 1, b) mặt số 2

Kết quả thời gian truyền xung đo được lần lượt tại các điểm định trước trên mặt 1 và 2 được thể hiện trên bảng 2.

Bảng 2. Thời gian truyền xung theo phương pháp gián tiếp

Thời gian truyền xung theo phương pháp gián tiếp trên mặt 1 và 2											
Mẫu nguyên	Mặt 1					Mặt 2					
	A (8cm)	B (10cm)	C (15cm)	D (20cm)	E (30cm)	Vị trí	A (8cm)	B (10cm)	C (150cm)	D (20cm)	E (30cm)
	49,2	68	84,2	132,4	173,2	Trên	74,7	84,9	125,9	187,9	161,6
						Giữa	55,1	89,6	143	164,6	166,9
						Dưới	60	60,2	107,1	149,6	178,3
Mẫu có chứa khe nứt	182,3	192,9	225,5	276,5	393,7	Vị trí	A(8cm)	B(10cm)	C (150cm)	D(20cm)	E ( 30cm)
						Trên	82	113,9	177,8	262,4	361,9
						Giữa	60,7	91,2	177,2	172,8	187,1
						Dưới	64,4	75,1	159,2	156,4	255,7

Trong thí nghiệm trên khi đầu phát sóng dọc lan truyền trong bê tông, xung lan truyền đến đỉnh của vết nứt, lúc này đỉnh vết nứt lúc này sẽ đóng vai trò như một nguồn phát mới, phát ra các sóng ngang và sóng dọc thứ cấp. Nếu ta bố trí đầu thu đối xứng với đầu phát qua vị trí vết nứt, khi đó vị trí đầu phát và đầu thu chính là các vị trí để xác định quãng đường ngắn nhất mà sóng lan truyền khi có vết nứt. Từ số liệu trên bảng 2 ta thấy, khi khoảng cách hai đầu thu phát tăng lên thời gian truyền xung tăng tương ứng. Mặt khác khi mẫu bê tông có vết nứt thời gian truyền xung tại các vị trí đều tăng lên rõ rệt. Kết quả thu được cũng tương đồng như các kết quả nghiên cứu cho bê tông thường, bê tông geopolimer. Như vậy dựa trên sự biến đổi thời gian truyền xung lan truyền hoàn toàn có thể dự báo được sự có mặt của các vết nứt trong cấu kiện bê tông cường độ cao. Kết quả lan truyền xung cả gián tiếp và trực tiếp đều cho thấy khi bê tông có chứa các vết nứt thì thời gian lan truyền xung lâu hơn so với mẫu bê tông nguyên khối. Vị trí tương quan giữa đầu dò và khe nứt cũng quyết định tới thời gian lan truyền xung. Ví dụ như tại mặt số 2 mặc dù khoảng cách giữa hai đầu phát - thu xung là giống nhau tuy nhiên khi đặt đầu dò ở mép trên, mép dưới và chính giữa mẫu thì thời gian truyền xung là hoàn toàn khác nhau. Ở vị trí trên cùng do sóng xung phải truyền qua khe nứt mới tới được đầu thu sóng do vậy thời gian truyền xung lớn nhất, ở vị trí giữa dầm sự chênh lệch thời gian truyền xung không nhiều do vị trí 2 đầu phát và nhận xung gần như ít bị ảnh hưởng bởi khe nứt do vậy sự chênh lệch không đáng kể.

### ***b. So sánh chiều sâu vết nứt thực tế và theo kết quả truyền xung***

Các kết quả nghiên cứu trong nước liên quan đến ước tính chiều sâu vết nứt mở bằng phương pháp UPV là không nhiều và các công bố chủ yếu chỉ áp dụng Biểu thức 2 trong BS 1881 và được dịch trong TCVN 9357:2012 để dự đoán chiều sâu vết nứt mở trên bề mặt từ thực nghiệm. Có thể kể đến như: Vương Lê Thắng, 2021 sử dụng máy siêu âm Tico Proceq dự đoán chiều sâu vết nứt với sai số 13,1%. Nguyễn Hữu Huệ, 2016 sử dụng máy siêu âm đo cường độ bê tông PUNDIT để dự đoán thực nghiệm chiều sâu vết nứt của đập Cửa Đạt. Qua thí nghiệm siêu âm đã kiểm tra được các vết nứt có chiều sâu nhỏ nhất từ 21mm và lớn nhất ở một số điểm được dự đoán là nứt xuyên. Bề rộng khe nứt thay đổi từ 0.07mm đến 3.57mm.

Trong nghiên cứu này các vết nứt được tạo trước bằng cách sau khi phối trộn bê tông xong đổ vào khuôn đầm mỗi bên dầm 20 lần để bê tông phân phối đều, đặt mẫu trên bề mặt sàn đảm bảo bằng phẳng sẽ tiến hành đưa các tấm mica nhựa cứng có chiều dày 2mm, chiều sâu cắm vào phần bê tông 60mm. Sau đó dùng màng bọc thực phẩm bọc xung quanh mẫu đảm bảo mẫu bê tông không bị mất nước quá nhiều trong quá trình ninh kết. Từ bảng số liệu số 2, kết quả ước tính chiều sâu vết nứt theo thời gian truyền xung được áp dụng theo công thức số 2. Ta được chiều sâu vết nứt theo tính toán là:

$$h = x \sqrt{\frac{4T_1^2 - T_2^2}{T_2^2 - T_1^2}} = 102,25 \text{ mm} \quad (3)$$

Như vậy sai số so với vết nứt thực tế là 70%. Sai số này khá lớn, điều đó cho thấy với bê tông cường độ cao việc áp dụng tiêu chuẩn TCVN 9357-2012 tính toán chiều sâu vết nứt còn nhiều

hạn chế, cần phải triển khai nghiên cứu thêm để việc đánh giá chiều sâu vết nứt được chính xác.

#### 4. Kết luận và kiến nghị

Bài báo trình bày phương pháp nhiễu xạ lan truyền (TOFD) nhằm đánh giá nứt trong dầm bê tông cường độ cao. Các kết luận chính thu được từ thí nghiệm như sau:

- Chế tạo thành công bê tông cường độ cao có cường độ chịu nén 89MPa để thực hiện thí nghiệm đo xung siêu âm;

- Điều kiện dưỡng hộ có ảnh hưởng lớn đến thời gian truyền xung trong bê tông, khi bê tông ở 0 ngày tuổi (tính từ sau khi tháo mẫu), trong bê tông vẫn còn ẩm, hơi nước do vậy làm ảnh hưởng quá trình sóng lan truyền, kết quả là thời gian truyền xung rất lớn trên 1000  $\mu$ s, thậm chí nhiều vị trí xung không truyền qua được, kết quả là máy không hiện thị thời gian truyền xung. Sau khi bê tông được dưỡng hộ nhiệt ẩm 80<sup>0</sup> C trong 3 ngày, thời gian truyền xung giảm xuống khá nhiều (trên 80%). Tuy nhiên sau 14 ngày bảo dưỡng nước thường thì thời gian truyền xung khá ổn định, mức giảm không đáng kể (5%÷8%);

- Vị trí tương quan giữa hai đầu phát và thu sóng có ảnh hưởng đến thời gian truyền xung. Nếu đầu phát và đầu thu đặt vuông góc và thẳng hàng với điểm mở của khe nứt thời gian truyền xung sẽ dài hơn so với các vị trí khác. Kết quả xác định chiều sâu vết nứt dựa trên khuyến nghị của tiêu chuẩn BS 1881 và TCVN 2012 từ thời gian truyền xung theo phương pháp gián tiếp lớn hơn với với chiều sâu thực tế trên mẫu để kiểm tra khả năng đánh giá chiều sâu vết nứt trong cấu kiện bê tông cường độ cao. Đối với bê tông hạt mịn, cường độ cao cần có công thức riêng, phù hợp để xác định chiều sâu vết nứt từ kết quả đo xung siêu âm.

Kết quả nghiên cứu của bài báo là cơ sở để tiến hành các nghiên cứu tiếp cho bê tông cường độ cao hoặc siêu cao, số lượng vết nứt nhiều hơn, hoặc có thêm các thành phần khác như cốt thép, sợi thép..., từ đó làm cơ sở dữ liệu để bổ sung đầy đủ hơn cho TCVN 9357-2012 phần mở rộng cho bê tông cường độ cao.

#### LỜI CẢM ƠN

Các tác giả xin cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí để làm nghiên cứu từ đề tài mã số B2023- MDA - 06

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Tariq Umar., Muhammad Yousaf .., Muhammad Akbar ., Nadeem Abbas ., Zahoor Hussain and Wajahat Sammer Ansari (2022). An Experimental Study on Non-Destructive Evaluation of the Mechanical Characteristics of a Sustainable Concrete Incorporating Industrial Waste. Material, 7346. <https://doi.org/10.3390/ma15207346>.

[2] Lê Quang Hưng, (2021). Nghiên cứu nguyên nhân và đánh giá ảnh hưởng của các vết nứt dọc sườn dầm bê tông cốt thép dự ứng lực. *Khoa học công nghệ*, P68-71

[3] BS 1881: Part 203, Recommendations for measurement of the velocity of ultrasonic pulses in concrete, London, 1986.

[4] Sansalone, M., Lin, J.-M., and Streett, W. B. (1998), "Determining the depth of surface-opening cracks using impact-generated stress waves and time-offlight techniques", *ACI Materials Journal*, vol. 95, pp. 168-177.

[5] J H Bungey, S G Millard, M G Grantham, Testing of concrete in structures, 4 ed. Taylor & Francis, 2006.

[6] ACI Committee 224. Causes, evaluation, and repair of cracks in concrete structures, ACI 224.1R-07. American Concrete Institute, 2007.

[7] Tiêu chuẩn Việt Nam (2012), TCVN : 9357 Bê tông nặng - Phương pháp thử không phá hủy - Đánh giá chất lượng bê tông bằng vận tốc xung siêu âm, Nhà xuất bản xây dựng, Hà Nội

[8] Ngô Văn Toàn, Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng cát mịn và phụ gia khoáng hỗn hợp từ xỉ lò cao hoạt hóa và tro trấu, Vật liệu xây dựng - môi trường. (2014) 36–45.

[9] Nguyễn Công Thắng và cộng sự, Ảnh hưởng của phụ gia khoáng đến khả năng ăn mòn cốt thép trong bê tông chất lượng siêu cao, Tạp Chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng. (2019) 96.

[10] Nguyễn Hồng Đức (2017), Sử dụng phương pháp không phá hoại mẫu kết hợp mô hình tiên lượng ANN để xác định cường độ chịu nén bê tông Geopolymer. Luận án ThSKT Trường Đại học sư phạm kỹ thuật TP Hồ Chí Minh.

[11] Vương Lê Thắng (2021), Nghiên cứu ứng dụng sóng siêu âm dự đoán cường độ chịu nén và vết nứt của bê tông sử dụng tro bay và bột đá. Luận án TSKT, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng.

[12] Nguyễn Hữu Huế (2016), "Phương pháp thí nghiệm hiện trường kiểm tra đo đạc vết nứt bê tông bản mặt đập chính-hồ chứa nước Cửa Đạt (The field test method for measuring cracks in concrete of Cua Dat lake)", Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, số 28, trang 1-13.

---

#### **Đóng góp của tác giả**

Phạm Thị Nhàn - lên ý tưởng, xây dựng phương pháp luận, viết bài;  
Lê Huy Việt - viết bài và chỉnh sửa.

---

*Người phản biện:* GS,TS ĐÀO VIỆT TOÀN