



ISSN 1859-4794

TẠP CHÍ

KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ Việt Nam

**Vietnam Journal of
Science and Technology - MOST**

B

Tập 60 - Số 3 - Tháng 3 năm 2018

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Nguyễn Văn Hiệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
Nguyễn Việt Anh - Trường Đại học Xây dựng
Bùi Chí Bửu - Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp Miền Nam
Vũ Dũng - Hội Tâm lý học Việt Nam
Trần Thọ Đạt - Trường Đại học Kinh tế Quốc dân
Nguyễn Đình Đức - Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội
Vũ Minh Giang - Đại học Quốc gia Hà Nội
Trương Nam Hải - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
Từ Quang Hiến - Trường Đại học Nông lâm Thái Nguyên
Phạm Huy Khang - Trường Đại học Giao thông Vận tải
Phạm Gia Khánh - Chủ tịch Hội Ghép tạng Việt Nam
Hồ Đắc Lộc - Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ TP Hồ Chí Minh
Nguyễn Thị Mỹ Lộc - Trường Đại học Giáo dục - Đại học Quốc gia Hà Nội
Bành Tiến Long - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
Lê Quan Nghiệm - Đại học Y Dược TP Hồ Chí Minh
Mai Trọng Nhuận - Đại học Quốc gia Hà Nội
Nguyễn Thanh Phương - Trường Đại học Cần Thơ
Nguyễn Thanh Thủy - Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội
Phạm Hùng Việt - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội

TỔNG BIÊN TẬP

Đặng Ngọc Bảo

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

Nguyễn Thị Hải Hằng
Nguyễn Thị Hương Giang

TRƯỞNG BAN BIÊN TẬP

Phạm Thị Minh Nguyệt

TRƯỞNG BAN TRỊ SỰ

Lương Ngọc Quang Hưng

TRÌNH BÀY

Đinh Thị Luận

EDITORIAL COUNCIL

Nguyen Van Hieu - Vietnam Academy of Science and Technology
Nguyen Viet Anh - National University of Civil Engineering
Bui Chi Bui - Institute of Agricultural Science for Southern Vietnam
Vu Dung - Vietnam Association of Social Psychology
Tran Tho Dat - National Economics University
Nguyen Dinh Duc - University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi
Vu Minh Giang - Vietnam National University, Hanoi
Truong Nam Hai - Vietnam Academy of Science and Technology
Tu Quang Hien - Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry
Pham Huy Khang - University of Transport and Communications
Pham Gia Khanh - President of Vietnam Society of Organ Transplantation
Ho Duc Loc - Ho Chi Minh City University of Technology
Nguyen Thi My Loc - University of Education, Vietnam National University, Hanoi
Banh Tien Long - Hanoi University of Science and Technology
Le Quan Nghiem - University of Medicine and Pharmacy of Ho Chi Minh City
Mai Trong Nhuan - Vietnam National University, Hanoi
Nguyen Thanh Phuong - Can Tho University
Nguyen Thanh Thuy - University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi
Pham Hung Viet - VNU University of Science

EDITOR-IN-CHIEF

Dang Ngoc Bao

DEPUTY EDITORS

Nguyen Thi Hai Hang
Nguyen Thi Huong Giang

HEAD OF EDITORIAL BOARD

Pham Thi Minh Nguyet

HEAD OF ADMINISTRATION

Luong Ngoc Quang Hung

ART DIRECTOR

Dinh Thi Luan

TÒA SOẠN

113 Trần Duy Hưng - Cầu Giấy - Hà Nội
Tel: (84.24) 39436793; Fax: (84.24) 39436794
Email: khcnvn@most.gov.vn
Tạp chí điện tử: b.vjst.vn

EDITORIAL OFFICE

113 Tran Duy Hung Str. - Cau Giay Dist. - Hanoi
Tel: (84.24) 39436793; Fax: (84.24) 39436794
Email: khcnvn@most.gov.vn
E-journal: b.vjst.vn

GIẤY PHÉP XUẤT BẢN

Số 1153/GP-BTTTT ngày 26/7/2011
Số 2528/GP-BTTTT ngày 26/12/2012
Số 592/GP-BTTTT ngày 28/12/2016
Giá: 18000^d

PUBLICATION LICENCE

No.1153/GP-BTTTT 26th July 2011
No.2528/GP-BTTTT 26th December 2012
No.592/GP-BTTTT 28th December 2016

Tuổi U-Pb zircon LA-ICP-MS và thành phần đồng vị Hf trong andesit khu vực đèo Rù Rì - Nha Trang và ý nghĩa địa chất

Nguyễn Hữu Trọng^{1*}, Lê Tiên Dũng¹, Phạm Trung Hiếu²

¹Trường Đại học Mở - Địa chất Hà Nội

²Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 2/1/2018; ngày chuyển phân biện 5/1/2018; ngày nhận phân biện 6/2/2018; ngày chấp nhận đăng 26/2/2018

Tóm tắt:

Zircon được tuyển từ các đá phun trào andesit khu vực đèo Rù Rì - Nha Trang, Khánh Hòa, được xác định tuổi bằng phương pháp LA-ICP-MS U-Pb. Các kết quả phân tích thành phần đồng vị U-Pb trên các hạt zircon cho thấy tuổi kết tinh của andesit là $100,9 \pm 1,7$ triệu năm (tr.n), tương ứng với Creta muộn. Giá trị $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ dao động trong phạm vi từ (-)0,6 đến (+)10,7, chủ yếu cho giá trị dương, chỉ có một giá trị âm là (-)0,6 cho thấy nguồn vật liệu thành tạo các đá phun trào andesit chủ yếu từ manti, trong quá trình hình thành có sự tham gia của vật liệu vỏ lục địa.

Từ khóa: Andesit, đồng vị Hf, hệ tầng Nha Trang, tuổi U-Pb zircon.

Chỉ số phân loại: 1.5

Mở đầu

Các thành tạo phun trào andesit phân bố ở khu vực đèo Rù Rì - Nha Trang, Khánh Hòa đối Đà Lạt được nhiều nhà địa chất trong và ngoài nước quan tâm nghiên cứu. Trong công tác đo vẽ bản đồ địa chất 1:200.000 loạt Nha Trang - Đà Lạt [1, 2], A. Belousov và nhóm nghiên cứu lần đầu tiên xác lập hệ tầng Nha Trang, trong đó các đá andesit đèo Rù Rì được xếp vào tuổi Creta muộn. Trên quy mô khu vực, các đá của hệ tầng Nha Trang phân bố nhiều ở Nam Trung Bộ và Đông Nam Bộ, trên địa bàn các tỉnh Khánh Hòa, Ninh Thuận, Bình Thuận, Lâm Đồng và Bà Rịa - Vũng Tàu. Thành phần thạch học của mặt cắt hệ tầng Nha Trang khu vực này chủ yếu bao gồm andesit, ryolit, ryolit phân dải, tuf dacit, tuf felsit, ryolit phân dải và ryolit porphy. Chúng được xem như là sản phẩm thuộc đai núi lửa - pluton Nha Trang - Đà Lạt trong khoảng tuổi Mesozoi muộn.

Các tài liệu điều tra khảo sát địa chất cho thấy, các đá phun trào Mesozoi muộn Nha Trang - Đà Lạt có liên quan với nhiều khoáng sản kim loại đa kim và vàng bạc. Tiêu biểu nhất là các điểm quặng vàng Đá Bàn (xã Ninh An, Ninh Hòa) và điểm quặng vàng đèo Rù Rì (xã Vĩnh Phương, thành phố Nha Trang), tỉnh Khánh Hòa [1]. Điểm Rù Rì, vàng phân bố trong các đá phun trào andesit, andesitodacit bị biến chất nhiệt dịch thạch anh hóa, epidot hóa, chlorit hóa và propylit

hóa. Trong các đới biến chất nhiệt dịch chiều rộng 0,2 đến 5 m, phát triển nhiều gân mạch, chuỗi mạch thạch anh dày vài cm đến 0,7 m. Thành phần khoáng vật quặng từ 10 đến 30%, gồm hematit, magnetit, pyrit, chalcopirit, limonit; hàm lượng Au từ 3 đến 10 g/t; trung bình đến 6 g/t [1, 2].

Đối tượng nghiên cứu trong công trình này là các đá andesit, nằm trong cùng mặt cắt địa chất với các đá phun trào ryolit trong khu vực đèo Rù Rì. Đây là một bộ phận nhỏ nằm trong đai xâm nhập - núi lửa Mesozoi Nha Trang - Đà Lạt. Các thành tạo magma xâm nhập và phun trào có thành phần chủ yếu từ trung tính đến acid.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phương pháp phân tích U-Pb zircon LA-ICP-MS và thành phần đồng vị Hf để xác định tuổi thành tạo và nguồn gốc vật liệu hình thành nên andesit. Đây là kết quả nghiên cứu định lượng về đồng vị đầu tiên được thực hiện cho các thành tạo phun trào hệ tầng Nha Trang, hy vọng sẽ mang lại những hiểu biết mới về quá trình thành tạo chúng.

Mẫu và phương pháp phân tích

Vị trí lấy mẫu

Các đá andesit được lấy trong moong khai thác đá ngay tại khu vực đèo Rù Rì, có tọa độ địa lý $12^{\circ}18'30''$;

*Tác giả liên hệ: Email: huutronghung@gmail.com

U-Pb zircon LA-ICP-MS and Hf composition in andesite of Ru Ri pass - Nha Trang and its geological significance

Huu Trong Nguyen^{1*}, Tien Dung Le¹, Trung Hieu Pham²

¹Hanoi University of Mining and Geology

²University of Science, VNU-HCM city

Received 2 January 2018; accepted 26 February 2018

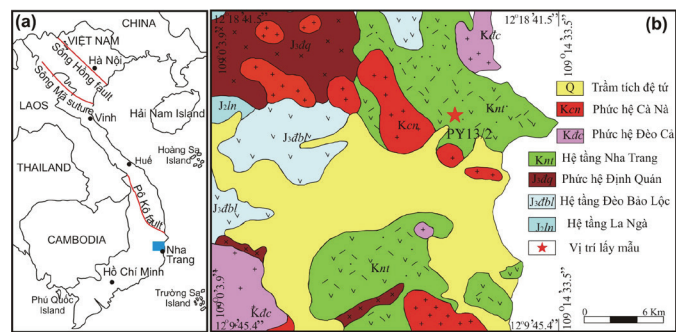
Abstract:

Zircons separated from an andesite sample in the Nha Trang formation, in the Khanh Hoa province were dated to determine the protolith age for the complex. Thirty LA-ICP-MS U-Pb zircon analyses gave concordant ages concentrated at 100.9 ± 1.7 Ma, corresponding to the late cretaceous period. These results indicated the protolith age of the rhyolite (primary magma crystallization age). The $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ component values ranged from (-0.6) to $(+10.7)$, mainly for positive value and only one negative value (-0.6) . It showed that the source of the material forming the andesite eruptions was mainly from mantle, and the continental crust material took part in the formation of the involvement.

Keywords: Andesite, Hf isotope, Nha Trang formation, U-Pb zircon age.

Classification number: 1.5

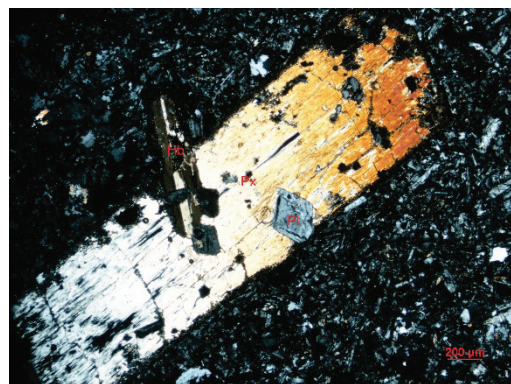
$109^{\circ}10'19''$; cách thành phố Nha Trang khoảng 5 km về phía Bắc (hình 1). Andesit có màu xanh lục, lục đậm, điểm mịn, kiến trúc porphyr với nền kiến trúc hyalopilit hoặc pilotacid; cấu tạo khối. Các ban tinh 15% gồm plagioclase, pyroxen, hornblend. Nền gồm các vi tinh plagioclase, hornblend, pyroxen, biotit và thủy tinh núi lửa bị chlorit hóa. Khoáng vật phụ có magnetit, zircon. Khoáng vật thứ sinh gồm carbonat, zosit, epidot (hình 2 và 3).



Hình 1. Sơ đồ vị trí khu vực nghiên cứu (a); sơ đồ địa chất, vị trí lấy mẫu theo bản đồ địa chất tỷ lệ 1:200.000 từ Nha Trang (b).



Hình 2. Ban tinh plagioclase trong andesit, lát mỏng PY13/2, (+), X10.



Hình 3. Ban tinh pyroxen trong andesit (+), X10.

Các ký hiệu Px: Pyroxen, Hb: Hornblend, Pl: Plagioclase.

Phương pháp phân tích

Các hạt zircon được tuyển tách từ mẫu nghiên cứu tại Công ty TNHH kỹ thuật phân tích Thương Phổ (Vũ Hán, Trung Quốc). Mẫu đá andesit số hiệu PY13/2 được nghiền tới cấp hạt 0,27-0,10 mm; đãi lấy các khoáng vật nặng bằng bàn đãi; phân loại các khoáng vật theo tỷ trọng; tuyển từ để tách các khoáng vật nhiễm từ; tách chọn zircon ở hợp phần không từ tính bằng dung dịch nặng Bromoform (CHBr_3); lựa chọn phân loại zircon dưới kính hiển vi soi nổi. Dưới

kính hiển vi soi nổi, chọn các hạt zircon hoàn chỉnh về hình dạng có kích thước từ lớn đến nhỏ, loại bỏ những hạt zircon chứa bao thể, zircon có vết nứt trên bề mặt.

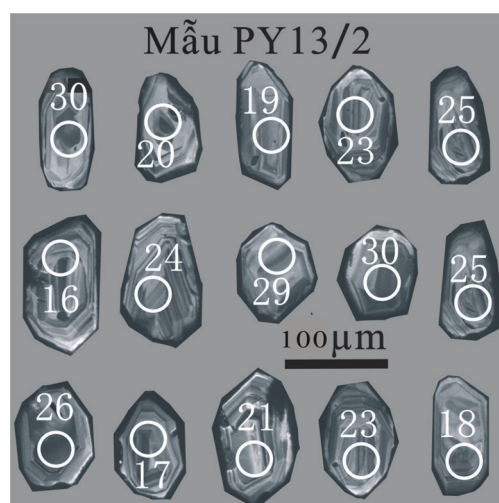
Các hạt zircon sau khi tuyển chọn, có số lượng trên 150 hạt, được dán lên mặt tấm thủy tinh bằng băng dính 2 mặt, sau đó dùng vòng tròn nhựa PVC (đường kính khoảng 13 mm dày 7-10 mm) dính bao lại tất cả những hạt zircon đó, phần rỗng trong vòng tròn nhựa PVC được lấp đầy bằng một hỗn hợp dung dịch pha trộn theo tỷ lệ nhất định gồm chất keo công nghiệp và Triethanolamine ($C_6H_{15}NO_3$). Tiếp theo, mẫu được đưa vào tủ sấy ở nhiệt độ 40-60°C, thời gian từ 2-3 ngày với mục đích làm cho hỗn hợp dung dịch gắn kết và gắn chặt với hạt zircon. Sau thời gian trên, loại bỏ tấm kính dính ở một mặt ra và tiến hành mài mòn hạt zircon bằng giấy nháp có độ hạt khác nhau với mục đích làm lộ phần trung tâm hạt để tiến hành nghiên cứu cấu trúc bên trong zircon, đồng thời lựa chọn các hạt phân tích.

Mẫu zircon sau khi mài tới phần trung tâm và được đánh bóng, lựa chọn những hạt tự hình, không có khuyết tật để phân tích tuổi. Các phân tích LA-ICP-MS U-Pb được tiến hành ở các vùng phân đới khác nhau trong từng tinh thể zircon, thiết bị gồm có ICP-MS và thiết bị bào mòn bề mặt bằng Laser. Trong quá trình thực hiện thí nghiệm sử dụng He hoặc Ar làm vật chất tải khí mài mòn, sử dụng phương pháp bào mòn đơn điểm, trong quá trình phân tích sử dụng điểm bào mòn có đường kính 34 μm . Quá trình phân tích tuổi zircon sử dụng mẫu chuẩn 91500, tỷ số đồng vị của mẫu dùng phần mềm Glitter (ver4.0, Macquarie University) để tính tuổi và dùng Isoplot (ver2.49) để hoàn thành biểu đồ tuổi chỉnh hợp. Đồng vị Hf trong đơn khoáng zircon được phân tích trùng với vị trí phân tích tuổi U-Pb zircon, thiết bị bao gồm khối phổ kế đẳng ly từ Neptune nhiều đầu tiếp nhận và hệ thống lấy mẫu laser chuẩn phân tử Geolas 193 nm. Các phân tích tuổi đồng vị zircon U-Pb và đồng vị Hf đều được thực hiện tại Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia, Đại học Địa chất Trung Quốc (Vũ Hán). Đường kính bào mòn của điểm phân tích đồng vị Hf là 44 μm , thời gian bào mòn cho phân tích một điểm khoảng 25 giây, độ sâu bào mòn của 1 điểm khoảng 40-50 μm . Trước mỗi lần phân tích đều phân tích mẫu chuẩn 91500 và GJ-1 để kiểm tra mức độ ổn định của thiết bị và dựa vào đó hiệu chỉnh sai số có tính quy luật [3, 4].

Kết quả và thảo luận

Ảnh chụp âm cực phát quang (CL)

Ảnh âm cực phát quang (CL) chụp các khoáng vật zircon đại diện từ mẫu PY13/2 (hình 4). Tổng quan hình ảnh các khoáng vật zircon cho thấy các hạt zircon có kích thước vừa và lớn từ 80-200 μm , có dạng lăng trụ dài và lăng trụ ngắn,



Hình 4. Ảnh CL các tinh thể zircon được lấy từ mẫu đá andesit PY13/2. Các vòng tròn nhỏ (đường kính 34 μm) là vị trí phân tích LA-ICP-MS U-Pb và chữ số tương ứng trong vòng tròn là các điểm phân tích mẫu.

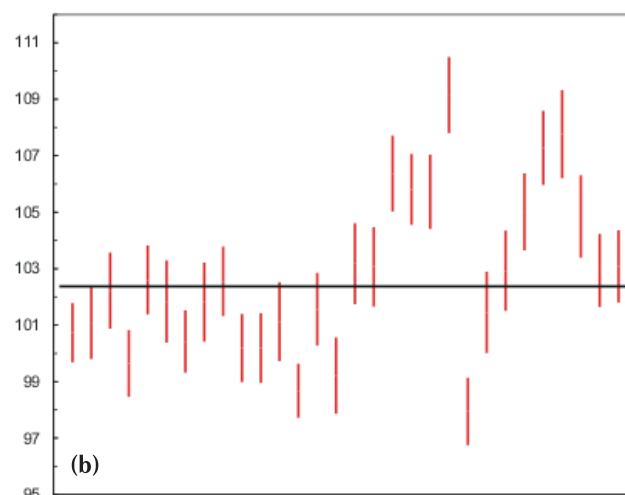
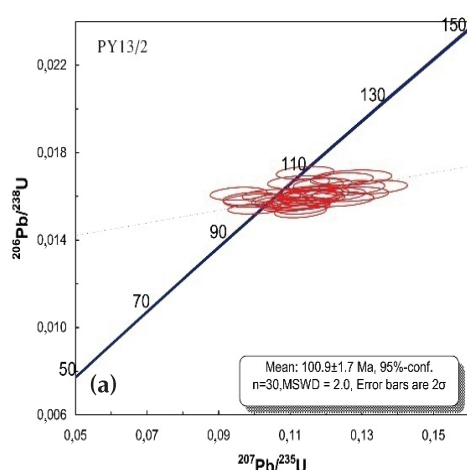
với cấu tạo phân đới rõ ràng, cấu trúc phân đới điển hình, bên trong khá rõ nét, cấu trúc phân đới với nhân zircon như các hạt 16, 23, 25, 30, hay cấu trúc phân đới thông thường với các hạt còn lại. Với cấu trúc bên trong những hạt zircon này cho thấy chúng có cấu trúc điển hình kiểu magma.

Tuổi đồng vị U-Pb zircon

Kết quả phân tích đồng vị U-Pb zircon được tổng hợp trong bảng 1, các hạt phân tích được thực hiện trên 30 hạt đơn khoáng zircon khác nhau cho thấy, tỷ số Th/U > 0,1, dao động từ 0,48-0,81 (bảng 1), chứng tỏ zircon được hình thành từ dung thể magma [5, 6]. Hầu hết các hạt zircon được phân tích cho mức tuổi từ 98 tr.n (hạt 11) đến 109 tr.n (hạt 27). Các giá trị tuổi đều nằm sát với đường cong Concordia (hình 5a). Giá trị tuổi trung bình $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ là 100,9 $\pm$ 1,7 tr.n (hình 5b). Các kết quả phân tích và tính toán chứng tỏ tất cả các hạt zircon đều được kết tinh đồng thời từ một dung thể magma, không có các hạt zircon di sót tuổi cổ hơn. Theo các nghiên cứu địa chất trước đây cho thấy, các đá andesit dạng khối khu vực đèo Rù Rì và andesit đã được mô tả trong hệ tầng Nha Trang xuyên cắt hoặc phủ lên trên các đá trầm tích lục nguyên tuổi Jura sớm - giữa loạt La Ngà, tại đập Ba Ra, sông Lòng Sông, andesit Nha Trang bị granit Đèo Cả tuổi Creta muộn xuyên cắt và gây biến chất tiếp xúc nhiệt [1, 2], thêm vào đó trong nghiên cứu này chúng được xác định bằng phương pháp U-Pb zircon LA-ICP-MS cho tuổi 100,9 $\pm$ 1,7 tr.n, tuổi này có thể coi là tuổi kết tinh của chúng vào giai đoạn Creta sớm. Tuổi này gần gũi với tuổi của các thành tạo xâm nhập granitoid phức hệ Định Quán - Đèo Cả khu vực đới Đà Lạt mà các tác giả trước đã công bố [7-10].

Bảng 1. Kết quả phân tích tuổi đồng vị zircon U-Pb của andesit hệ tầng Nha Trang, khu vực đèo Rù Rì.

SHM	Th/U	Tuổi đồng vị						Tuổi tr.n			
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ
PY13/2-1	0,547	0,0496	0,0023	0,1075	0,0048	0,0157	0,0002	101	1,0	104	4,4
-2	0,496	0,0467	0,0030	0,1004	0,0060	0,0158	0,0002	101	1,3	97,2	5,5
-3	0,493	0,0535	0,0030	0,1156	0,0060	0,0160	0,0002	102	1,3	111	5,4
-4	0,543	0,0517	0,0024	0,1093	0,0049	0,0156	0,0002	99,6	1,2	105	4,5
-5	0,706	0,0525	0,0024	0,1153	0,0051	0,0160	0,0002	103	1,2	111	4,6
-6	0,609	0,0537	0,0034	0,1150	0,0068	0,0159	0,0002	102	1,4	111	6,2
-7	0,674	0,0526	0,0026	0,1131	0,0055	0,0157	0,0002	100	1,1	109	5,0
-8	0,594	0,0535	0,0028	0,1154	0,0056	0,0159	0,0002	102	1,4	111	5,1
-9	0,567	0,0479	0,0026	0,1048	0,0054	0,0160	0,0002	103	1,2	101	5,0
-10	0,498	0,0518	0,0026	0,1102	0,0054	0,0157	0,0002	100	1,2	106	5,0
-11	0,499	0,0535	0,0023	0,1129	0,0048	0,0153	0,0002	97,9	1,2	109	4,4
-12	0,813	0,0561	0,0033	0,1225	0,0072	0,0159	0,0002	101	1,4	117	6,5
-13	0,725	0,0522	0,0026	0,1128	0,0057	0,0157	0,0002	100	1,2	108	5,2
-14	0,579	0,0503	0,0029	0,1080	0,0058	0,0158	0,0002	101	1,4	104	5,3
-15	0,610	0,0470	0,0024	0,1001	0,0050	0,0154	0,0002	98,7	1,0	96,8	4,6
-16	0,738	0,0579	0,0033	0,1268	0,0071	0,0161	0,0002	103	1,4	121	6,4
-17	0,541	0,0464	0,0026	0,0992	0,0053	0,0159	0,0002	102	1,3	96,0	4,9
-18	0,481	0,0432	0,0024	0,0956	0,0053	0,0161	0,0002	103	1,2	92,7	4,9
-19	0,508	0,0536	0,0025	0,1135	0,0050	0,0155	0,0002	99,2	1,4	109	4,6
-20	0,555	0,0597	0,0028	0,1335	0,0061	0,0164	0,0002	105	1,3	127	5,5
-21	0,510	0,0525	0,0029	0,1155	0,0061	0,0161	0,0002	103	1,4	111	5,6
-22	0,633	0,0531	0,0030	0,1172	0,0061	0,0161	0,0002	103	1,4	113	5,5
-23	0,583	0,0489	0,0025	0,1123	0,0057	0,0166	0,0002	106	1,3	108	5,2
-24	0,574	0,0552	0,0027	0,1223	0,0058	0,0161	0,0002	103	1,3	117	5,3
-25	0,503	0,0514	0,0023	0,1170	0,0052	0,0165	0,0002	106	1,2	112	4,7
-26	0,659	0,0527	0,0025	0,1191	0,0054	0,0165	0,0002	106	1,2	114	4,9
-27	0,462	0,0484	0,0023	0,1142	0,0054	0,0171	0,0002	109	1,2	110	4,9
-28	0,690	0,0539	0,0026	0,1244	0,0058	0,0168	0,0002	107	1,2	119	5,3
-29	0,507	0,0551	0,0033	0,1273	0,0074	0,0169	0,0002	108	1,5	122	6,7
-30	0,577	0,0565	0,0027	0,1271	0,0061	0,0164	0,0002	105	1,4	122	5,5



Hình 5. Biểu đồ biểu diễn kết quả phân tích zircon U-Pb mẫu PY13/2 andesit hệ tầng Nha Trang bằng phương pháp LA-ICP-MS (a); sơ đồ phân bố tuổi trung bình (b).

Thành phần đồng vị Hf và nguồn vật liệu hình thành andesit khu vực đèo Rù Rì

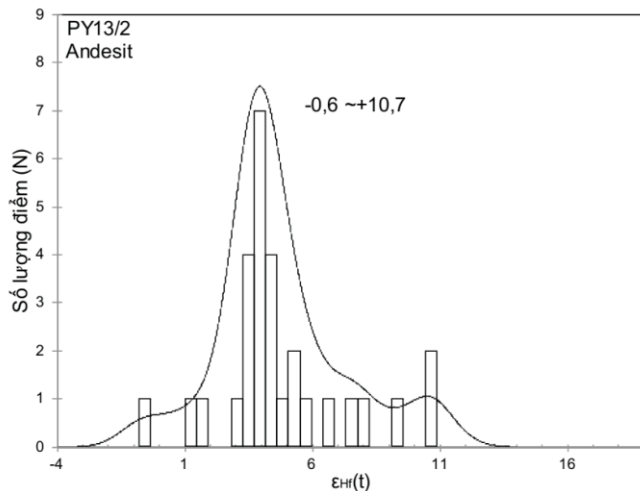
Thành phần đồng vị Hf được phân tích trực tiếp từ các hạt đơn khoáng zircon đồng thời với phân tích đồng vị U-Pb (bảng 2). Kết quả phân tích cho thấy tỷ lệ đồng vị $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ dao động trong phạm vi từ 0,000706 đến 0,002537. Đa số các kết quả phân tích cho giá trị $<0,002$, với kết quả này cho thấy nguồn vật liệu nóng chảy có cùng nguồn manti. Tỷ số $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ tương đối đồng đều, từ 0,282692 đến 0,283011. Nếu như sử dụng thời gian $t = 100,9$ tr.n để tính giá trị $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ thì kết quả dao động trong phạm vi từ $(-0,6$ đến $(+10,7$ (hình 6), chủ yếu cho giá trị dương, chỉ có duy nhất một giá trị âm là $(-0,6$ chứng tỏ rằng nguồn magma thành tạo các đá phun trào andesit hệ tầng Nha Trang chủ yếu là từ các đá có nguồn gốc manti hoặc có sự tham gia chủ yếu của bộ phận mới sinh thành của vỏ lục địa, giá trị âm có thể minh chứng thời gian thành tạo hệ tầng có sự tham gia của vật chất vỏ lục địa (hình 7). Các giá trị $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ andesit đèo Rù Rì khá tương đồng với giá trị $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ phức hệ Định Quán - Đèo Cả [9], nhiều khả năng chúng có chung nguồn gốc thành tạo.

Tuổi mô hình giai đoạn 1 ($T_{\text{dm}1}$) dao động trong khoảng từ 342 tr.n đến 805 tr.n (trung bình 600 ± 25 Ma), tuổi mô hình giai đoạn 2 ($T_{\text{dm}2}$) dao động từ 429 tr.n đến 1064 tr.n (trung bình 792 ± 34 Ma). Kết quả này cho thấy vật liệu có thành phần manti ban đầu có tuổi Neoproterozoi. Theo các nghiên cứu gần

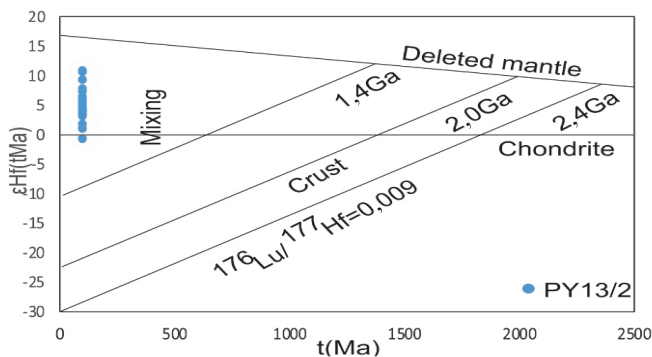
Bảng 2. Thành phần đồng vị Hf trong zircon mẫu PY13/2 đá andesit khu vực đèo Rù Rì.

SHM	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ ($t=100,9$ tr.n)	$\epsilon_{\text{Hf}}(t)$	$T_{\text{dm}1}$ (Tr.n)	$T_{\text{dm}2}$ (Tr.n)
PY13/2-1	0.046170	0.001381	0.282805	0.282803	3.3	639	844
-2	0.061525	0.001734	0.282695	0.282692	-0.6	805	1064
-3	0.036950	0.001165	0.282815	0.282812	3.6	623	818
-4	0.029645	0.000941	0.282813	0.282811	3.6	621	826
-5	0.033044	0.001113	0.282807	0.282805	3.4	632	842
-6	0.036112	0.001109	0.282823	0.282821	3.9	610	808
-7	0.024501	0.000865	0.282822	0.282820	3.9	608	811
-8	0.037015	0.001297	0.282864	0.282862	5.4	554	728
-9	0.037978	0.001175	0.282828	0.282826	4.1	604	799
-10	0.021859	0.000706	0.282807	0.282805	3.4	626	840
-11	0.029115	0.000909	0.282828	0.282827	4.1	599	798
-12	0.082758	0.002537	0.282744	0.282739	1.0	751	970
-13	0.032948	0.001058	0.282835	0.282833	4.4	592	785
-14	0.021309	0.000756	0.282859	0.282857	5.2	554	737
-15	0.027529	0.000925	0.282845	0.282843	4.7	576	765
-16	0.040460	0.001325	0.282758	0.282756	1.6	706	936
-17	0.029600	0.001010	0.282826	0.282824	4.0	605	803
-18	0.023495	0.000750	0.282825	0.282824	4.1	601	802
-19	0.046819	0.001323	0.282798	0.282796	3.1	649	859
-20	0.042458	0.001202	0.282807	0.282804	3.4	635	840
-21	0.035383	0.001087	0.282823	0.282821	3.9	610	808
-22	0.064191	0.001728	0.282836	0.282833	4.4	601	784
-23	0.055358	0.001560	0.282872	0.282869	5.6	547	712
-24	0.037522	0.001290	0.282893	0.282891	6.4	513	670
-25	0.052696	0.001486	0.282919	0.282916	7.3	479	619
-26	0.041839	0.001220	0.282928	0.282926	7.7	461	599
-27	0.056723	0.001607	0.283014	0.283011	10.7	342	429
-28	0.037567	0.001072	0.282967	0.282965	9.0	405	521
-29	0.026057	0.000827	0.283008	0.283006	10.5	344	439

đây cho thấy đới Đà Lạt không xuất hiện giai đoạn hoạt động magma Neoproterozoi, giai đoạn hoạt động magma này trước kia có thể tồn tại, tuy nhiên chúng bị xóa nhòa hoặc tái nóng chảy hoàn toàn trong giai đoạn Yến Sơn.



Hình 6. Biểu đồ phân bố giá trị $\epsilon_{Hf}(t)$ mẫu PY13/2.



Hình 7. Biểu đồ tương quan giữa giá trị $\epsilon_{Hf}(t)$ và tuổi $^{206}Pb/^{238}U$ mẫu PY13/2.

Kết luận

Với các tài liệu nêu trên, có thể đưa ra các kết luận sau đây:

1. Tuổi thành tạo zircon trong andesit hệ tầng Nha Trang khu vực đồi Rú Rì (Nha Trang) xác định bằng phương pháp U-Pb zircon, LA-ICP-MS là $100,9 \pm 1,7$ tr.n tương ứng với Creta sớm.
2. Với các giá trị $\epsilon_{Hf}(t)$ dao động từ $(-0,6$ đến $(+10,7$,

các đá phun trào đồi Rú Rì được kết tinh chủ yếu từ magma có nguồn gốc manti, và có sự tham gia một phần vật chất vỏ lục địa. Vật liệu thành tạo chúng khá tương đồng với các thành tạo granitoid Định Quán - Đèo Cả.

LỜI CẢM ƠN

Quá trình lấy mẫu và khảo sát thực địa có sự giúp đỡ của các thầy, cô thuộc Bộ môn Khoáng thạch và địa hóa (Khoa Khoa học và kỹ thuật địa chất, Trường Đại học Mở - Địa chất). Quá trình thực hiện thí nghiệm có sự giúp đỡ của GS Liu YongSheng, Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia, Đại học Địa chất Trung Quốc (Vũ Hán). Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Đức Thắng và nnk (1998), *Bản đồ địa chất và khoáng sản Việt Nam, tỷ lệ 1:200.000*.
- [2] A.P. Belousov, Nguyễn Đức Thắng, Bùi Phú Mỹ, Vũ Hùng (1984), "Về sự phân chia các thành tạo núi lửa Mesozoi muộn Nam Trung Bộ", *Địa chất Khoáng sản Việt Nam*, **II**, tr.92-100.
- [3] Y.S. Liu, S. Gao, Z.C. Hu, C.G. Gao, K. Zong, and D. Wang (2010), "Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons from mantle xenoliths", *Journal of Petrology*, **v51**, pp.537-571.
- [4] Y.S. Liu, Z.C. Hu, S. Gao, D. Gunther, J. Xu, C.G. Gao and H.H. Chen (2008), "In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard", *Chemical Geology*, **v257**, pp.34-43.
- [5] Y.B. Wu, Y.F. Zheng (2004), "Genesis of zircon and its constraints on interpretation of U-Pb age", *Chinese Science Bulletin*, **v49**, pp.1554-1569.
- [6] Phạm Trung Hiếu, Y.Z. Yang, D.Q. Binh, T.B.T. Nguyen, L.T. Dung & F. Chen (2015), "Late Permian to Early Triassic crustal evolution of the Kontum massif, central Vietnam: zircon U-Pb ages and geochemical and Nd-Hf isotopic composition of the Hai Van granitoid complex", *International Geology Review*, **v57(15)**, pp.1877-1888.
- [7] Nguyen Thi Bích Thuy, Muharrem Satir, Wolfgang Siebel, Torsten Vennemann, Trinh Van Long (2004a), "Geochemical and isotopic constraints on the oetrogenesis of granitoids from Dalat zone, southern Vietnam", *Journal of Asian Earth Sciences*, **v23**, pp.467-482.
- [8] Nguyen Thuy Thi Bích, Muharrem Satir, Wolfgang Siebel, Fukun Chen (2004b), "Granitoid in the Dalat zone, Southern Vietnam age constraints on magmatism and regional geological implications", *J. Earth Sci. (Geol. Rusndsch)*, **v93**, pp.329-340.
- [9] J.G. Shellnutt, C.Y. Lan, T. Van Long, et al. (2013), "Formation of Cretaceous Cordilleran and post-orogenic granites and their microgranular enclaves from the Dalat zone, southern Vietnam: Tectonic implications for the evolution of Southeast Asia", *Lithos*, **v182**, pp.229-241.
- [10] Phạm Trung Hiếu (2015), "Tuổi đồng vị U-Pb zircon granodiorit phức hệ Định Quán - Đèo Cả khu vực Trường Xuân, Khánh Hòa và ý nghĩa địa chất", *Tạp chí Phát triển khoa học và công nghệ*, **18(T6)**, tr.5-11.

Nghiên cứu, đánh giá khả năng ngập lụt vùng cửa sông ven biển tỉnh Quảng Ngãi do siêu bão

Vũ Văn Ngọc, Trương Văn Bốn*

Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển

Ngày nhận bài 20/11/2017; ngày chuyển phản biện 27/11/2017; ngày nhận phản biện 2/1/2018; ngày chấp nhận đăng 8/1/2018

Tóm tắt:

Trong khuôn khổ bài báo, các tác giả trình bày một số kết quả bước đầu về nghiên cứu ngập lụt do siêu bão tại Quảng Ngãi. Các thông tin về diễn biến ngập lụt như thời gian, độ sâu, phạm vi ngập được trình bày cụ thể nhằm giúp cho việc ứng phó với thiên tai bão, lũ. Đây cũng là một phần nội dung của đề tài độc lập cấp nhà nước “Nghiên cứu cơ sở khoa học để đề xuất các giải pháp quy hoạch và chính trị nhằm ổn định các cửa sông Trà Khúc và sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi”, mã số 03/15-ĐTĐL.CN-XHTN.

Từ khóa: Ngập lụt, nước dâng do bão, Quảng Ngãi, siêu bão.

Chỉ số phân loại: 1.5

Research and evaluation of flooding possibility in Quang Ngai estuarial areas due to super-typhoon

Van Ngoc Vu, Van Bon Truong*

Key laboratory of river and coastal engineering

Received 20 November 2017; accepted 8 January 2018

Abstract:

Within the framework of this paper, the first results of studying floods due to super-typhoon in Quang Ngai province will be presented. The information on flood occurrences, including flooding time, inundation depth, and flood scope is presented in detail to help respond to natural disasters such as storms and floods. This is also part of the independent research project at the State level “Scientific bases to propose solutions for planning and engineering construction to stabilize the estuaries of Tra Khuc and Ve river in Quang Ngai province”, code 03/15-DTDL.CN-XHTN.

Keywords: Flooding, Quang Ngai, storm surge, supertyphoon.

Classification number: 1.5

Mở đầu

Ở Quảng Ngãi, thông thường khi có ảnh hưởng kết hợp của bão, áp thấp nhiệt đới hay dải hội tụ nhiệt đới với gió mùa Đông Bắc thường có mưa lớn kéo dài gây ra lũ lụt. Trung bình mỗi năm, trên các sông lớn thuộc tỉnh Quảng Ngãi có 5-7 đợt lũ lớn trên báo động cấp II. Có những cơn lũ vượt báo động cấp III từ 1 đến 2,6 m; những trận lũ kép kéo dài nhiều ngày gây ngập lụt nghiêm trọng cho vùng thấp trũng ở đồng bằng và ven biển. Lũ lụt là loại hình thiên tai nguy hiểm nhất, có mức độ ảnh hưởng nghiêm trọng, gây thiệt hại lớn nhất về dân sinh, kinh tế - xã hội của tỉnh. Vùng đồng bằng ngập lũ các hệ thống sông trong tỉnh thuộc các huyện: Bình Sơn, Sơn Tịnh, Nghĩa Hành, Tư Nghĩa, Mộ Đức, Đức Phổ và thành phố Quảng Ngãi với 89 xã thường xuyên bị ảnh hưởng của lũ, lụt.

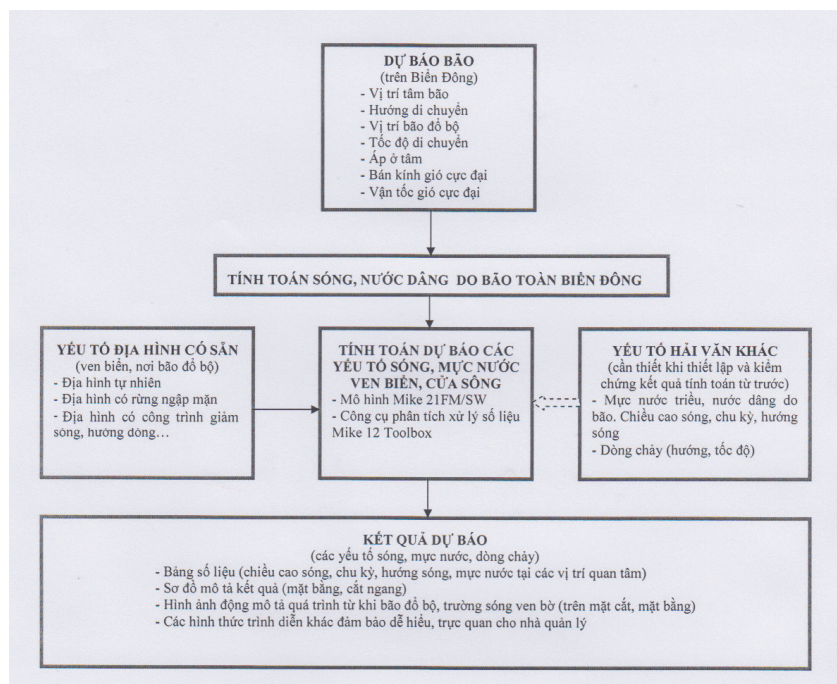
Diễn biến bão và ngập lụt trong bão là vấn đề nhức nhối, có ảnh hưởng lớn đến các hoạt động kinh tế, xã hội vùng Duyên hải Nam Trung Bộ. Trước tình hình bão diễn ra với xu thế tăng dần về cường độ, đồng thời thiệt hại do bão những năm gần đây tại Việt Nam và đặc biệt bão Haiyan (2013) gây tổn thất nặng nề tại Philippin là hồi chuông cảnh tỉnh cho con người về sức mạnh và sự tàn phá khủng khiếp của bão. Trong bối cảnh đó, kế hoạch ứng phó với bão có vai trò đặc biệt quan trọng và đánh giá nguy cơ ngập lụt trong bão là công tác không thể thiếu. Trong thời gian từ cuối năm 2014 đến nay, Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển (Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam) đã tiến hành nghiên cứu nguy cơ ngập lụt vùng ven biển Việt Nam, trên cơ sở đó xây dựng bản đồ ngập vùng ven biển một số tỉnh miền Trung [1]. Bản đồ là một công

*Tác giả liên hệ: Email: bon.truongvan@gmail.com

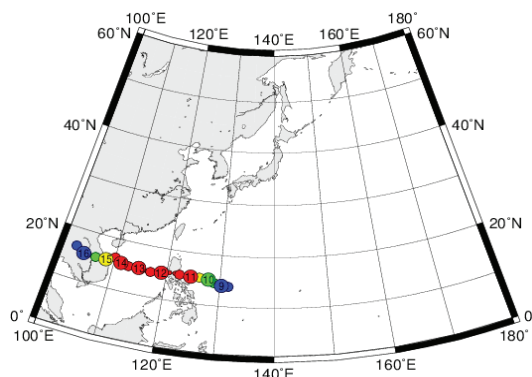
cụ hỗ trợ đặc lực giúp chính quyền địa phương và các cơ quan chức năng biết rõ các vùng bị ngập, địa bàn ngập, diện tích bị ngập, số dân cư trong vùng bị ngập... Các dữ liệu này là căn cứ lập kế hoạch ứng phó, đặc biệt là chủ động lập phương án sơ tán dân đảm bảo an toàn tính mạng và tài sản... khi bão mạnh, siêu bão xảy ra. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày kết quả bước đầu về nghiên cứu, đánh giá khả năng ngập lụt vùng cửa sông ven biển tỉnh Quảng Ngãi do siêu bão.

Phương pháp nghiên cứu

Để thực hiện toàn bộ quá trình nghiên cứu về ngập lụt do bão cần tiến hành theo trình tự như thể hiện tại sơ đồ khối dưới đây (hình 1). Trong nghiên cứu này, các kết quả dự báo bão (quỹ đạo, các tham số áp tâm, tốc độ gió, bán kính gió cực đại...) được thu thập từ các tài liệu bão lịch sử.



Hình 1. Sơ đồ khối các bước tính toán.



Hình 2. Quỹ đạo đổ bộ của bão Nari vào Quảng Ngãi theo [3].

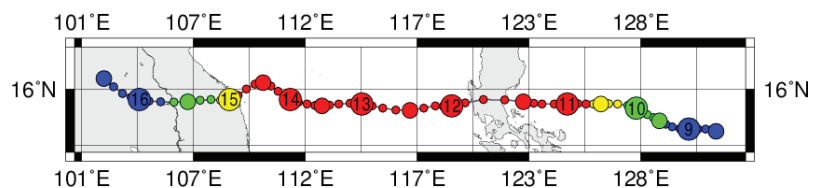
Nội dung tính toán

Do chưa có thông tin cụ thể về siêu bão xảy ra trên thực tế, trong nghiên cứu này, chúng tôi chọn lựa cơn bão Nari (hình 2) từ đó khuếch đại tham số bão thành siêu bão (bảng 1), trong đó chú ý đến quyết định phân vùng nguy cơ bão lớn nhất tại khu vực này có tốc độ gió 60-70 m/s [2], giả định siêu bão khi đổ bộ vào ven bờ chứa khoảng giá trị này. Tham số đặc trưng để khuếch đại là tăng tốc độ gió (> 90 m/s) và giảm áp tâm (< 900 hPa). Nghiên cứu cũng giả định 3 quỹ đạo tác động gần bờ (hình 3) theo hướng tác động vào vùng biển Quảng Ngãi gồm Track 1 (sang trái), Track 2 (trực diện), Track 3 (song song đường bờ).

Bão Nari (tên chỉ định quốc tế: 1325, tên chỉ định JTWC: 24W, tên của Việt Nam: Bão số 11) là cơn áp thấp thứ 40, cơn bão nhiệt đới thứ 25 và cơn bão cuồng phong thứ 8 (theo danh sách bão) trong mùa bão Tây Bắc Thái Bình Dương 2013. Bão Nari là cơn bão đã đổ bộ vào Philippines làm chết 38 người, tàn phá cây cối, nhà cửa và gây ngập lụt. Vào sáng ngày 15/10/2013, cơn bão đã tàn phá dữ dội thành phố Đà Nẵng và Thừa Thiên - Huế. Để tính toán, chúng tôi đã tiến hành khuếch đại cơn bão Nari thành siêu bão theo phân loại bão [2].

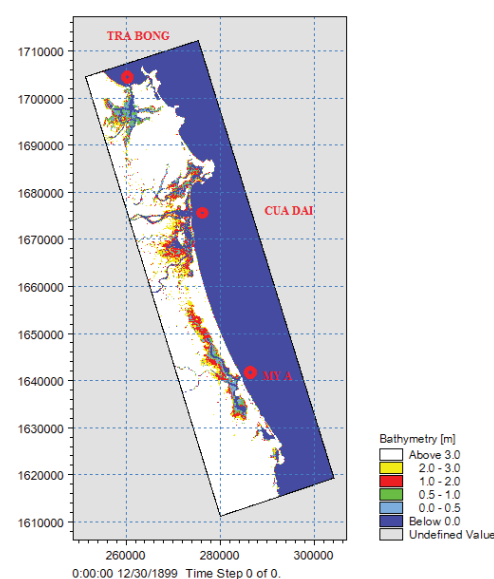
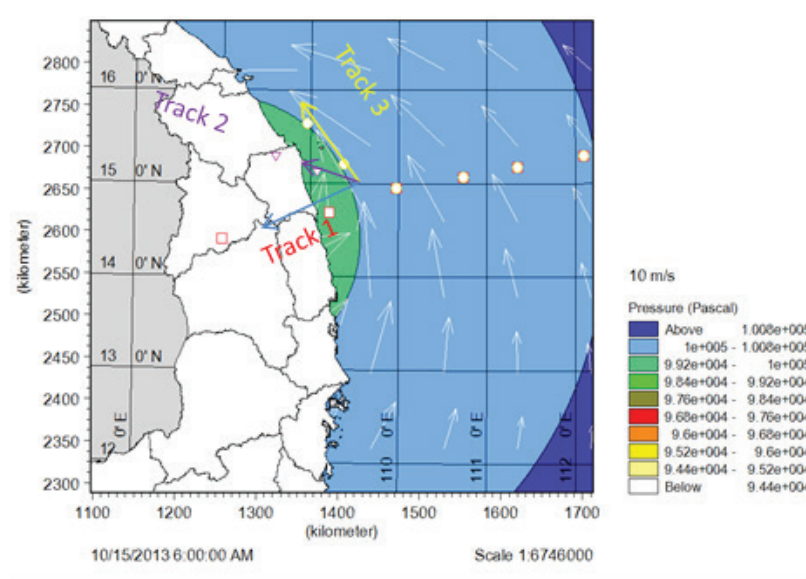
Dữ liệu địa hình gồm hai phần chính: 1) Phần trên cạn và các bãi trăn ven sông sử dụng tài liệu địa hình tỷ lệ 1/10.000; 2) Phần dưới nước sử dụng tài liệu địa hình tỷ lệ 1/50.000 ngoài biển và một số dữ liệu địa hình thu thập từ các dự án khác cho vùng lòng sông.

Bộ công cụ sử dụng để nghiên cứu là Mike DHI (Đan Mạch), đây là chương trình tính toán hiện đại đáp ứng được những kỹ thuật phức tạp trong nghiên cứu thuộc phạm vi nghiên cứu.



Bảng 1. Các tham số bão thực (bão Nari [3]) và khuếch đại thành siêu bão (vận tốc gió > 350 km/h).

Thời gian	Bão thực					Siêu bão (giả định)		
	Kinh độ (độ)	Vĩ độ (độ)	Bán kính (km)	Tốc độ gió (m/s)	Áp suất tâm (hPa)	Áp rìa (hPa)	Tốc độ gió (m/s)	Áp suất tâm (hPa)
10/11/2013 18:00	120,5	15,5	35	33,15	975	1013	84,26	891,3055
10/12/2013 0:00	119	15,2	35	33,15	975	1013	84,26	891,3055
10/12/2013 6:00	118,2	15,2	35	35,7	970	1013	90,74	880,8598
10/12/2013 12:00	117	15	35	35,7	970	1013	90,74	880,8598
10/12/2013 18:00	115,7	15,1	35	38,25	965	1013	97,22	870,414
10/13/2013 0:00	114,7	15,3	35	38,25	965	1013	97,22	870,414
10/13/2013 6:00	113,6	15,3	35	38,25	965	1013	97,22	870,414
10/13/2013 12:00	112,8	15,2	35	38,25	965	1013	97,22	870,414
10/13/2013 18:00	112,1	15,3	35	38,25	965	1013	97,22	870,414
10/14/2013 0:00	111,35	15,18	35	38,25	965	1013	97,22	870,414
10/14/2013 6:00	110,73	15,07	35	38,25	965	1013	90,74	880,8598
10/14/2013 12:00	109,97	14,95	35	35,7	970	1013	84,26	891,3055
10/14/2013 18:00	109,21	14,69	35	33,15	975	1013	64,82	922,6427
10/15/2013 0:00	108	14,8	35	25,5	985	1013	51,85	943,5342



Hình 3. Các quỹ đạo giả định khi bão đổ bộ vùng gần bờ.

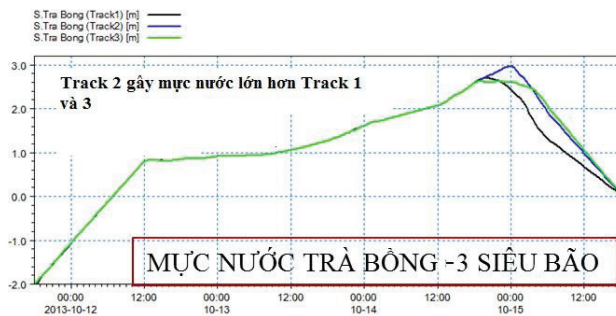
Đánh giá và phân tích

Qua kết quả tính toán (hình 4-6) có thể thấy một số đặc điểm như sau: Tại Trà Bồng, quỹ đạo bão Track 2 gây mực nước lớn nhất so với Track 1 và 3; tại Cửa Đại, quỹ đạo bão Track 1 và Track 2 gây mực nước xấp xỉ như nhau (lớn hơn Track 3), tuy nhiên Track 2 gây mực nước có phần lớn hơn; tại Mỹ Á, quỹ đạo bão Track 1 gây mực nước lớn nhất so với Track 2 và 3.

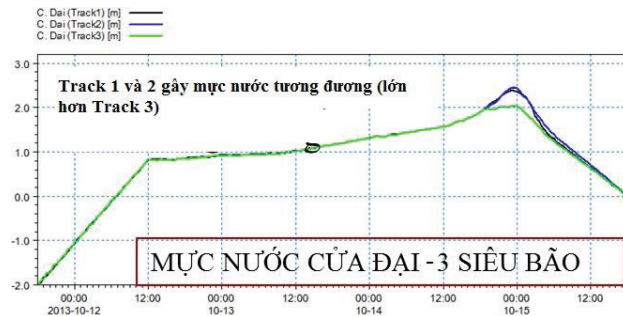
Như vậy, với quỹ đạo bão đi song song với bờ gây ra nước dâng nhỏ nhất. Tại khu vực Mỹ Á, khi bão di chuyển vào khu vực theo quỹ đạo đi sang bên trái (Track 1), nghĩa là

vùng tính toán nằm bên phải quỹ đạo, khi đó mực nước tổng cộng được gây ra bởi Track 1 là lớn nhất. Hiện tượng này tại Trà Bồng có xu thế khác do cách xa khu vực đổ bộ của Track 1, do vậy quỹ đạo bão trực diện gây ra mực nước tổng cộng lớn nhất.

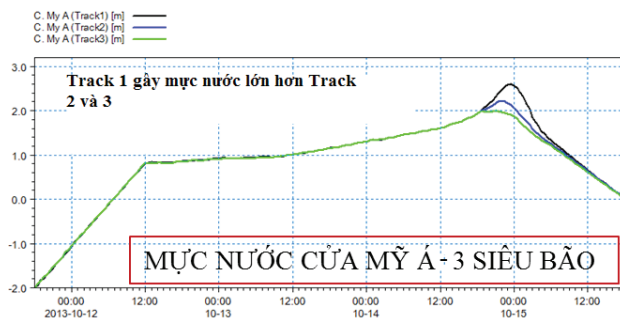
Từ kết quả tính toán mực nước tổng cộng trong bão với 3 trường hợp bằng lưới tính có độ phân giải cao (90-100 m) cho kết quả thể hiện độ sâu ngập lụt tại các khu vực, đồng thời trích rút độ sâu ngập lụt tại một số xã điển hình có độ sâu ngập lụt đáng kể (khoảng > 0,5 m). Cụ thể: 1) Tại khu vực Dung Quất - Chu Lai (hình 7A), các khu vực ngập có độ sâu > 0,5 m gồm Bình Thuận, Vĩnh An, Vĩnh Trà, Nam Bình



Hình 4. Mực nước tổng hợp trong bão tại cửa Trà Bồng.



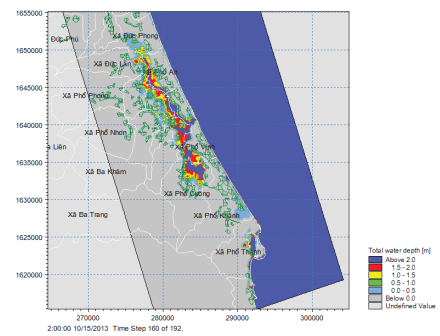
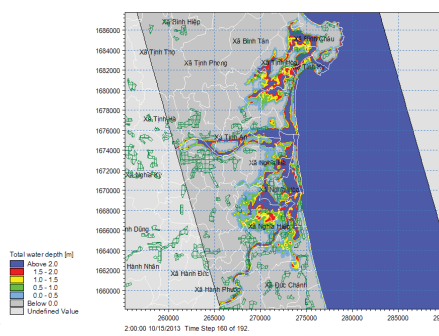
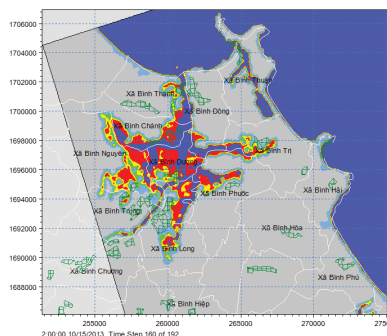
Hình 5. Mực nước tổng hợp trong bão tại Cửa Đại.



Hình 6. Mực nước tổng hợp trong bão tại cửa Mỹ Á.

siêu bão, phương án di dân khi có thông tin dự báo về ngập lụt. Đặc biệt với tình hình hiện nay bão diễn ra với xu thế tăng dần về cường độ, đồng thời thiệt hại do bão những năm gần đây tại Việt Nam cũng luôn tăng.

Kết quả nghiên cứu bước đầu có thể đưa ra những thông tin cơ bản về ngập lụt nếu trường hợp siêu bão như kịch bản dự kiến xảy ra. Tương tự, các nghiên cứu đối với kịch bản bão mạnh và siêu bão khác nhau cho các vùng khác nhau có thể được xây dựng và tính toán theo phương pháp và định hướng trong nghiên cứu này để làm cơ sở xây dựng phương



(A) Dung Quất, Chu Lai

(B) Cửa Đại, Trà Khúc

(C) Cửa Mỹ Á

Hình 7. Diện tích ngập lụt tại các khu vực cửa sông tỉnh Quảng Ngãi.

2, Dương Yên 1-2-3, An Châu, Phú Long 1-2-3; 2) Tại khu vực Cửa Đại - Cửa Lở (hình 7B), các khu vực ngập có độ sâu > 0,5 m gồm Châu Bình, Vinh Sơn, Quang Tân, Minh Quang, Phú Bình, Khe Hoa 1-2, Sung Túc, Xuân An, Tân An, Phú Nghĩa, Thu Xá, Hòa Bình, Tư Nghĩa và An Mô; 3) Tại khu vực Mỹ Á (hình 7C), các khu vực ngập có độ sâu > 0,5 m gồm Sa Bình 1, Sa Bình 2, Phổ Thanh, Phổ Châu.

Với đặc điểm rõ rệt về mực nước trong 3 quỹ đạo bão giả định đã cho thấy mực nước tổng cộng do Track 1 gây ra lớn nhất.

Kết luận

Các thông tin về ngập lụt trong bão mạnh và siêu bão có vai trò đặc biệt quan trọng cho đề xuất kế hoạch ứng phó

án ứng phó siêu bão cho địa phương.

Trong khuôn khổ nghiên cứu giới hạn về thời gian và nguồn dữ liệu, nên các yếu tố ảnh hưởng do dòng chảy tại thượng nguồn, do mưa lũ kết hợp không được xem xét nên cần được tiếp tục nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trương văn Bốn và cs (2016), "Nghiên cứu dự báo nguy cơ ngập lụt vùng ven biển Việt Nam khi xảy ra nước dâng do bão mạnh, siêu bão", *Tạp chí Khoa học và công nghệ thủy lợi*, Số 33, tr.45-51.
- [2] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2014), *Quyết định số 1857/QĐ-BTNMT về việc phê duyệt và công bố kết quả phân vùng bão và xác định nguy cơ bão, nước dâng do bão cho khu vực ven biển Việt Nam*.
- [3] <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/summary/wnp/s/201325.html.en>.

Cấu trúc tuổi và sự phát triển của cá phèn trắng - *Polynemus dubius* Bleeker, 1851 (Polynemidae) ở hạ lưu hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai

Nguyễn Xuân Đồng*

Viện Sinh học Nhiệt đới, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

Ngày nhận bài 30/11/2017; ngày chuyển phản biện 5/12/2017; ngày nhận phản biện 8/1/2018; ngày chấp nhận đăng 12/1/2018

Tóm tắt:

Phần lớn mẫu vật thu thập từ tháng 1/2010 đến tháng 6/2012 và được thu thập bổ sung trong các đợt khảo sát năm 2016 ở hạ lưu hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai. Phân tích được tiến hành từ tháng 1/2016 đến 5/2017 với trên 120 mẫu vật thuộc loài cá phèn trắng - *Polynemus dubius*. Kết quả phân tích cho thấy, kích thước khai thác của cá dao động từ 5,3-21,0 cm, trung bình là $13,06 \pm 4,24$ cm (cá đực là 7,70-19,80 cm, trung bình $13,51 \pm 2,71$ cm; cá cái là 8,50-21,00 cm, trung bình là $15,64 \pm 3,21$ cm; cá không phân biệt được giới tính là 5,30-10,50 cm, trung bình là $7,40 \pm 1,38$ cm) và khối lượng khai thác dao động từ 3,02-65,39 g, trung bình là $21,54 \pm 15,93$ g (cá đực từ 4,54-43,04 g, trung bình $20,41 \pm 9,94$ g; cá cái là 5,19-65,39 g, trung bình $30,98 \pm 15,82$ g; cá chưa phân biệt được giới tính/chưa trưởng thành là 3,02-8,09 g, trung bình là $4,50 \pm 1,56$ g). Chỉ số K của cá đực và cá cái cũng có những khác biệt, cá đực dao động từ 0,55-1,16, trung bình là $0,78 \pm 0,14$; cá cái dao động từ 0,47-1,04, trung bình là $0,75 \pm 0,09$. Về tuổi cá khai thác dao động trong khoảng từ tuổi 0 đến tuổi 3, trong đó tuổi 1-2⁺ chiếm ưu thế (chiếm gần 75% tổng số cá thể phân tích). Mỗi tương quan giữa tuổi và sự phát triển có những khoảng dao động nhất định. Cá ở nhóm tuổi từ 0 đến gần 1 thường có kích thước dao động trong khoảng từ 5,3-12,70 cm và khối lượng từ 3,12-15,94 g; cá ở nhóm tuổi từ 1 đến 2 có kích thước từ 7,80-17,20 cm và khối lượng từ 4,43-38,90 g; cá ở nhóm tuổi từ 2 đến 3 có kích thước từ 12,00-20,70 cm và khối lượng từ 15,43-58,03 g; cá trên 3 tuổi thường có kích thước lớn hơn 20 cm và khối lượng lớn hơn 54,03 g. Mỗi tương quan giữa chiều dài và khối lượng cá được thể hiện dưới dạng $W = 0,014L^{2,756}$ ($R^2 = 0,966$) cho cá cái, $W = 0,024x^{2,556}$ ($R^2 = 0,930$) cho cá đực và $W = 0,033L^{2,446}$ ($R^2 = 0,966$) cho tất cả mẫu vật (cá đực, cá và không phân biệt).

Từ khóa: Cá phèn trắng, Sài Gòn - Đồng Nai, tương quan tuổi và phát triển.

Chỉ số phân loại: 1.6

Đặt vấn đề

Trên thế giới, giống *Polynemus* có 7 loài được ghi nhận [1]. Ở Việt Nam, giống *Polynemus* có 7 loài được ghi nhận là cá phèn trắng (*Polynemus dubius*), cá phèn vàng (*Polynemus paradiseus*), và cá nhụ gốc (*Polynemus plebenjus*), cá nhụ chằm (*Polynemus sextarius*), cá nhụ boocneo (*Polynemus borneensis*), cá nhụ dubi (*Polynemus multifilis*) và cá nhụ nhiều tia (*Polynemus longgipectoralis*) [2-4]. Tuy nhiên, theo các tài liệu cập nhật hiện nay thì trong 7 loài nêu trên có 2 loài là cá nhụ gốc và cá nhụ chằm được chuyển qua giống *Polydactylus* và loài cá nhụ nhiều tia là synonym của cá phèn trắng [1]. Với kết quả này thì số lượng loài trong giống *Polynemus* ở nước ta hiện nay chỉ còn lại 4 loài hiện diện là cá phèn trắng (*Polynemus dubius*), cá phèn vàng (*Polynemus paradiseus*), cá nhụ boocneo (*Polynemus borneensis*) và cá nhụ dubi (*Polynemus multifilis*). Cá phèn

trắng là loài cá có nguồn gốc biển nhưng lại có khả năng phân bố rộng từ nước mặn, lợ đến nước ngọt. Loài này được tìm thấy nhiều ở vùng Đông Nam Bộ và Đồng bằng sông Cửu Long [2-4]. Cá phèn trắng tuy có kích thước nhỏ (khoảng 20 cm) nhưng lại có giá trị kinh tế khá cao ở khu vực Nam Bộ [2-5]. Tuy nhiên, đến nay, vẫn còn rất ít nghiên cứu sâu về loài cá này, đặc biệt là các nghiên cứu về sinh trưởng, phát triển, khai thác, nguồn lợi... Nghiên cứu này bước đầu tìm hiểu một vài đặc điểm sinh trưởng của loài cá này để góp phần vào các nghiên cứu sâu hơn trong tương lai.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Thời gian: Mẫu vật được thu thập từ tháng 1/2010 đến tháng 6/2012 và bổ sung trong các đợt khảo sát năm 2016.

Địa điểm: Hạ lưu sông Sài Gòn - Đồng Nai (từ phía sau

*Email: fishdong204@gmail.com

Age and growth structure of *Polynemus dubius* Bleeker, 1851 (Polynemidae) in the Saigon-Dongnai lower course system

Xuan Dong Nguyen*

Institute of Tropical Biology, Vietnam Academy of Science and Technology

Received 30 November 2017; accepted 12 January 2018

Abstract:

The majority of specimens were collected from January 2010 to June 2012, and additional specimens were collected during 2016 in the Saigon-Dongnai lower course system using different types of fishing gears (trawl net, human scoop net, gillnet, trammel net, dai, inshore stake trap net, etc.). To determine the relationship of age and growth, 120 specimens of *Polynemus dubius* were examined from January 2016 to May 2017. The results showed that the mean exploitable size was 13.06 ± 4.24 cm (males: 13.51 ± 2.71 cm; females: 15.64 ± 3.21 cm; and immature: 7.40 ± 1.38 cm) with the average weight of 21.54 ± 15.93 g (males: 20.41 ± 9.94 g; females: 30.98 ± 15.82 g; and immature: 4.50 ± 1.56 g). The mean condition factor (K) was significantly different between the males and females (males: 0.78 ± 0.14 and females: 0.75 ± 0.09). Age groups of males and females ranged from 0 to 3. The most common age groups were 1 to 2⁺ (accounted for 75% of total specimens). The length-weight relationship was calculated as $W = 0.014L^{2.756}$ ($R^2 = 0.966$) for females, $W = 0.024x^{2.556}$ ($R^2 = 0.930$) for males, and $W = 0.033L^{2.446}$ ($R^2 = 0.966$) for all fish (males, females, and immature).

Keywords: Age and growth relationship, lower course Saigon-Dongnai lower course, *Polynemus dubius*.

Classification number: 1.6

đập Dầu Tiếng trên sông Sài Gòn và đập Trị An trên sông Đồng Nai).

Phương pháp nghiên cứu

Tổ chức 8 đợt khảo sát thực địa (từ tháng 1/2010-12/2012) và 4 đợt bổ sung trong năm 2016 để thu thập mẫu vật phân tích các đặc điểm sinh học theo mùa và theo các tháng trong năm. Mẫu được thu trực tiếp bằng các ngư cụ khai thác thông thường của ngư dân trong khu vực và nhờ ngư dân thu mẫu hộ.

Các mẫu thu thập là những cá thể còn nguyên vẹn với đầy đủ các đặc điểm về hình thái. Mẫu sau khi thu thập được xử lý sơ bộ và sau đó được cố định và lưu giữ trong Formaline 5-8% để đưa về phân tích ở phòng thí nghiệm.

Chiều dài cơ thể (Lab - standard length) được đo bằng thước kẹp (0,01 cm), khối lượng cơ thể được đo bằng cân điện tử (với độ chính xác đến 0,01 g). Tương quan chiều dài khối lượng cá được thể hiện dưới dạng $W = a.L^b$, trong đó W là khối lượng cá (g), L là chiều dài chuẩn (Standard length), a là hệ số và b là số mũ [6-11]. Tuổi cá được phân tích dựa trên các vân sinh trưởng trên vây [6, 12]. Tương quan giữa chiều dài, khối lượng so với tuổi được trình bày dưới dạng $y = a.x + b$, trong đó y là giá trị về chiều dài hoặc khối lượng, x là tuổi cá, a và b là các hệ số [13, 14]. Giới tính của cá được xác định trực tiếp bằng cách phẫu thuật và quan sát trực tiếp. Chỉ số Fulton được xác định theo công thức $K = 100W/L^3$ [6, 12-14]. Các giá trị thống kê được xác định nhờ sự hỗ trợ của các phần mềm thống kê như MS. Excel (2007), SPSS...

Kết quả nghiên cứu

Kích thước và khối lượng cá khai thác

Phân tích 120 cá thể cho thấy rằng, kích thước khai thác của cá dao động trong khoảng từ 5,3-21,0 cm, trung bình là $13,06 \pm 4,24$ cm; khối lượng cá khai thác dao động trong khoảng từ 3,02-65,39 g, trung bình là $21,54 \pm 15,93$ g. Trong 120 cá thể phân tích, có 37 cá thể đực (chiếm 31% tổng cá thể phân tích), 55 cá thể cái (chiếm 46%) và 28 cá thể không phân biệt được giới tính (chiếm 23%).

Đối với cá đực, kích thước khai thác dao động trong khoảng từ 7,70-19,80 cm, trung bình $13,51 \pm 2,71$ cm; khối lượng cá dao động trong khoảng từ 4,54-43,04 g, trung bình là $20,41 \pm 9,94$ g. Đối với cá cái, kích thước khai thác dao động từ 8,50-21,00 cm, trung bình là $15,64 \pm 3,21$ cm; khối lượng cá khai thác dao động trong khoảng từ 5,19- 65,39 g, trung bình $30,98 \pm 15,82$ g. Đối với các cá thể không phân biệt được giới tính có kích thước khai thác dao động trong khoảng từ 5,30-10,50 cm, trung bình là $7,40 \pm 1,38$ cm; khối lượng cá khai thác dao động từ 3,02-8,90 g, trung bình là $4,50 \pm 1,56$ g.

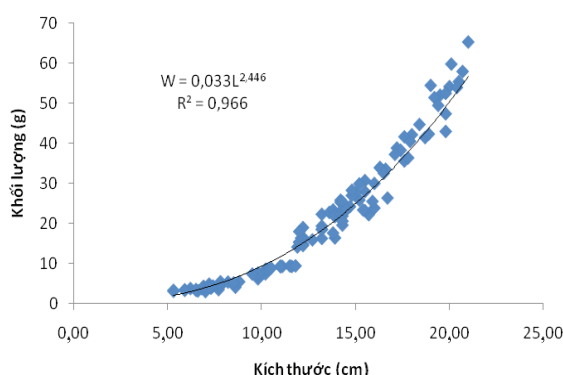
Kích thước, khối lượng khai thác của cá phèn trắng trong khu vực nghiên cứu được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Kích thước, khối lượng cá phèn trắng khai thác.

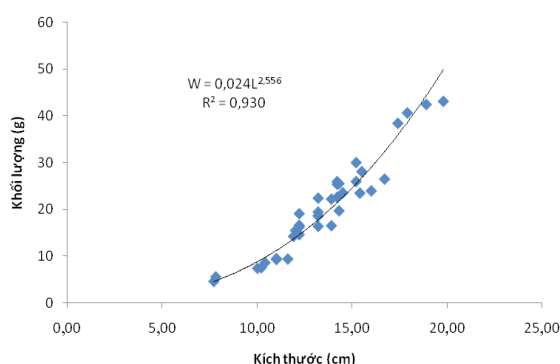
Giới tính	Số lượng	Kích thước (cm)		Khối lượng (g)		Chỉ số K	
		Min-Max	Mean±SD	Min-Max	Mean±SD	Min-Max	Mean±SD
Cá đực	37	7,70-19,80	13,51±2,71	4,54-43,04	20,41±9,94	0,55-1,16	0,78±0,14
Cá cái	55	8,50-21,00	15,64±3,21	5,19-65,39	30,98±15,82	0,57-1,04	0,75±0,09
Không phân biệt	28	5,30-10,05	7,40±1,38	3,02-8,90	4,50±1,56	0,65-2,24	1,17±0,39

Tương quan giữa kích thước và khối lượng

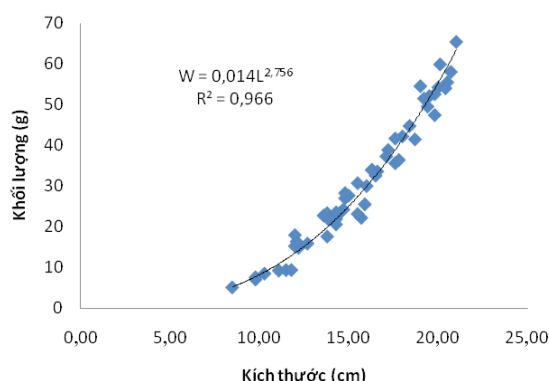
Kết quả phân tích cho thấy giữa chiều dài và khối lượng cá có mối tương quan với nhau theo hàm số mũ dạng $W = 0,033L^{2,446}$, với hệ số tương quan $R^2 = 0,966$ (đối với toàn bộ mẫu phân tích). Nếu phân tích riêng cho từng đối tượng cá đực và cá cái thì mối tương quan giữa kích thước và khối lượng có phần thay đổi. Đối với cá cái, kích thước và khối lượng cá khai thác tương quan với nhau theo hàm số $W = 0,014L^{2,756}$, với hệ số $R^2 = 0,966$. Đối với cá đực, kích thước và khối lượng tương quan với nhau theo hàm số $W = 0,024L^{2,556}$, với hệ số $R^2 = 0,930$. Đối với các cá thể không phân biệt được giới tính thì tương quan theo hàm số $W = 0,254L^{1,424}$, với hệ số tương quan $R^2 = 0,769$. Tương quan về sự phát triển giữa chiều dài và khối lượng được trình bày ở các hình 1, 2, 3 và 4.



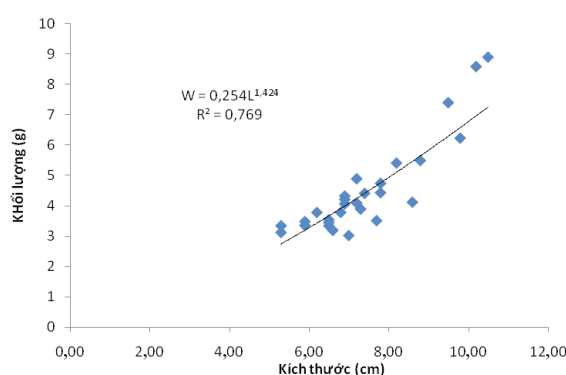
Hình 1. Tương quan giữa chiều dài và khối lượng cá khai thác.



Hình 2. Tương quan giữa chiều dài và khối lượng cá đực.



Hình 3. Tương quan giữa chiều dài và khối lượng cá cái.



Hình 4. Tương quan giữa chiều dài và khối lượng cá không phân biệt được giới tính.

Kết quả bảng 1 cũng cho thấy chỉ số K của cá đực và cá cái cũng có những khác biệt. Đối với cá đực, chỉ số K dao động trong khoảng từ 0,55-1,16, trung bình là $0,78 \pm 0,14$. Đối với cá cái, chỉ số K dao động từ 0,57-1,04, trung bình là $0,75 \pm 0,09$.

Tương quan giữa nhóm tuổi và sự phát triển chiều dài, khối lượng

Kết quả phân tích mẫu vây của 120 cá thể cá phèn trắng dưới kính lúp có độ phóng đại lớn hơn 40 lần cho thấy thành phần tuổi khai thác của cá phân bố như bảng 2.

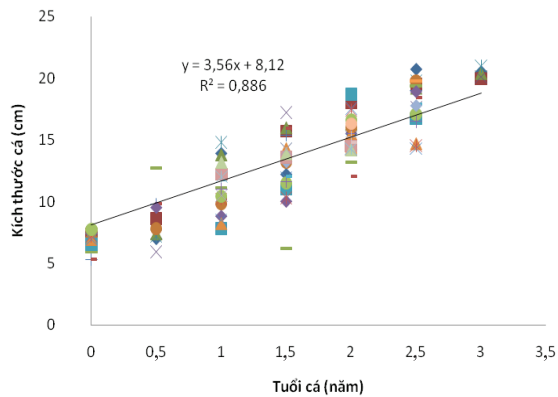
Bảng 2. Thành phần tuổi của cá phèn trắng khai thác.

Tuổi	0	0+	1	1+	2	2+	3	>3
Số cá thể	15	10	23	22	26	19	5	0

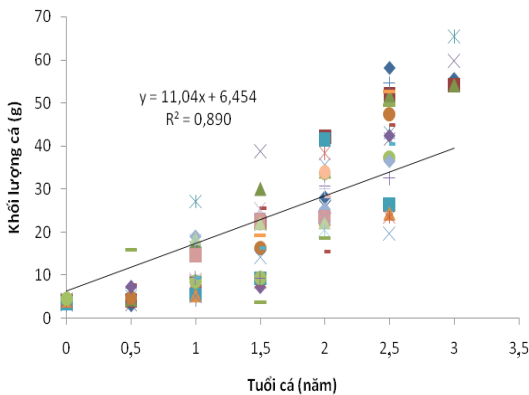
Trong số 120 cá thể phân tích thì cá khai thác ở độ tuổi từ 1-2 tuổi chiếm ưu thế với 71 cá thể (chiếm 59% tổng số cá thể nghiên cứu). Tiếp đến là các cá thể nhỏ hơn 1 tuổi, với 25 cá thể (chiếm 21%). Số cá thể lớn hơn 2 năm tuổi chiếm số lượng ít nhất, với 19 cá thể (chiếm 15,83%). Số cá thể ở tuổi 3 là 5 (chiếm 4,17%). Đặc biệt, trong kết quả nghiên cứu này không tìm thấy cá thể nào có độ tuổi lớn hơn 3 tuổi.

Kết quả bảng 2 cũng cho thấy trong tổng số mẫu phân tích, cá khai thác ở tuổi 1-2 chiếm ưu thế (90 cá thể, chiếm 75% tổng số cá thể phân tích), đây cũng là nhóm cá khai thác được chủ yếu trong khu vực nghiên cứu.

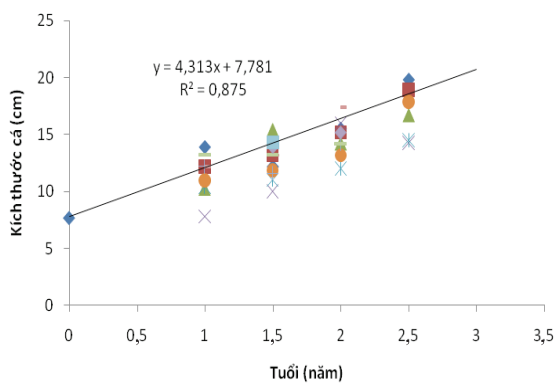
Mối tương quan giữa tuổi và sự phát triển của cơ thể cá được trình bày ở các hình 5, 6, 7, 8, 9, 10 và các bảng 3, 4.



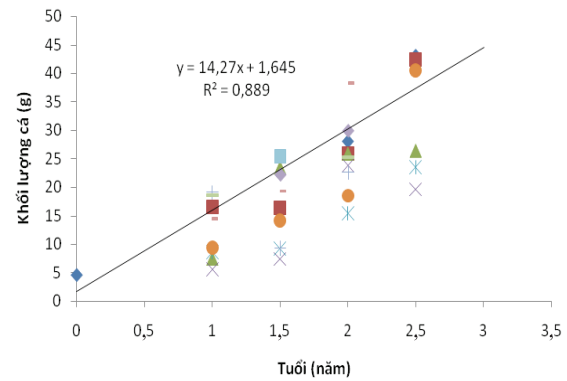
Hình 5. Tương quan giữa tuổi và kích thước cá khai thác (toàn bộ mẫu).



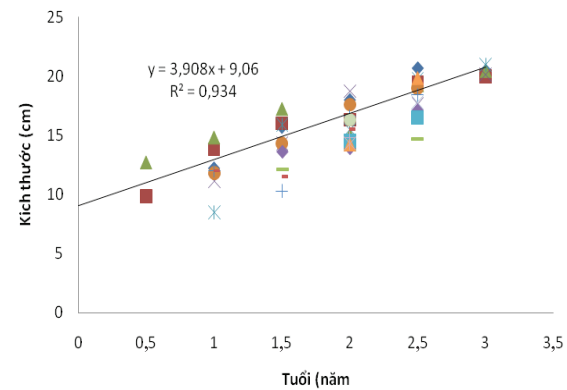
Hình 6. Tương quan giữa tuổi và khối lượng cá khai thác (toàn bộ mẫu).



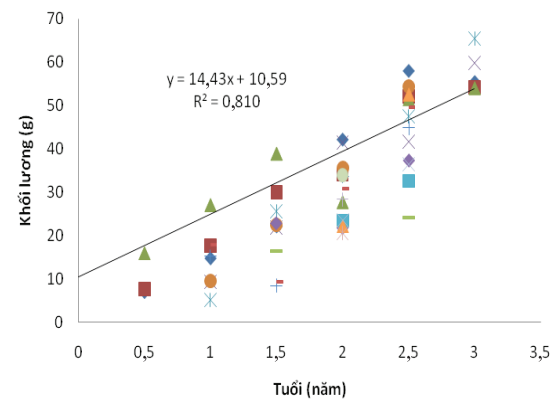
Hình 7. Tương quan giữa tuổi và kích thước khai thác của cá đục.



Hình 8. Tương quan giữa tuổi và khối lượng khai thác của cá đục.



Hình 9. Tương quan giữa tuổi và kích thước khai thác của cá cái.



Hình 10. Tương quan giữa tuổi và khối lượng khai thác của cá cái.

Bảng 3. Kích thước cá khai thác theo các nhóm tuổi.

Tuổi	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Kích thước (cm)							
Trung bình	6,67	8,57	11,07	13,05	15,25	17,98	20,40
Độ lệch chuẩn	0,73	1,95	1,98	2,47	1,55	1,92	0,39
Nhỏ nhất	5,30	5,90	7,80	6,20	12,00	14,30	20,00
Lớn nhất	7,70	12,70	14,80	17,20	18,70	20,70	21,00
Số mẫu	15,00	10,00	23,00	22,00	26,00	19,00	5,00

Bảng 4. Khối lượng cá khai thác theo các nhóm tuổi.

Tuổi \ Khối lượng (g)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Trung bình	3,72	6,27	11,82	18,52	27,69	40,96	57,80
Độ lệch chuẩn	0,44	3,78	6,00	8,41	6,87	11,39	4,85
Nhỏ nhất	3,12	3,02	4,43	3,78	15,43	19,64	54,03
Lớn nhất	4,54	15,94	27,05	38,90	42,22	58,03	65,39
Số mẫu	15,00	10,00	23,00	22,00	26,00	19,00	5,00

Tỷ lệ cá đực và cá cái theo các nhóm tuổi được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5. Tỷ lệ cá đực, cá cái trong kết quả phân tích.

Nhóm tuổi	Tổng số mẫu	Số cá thể đực	Số cá thể cái	Tỷ lệ
0 và 0 ⁺	25	1	3	1:3
1 và 1 ⁺	45	20	18	1:0,9
2 và 2 ⁺	45	16	29	1:1,8
3 và 3 ⁺	5	0	5	

Thảo luận

Theo một số tài liệu đã công bố thì kích thước tối đa của loài cá này cũng có nhiều thay đổi: Ở khu vực sông Sài Gòn, kích thước tối đa của loài này ghi nhận được là 200 [15]; ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long là 202 mm [3, 4]; ở lưu vực sông Mekong là 200 mm [1, 16]. Trong kết quả nghiên cứu này thì kích thước lớn nhất của loài cá phèn trắng thu được là 210 mm. Kích thước này là lớn hơn các kết quả nghiên cứu trước, điều đó chứng tỏ rằng kích thước 200 mm không phải là kích thước tối đa của loài cá này như các tài liệu trước đây đã nêu. Kích thước và khối lượng của cá cái lớn hơn so với cá đực khai thác được trong khu vực (cá đực kích thước trung bình $13,51 \pm 2,71$ cm, khối lượng trung bình là $20,41 \pm 9,94$ g; cá cái kích thước trung bình là $15,64 \pm 3,21$ cm, khối lượng trung bình $30,98 \pm 15,82$ g). Kích thước cá cái lớn hơn cá đực cũng đã được nhiều tác giả công bố trước đây về các loài cá khác [7-11, 13, 14].

Về mối tương quan giữa sự phát triển của chiều dài và khối lượng cá thì ở mỗi giai đoạn cá có những chỉ số phát triển không giống nhau và đặc biệt, mối tương quan này không thực sự rõ ràng ở giai đoạn cá con (với hệ số tương quan $R^2 = 0,769$). Càng lớn lên thì mối tương quan này càng chặt chẽ hơn (cá đực $R^2 = 0,930$ và cá cái $R^2 = 0,966$).

Về tuổi, đến nay chưa có kết quả nào công bố về tuổi của cá phèn trắng. Ở nghiên cứu này, tuổi lớn nhất của cá khai thác được là tuổi 3 và số lượng cá thể ở nhóm tuổi này trong mẫu vật phân tích cũng không nhiều so với các nhóm tuổi khác. Và kết quả này cũng cho thấy các cá thể khai thác được ở khu vực nghiên cứu chủ yếu nằm trong nhóm tuổi từ 1-2⁺. Độ tuổi khai thác này của cá phèn trắng cũng tương

đương với một số loài cá có kích thước nhỏ khác ở trong khu vực và một số vùng khác [13, 17-19].

Mối tương quan giữa tuổi và sự phát triển cơ thể cá cũng có những khoảng dao động nhất định. Cùng một nhóm tuổi nhưng kích thước và khối lượng có thể đạt nhiều giá trị khác nhau. Kết quả hình 6, 7 và bảng 3, 4 cho thấy, tại mỗi nhóm tuổi cá có nhiều giá trị kích thước và khối lượng khác nhau và ngược lại, tại một giá trị kích thước hoặc khối lượng bất kỳ thì cá có thể nằm ở nhiều nhóm tuổi khác nhau. Ở nhóm tuổi nhỏ hơn 1, cá có kích thước dao động trong khoảng từ 5,30-12,70 cm và khối lượng dao động từ 3,12-15,94 g. Ở nhóm tuổi từ 1-2 có kích thước dao động từ 7,80-17,20 cm và khối lượng dao động từ 4,43-38,90 g. Ở nhóm tuổi 2 đến 3, cá thường có kích thước lớn hơn (12,00-20,70 cm) và khối lượng từ 15,43-58,03 g; cá trên 3 tuổi thường có kích thước lớn hơn 20 cm và khối lượng lớn hơn 54,03 g. Tuy theo từng thời điểm mà khối lượng của cá có những thay đổi, đặc biệt trong mùa sinh sản, cá thường có khối lượng lớn hơn so với mùa không sinh sản. Sự dao động về kích thước, khối lượng cá tại một hay nhiều nhóm tuổi cũng đã được một số tác giả nghiên cứu và công bố [13, 14, 17-19].

Kết luận

Kích thước khai thác của cá phèn trắng dao động trong khoảng từ 5,3-21,0 cm, trung bình là $13,06 \pm 4,24$ cm; khối lượng cá khai thác dao động trong khoảng từ 3,02-65,39 g, trung bình là $21,54 \pm 15,93$ g. Trong đó cá đực, kích thước từ 7,70-19,80 cm, trung bình $13,51 \pm 2,71$ cm; khối lượng từ 4,54-43,04 g, trung bình là $20,41 \pm 9,94$ g; cá cái, kích thước từ 8,50-21,00 cm, trung bình là $15,64 \pm 3,21$ cm; khối lượng từ 5,19-65,39 g, trung bình $30,98 \pm 15,82$ g; cá chưa phân biệt được giới tính có kích thước từ 5,30-10,30 cm, trung bình là $7,40 \pm 1,38$ cm; khối lượng từ 3,02-8,90 g, trung bình là $4,50 \pm 1,56$ g.

Mối tương quan giữa kích thước và khối lượng cá theo hàm số mũ dạng $W = 0,033.L^{2,466}$ ($R^2 = 0,966$). Trong đó cá cái là $W = 0,014L^{2,756}$ ($R^2 = 0,966$); cá đực là $W = 0,024L^{2,556}$ ($R^2 = 0,930$); cá thể không phân biệt được giới tính là $W = 0,254L^{1,424}$ ($R^2 = 0,510$).

Chỉ số K của cá đực và cá cái cũng có những khác biệt. Đối với cá đực, chỉ số K dao động từ 0,55-1,16, trung bình là $0,78 \pm 0,14$. Đối với cá cái, chỉ số K dao động từ 0,57-1,04, trung bình là $0,75 \pm 0,09$.

Ở mỗi nhóm tuổi đều có nhiều giá trị khác nhau về kích thước cũng như khối lượng. Tuy nhiên kết quả phân tích cũng chỉ ra tại mỗi nhóm tuổi đều có những khoảng dao động nhất định về kích thước và khối lượng của cá. Ở nhóm tuổi nhỏ hơn 1, cá có kích thước dao động trong khoảng từ 5,30-12,70 cm và khối lượng dao động từ 3,12-15,94 g. Ở nhóm tuổi từ 1-2 có kích thước dao động từ 7,80-17,20 cm

và khối lượng dao động từ 4,43-38,90 g. Ở nhóm tuổi 2 đến 3, cá thường có kích thước lớn hơn (12,00-20,70 cm) và khối lượng từ 15,43-58,03 g; cá trên 3 tuổi thường có kích thước lớn hơn 20 cm và khối lượng lớn hơn 54,03 g.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <http://www.fishbase.org/>
- [2] Nguyễn Văn Hào (2005), *Cá nước ngọt Việt Nam*, tập 3, Nxb Nông nghiệp, Hà Nội, 759 tr.
- [3] Trương Thủ Khoa, Trần Thị Thu Hương (1993), *Định loại cá nước ngọt vùng Đồng bằng sông Cửu Long*, Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ, 193 tr.
- [4] Mai Đình Yên, Nguyễn Văn Trọng, Nguyễn Văn Thiện, Hứa Bạch Loan, Lê Hoàng Yến (1992), *Định loại các loài cá nước ngọt Nam Bộ*, Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 351 tr.
- [5] Bộ Thủy sản (1996), *Nguồn lợi thủy sản Việt Nam*, Nxb Nông nghiệp, Hà Nội, 616 tr.
- [6] I.F. Pravdin (1963), *Hướng dẫn nghiên cứu cá*, Nxb Khoa học và kỹ thuật (Phạm Thị Minh Giang dịch).
- [7] N. Başusta and E. Çiçek (2006), “Length-weight relationships for some teleost fishes caught in Ataturk Dam Lake on southeastern Anatolia, Turkey”, *Journal of Applied Ichthyology*, **22**, pp.297-280.
- [8] H.R. Esmaili and M. Ebrahimi (2006), “Length-weight relationships of some freshwater fishes of Iran”, *Journal of Applied Ichthyology*, **22**(4), pp.328-329.
- [9] H.R. Esmaili, A. Gholamifard, S. Vatandoust, G. Sayyadzadeh, R. Zare and S. Babaei (2014), “Length-weight relationships for 37 freshwater fish species of Iran”, *Journal of Applied Ichthyology*, **30**(5), pp.1073-1076.
- [10] Y. Keivany, M. Aalipour, M. Siami and S. Mortazavi (2015), “Length-weight and length-length relationships of three fish from the Beheshtabad River, western Iran”, *Iranian Journal of Ichthyology*, **2**(4), pp.296-298.
- [11] Y. Keivany and M. Zamani-Faradonbeh (2017), “Length-weight and length-length relationships for eight fish species from Jarrahi River, southwestern Iran”, *Journal of Applied Ichthyology*, **33**(4), pp.864-866.
- [12] D.E. Chilton and R.J. Beamish (1982), “Age determination methods for fishes studied by the Groundfish Program at the Pacific Biological Station”, *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, **60**, 102p.
- [13] S. Asadollah, N.M. Soofiani, Y. Keivan and R. Hatami (2016), “Age and growth of the Mesopotamian barb, *Capoeta damascina*, in central Iran”, *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, **16**(2), pp.511-521.
- [14] Y. Keivany, M. Ghorbani and F. Paykan Heyrati (2017), “Age and growth of *Alburnus mossulensis* (Cyprinidae) in Bibi-Sayyedeh River of Isfahan Province”, *Iranian Journal of Fisheries Science*, **16**(4), pp.1164-1177.
- [15] Lê Hoàng Yến (1985), “Điều tra ngư loại học sông Sài Gòn”, *Kết quả nghiên cứu khoa học kỹ thuật (1981-1985)*, tập 2, tr.74-84.
- [16] J.W. Rainboth (1996), “Fishes of the Cambodian Mekong, Food and Agriculture Organization of the United Nation”, *Rome*, 265pp.
- [17] Nguyễn Xuân Đồng (2009), “Đặc điểm sinh học cá mè lúi - *Osteochilus microcephalus* (Valenciennes, 1842) ở sông Sài Gòn”, *Tạp chí Kinh tế sinh thái*, số 31, tr.27-33.
- [18] Nguyễn Xuân Đồng (2009), “Đặc điểm sinh học cá rô biển - *Pristolepis fasciata* (Bleeker, 1851) ở lưu vực sông Sài Gòn”, *Hội thảo khoa học*, Viện Sinh thái và Tài nguyên sinh vật, tr.1291-1297.
- [19] Nguyễn Xuân Đồng và Hoàng Đức Đạt (2009), “Đặc điểm sinh học cá chột mun ti - *Mystus multiradiatus* Roberts, 1992 ở lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai”, *Tạp chí Khoa học và phát triển*, **6**(8), tr.935-942.

Tích lũy sinh học của Dioxin/Furan trong sữa mẹ tại các khu vực gần sân bay quân sự Biên Hòa

Nguyễn Hùng Minh^{1*}, Nguyễn Thị Minh Huệ¹, Nguyễn Văn Thường¹, Phạm Thị Ngọc Mai²

¹Phòng Phân tích Dioxin và Độc chất, Trung tâm Quan trắc môi trường, Tổng cục Môi trường

²Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

Ngày nhận bài 8/12/2017; ngày chuyển phản biện 14/12/2017; ngày nhận phản biện 17/1/2018; ngày chấp nhận đăng 22/1/2018

Tóm tắt:

Sân bay Biên Hòa là sân bay quân sự nằm ở thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai, miền Nam Việt Nam. Một số khu vực trong sân bay bị nhiễm độc cao bởi chất Da cam/Dioxin (CDC/Dioxin) và vì vậy nơi đây được coi là một trong những điểm nóng ô nhiễm CDC/Dioxin. Trong nghiên cứu này, 40 mẫu sữa mẹ đã được thu thập từ các bà mẹ sinh con đầu lòng sống định cư ít nhất 5 năm tại 4 phường gần khu vực sân bay Biên Hòa nhằm điều tra mức độ phơi nhiễm và sự phân bố CDC/Dioxin trong cộng đồng dân cư. Phương pháp sắc ký khí khối phổ phân giải cao (HRGC/HRMS) được áp dụng cho phân tích 17 đồng loại độc của các hợp chất polyclo dibenzo-p-dioxin và polyclo dibenzo furan (Dioxin/Furan) trong mẫu sữa mẹ. Nồng độ Dioxin/Furan trong mẫu sữa mẹ tại 4 phường nằm trong khoảng từ 0,2-26,1 pg TEQ/g chất béo (nồng độ trung bình trong các mẫu thuộc 4 phường là 9,2 pg TEQ/g chất béo). Nồng độ trung bình Dioxin/Furan trong mẫu cao nhất thuộc về phường Bửu Long (11,8 pg TEQ/g chất béo), tiếp theo là phường Tân Phong (11,0 pg TEQ/g chất béo), giá trị thấp nhất thuộc về phường Trung Dũng (5,9 pg TEQ/g chất béo). Nồng độ trung bình của 2,3,7,8-TCDD (đồng loại Dioxin/Furan độc nhất) tại phường Bửu Long (6,1 pg/g chất béo) cao gấp 2-6 lần so với giá trị này tại các phường Tân Phong (3,2 pg/g chất béo), Quang Vinh (1,8 pg/g chất béo) và Trung Dũng (1,1 pg/g chất béo). Kết quả này cho thấy sự phơi nhiễm Dioxin/Furan đặc trưng theo khu vực tại các cộng đồng dân cư khác nhau sinh sống tại các khu vực xung quanh sân bay Biên Hòa.

Từ khóa: Chất Da cam, Dioxin/Furan, sân bay Biên Hòa, sữa mẹ.

Chỉ số phân loại: 1.7

Tổng quan

Dioxin (Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, PCDDs) và Furan (Polychlorinated dibenzofurans, PCDFs) là các hợp chất thuộc nhóm các chất ô nhiễm hữu cơ chậm phân hủy phát thải không chủ định (Unintentional Persistent Organic Pollutant, U-POP) nêu trong Công ước Stockholm. Dioxin/Furan được biết đến là những hợp chất có độc tính cao, gây ảnh hưởng tới sức khỏe con người ngay cả với liều lượng cực thấp. Phơi nhiễm với Dioxin/Furan trong thời gian ngắn có thể gây ra các thương tổn da như sạm da, viêm da và thay đổi chức năng gan. Phơi nhiễm lâu dài với Dioxin/Furan có thể gây suy giảm hệ miễn dịch, ảnh hưởng hệ thần kinh, rối loạn chức năng sinh sản, dị thường bào thai, ung thư... [1-3]. Do Dioxin/Furan tan tốt trong dầu mỡ và cản trở sự trao đổi chất, nên các hợp chất này thường tích tụ trong động vật, từ đó tích lũy trong cơ thể con người thông qua chuỗi thức ăn. Trong cơ thể người, hàm lượng cao nhất của các hợp chất này được tìm thấy trong các mô mỡ và trong sữa. Do vậy, sữa và các sản phẩm từ sữa được coi là các chỉ thị tốt cho việc đánh giá phơi nhiễm các hợp chất POP này.

Sân bay Biên Hòa là sân bay quân sự nằm ở thành phố Biên Hòa, tỉnh Đồng Nai, cách thành phố Hồ Chí Minh khoảng 35 km. Từ năm 1961 đến năm 1972, đây là căn cứ quân sự được quân đội Mỹ huy động sử dụng cho các chiến dịch phun rải chất khai quang trong cuộc chiến tranh của Mỹ tại Việt Nam. Từ tháng 12/1966 đến tháng 2/1970, hơn 33 triệu lít chất diệt cỏ (hầu hết là CDC) được vận chuyển và tập kết tại sân bay Biên Hòa cho chiến dịch Ranch Hand của quân đội Mỹ. Từ tháng 4/1970 đến tháng 3/1972, trong chiến dịch Pacer Ivy (nhằm ngừng sử dụng chất diệt cỏ và vận chuyển trở lại Mỹ), khoảng 2,3 triệu lít chất khai quang đã được thu hồi và nạp lại vào các thùng chứa để chuyển về Mỹ. Việc rò rỉ và đổ tràn các chất khai quang trong thời gian chiến tranh đã gây ra sự ô nhiễm Dioxin/Furan nghiêm trọng tại một số khu vực trong sân bay. Các quá trình thời tiết như mưa, lụt và gió, đã làm lan rộng ô nhiễm ra các khu vực xung quanh và gây ảnh hưởng tới sức khỏe cộng đồng dân cư [4].

Một số nghiên cứu trước đây về nồng độ Dioxin/Furan trong các mẫu mô ở người cũng đã chứng tỏ người dân sinh sống tại sân bay Biên Hòa và khu vực lân cận bị phơi

*Tác giả liên hệ: Email: nhminh@vea.gov.vn

Bioaccumulation of Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and Polychlorinated dibenzofurans (PCDD/Fs) in the maternal milk of mothers living in vicinity of Bien Hoa airbase

Hung Minh Nguyen^{1*}, Thi Minh Hue Nguyen¹,
Van Thuong Nguyen¹, Thi Ngoc Mai Nguyen²

¹Department of Dioxin and Toxicology, Center for Environmental Monitoring,
Vietnam Environment Administration

²Department of Chemistry, University of Natural Sciences, Hanoi National University

Received 8 December 2017; accepted 22 January 2018

Abstract:

Bien Hoa airbase is located in Bien Hoa city, Dong Nai province, Southern Vietnam. Several sites within the airbase are highly contaminated by Agent Orange/Dioxin (AO/Dioxins) and thus this airbase is also commonly considered to be an AO/Dioxins hot spot. In this study, 40 maternal milk samples were collected from primiparas who have lived at least five years in four wards, namely Buu Long, Quang Vinh, Trung Dung, and Tan Phong, which are close to Bien Hoa airbase in order to investigate the level and distribution of Agent Orange/Dioxins exposure in different local communities. Seventeen toxic congeners of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) were determined in breast milks using the high resolution gas chromatography/high resolution mass spectrometry (HRGC/HRMS) method. Concentrations of Dioxin/Furan compounds in the four investigated wards ranged from 0.2 pgTEQ/g lipid to 26.1 pgTEQ/g lipid (mean concentration of 9.2 pgTEQ/g lipid). The highest mean concentration of Dioxin/Furan compounds was observed in Buu Long ward (11.8 pgTEQ/g lipid), followed by Tan Phong ward (11.0 pgTEQ/g lipid), and the lowest observed in Trung Dung ward (5.9 pgTEQ/g lipid). The mean concentration of 2,3,7,8-TCDD in Buu Long (6.1 pg/g lipid) was approximately 2-6 times higher than those in Tan Phong (3.2 pg/g lipid), Quang Vinh (1.8 pg/g lipid), or Trung Dung (1.1 pg/g lipid). These results imply the site-specific exposure to Dioxin/Furan compounds in different local communities living around Bien Hoa airbase.

Keywords: Agent Orange, Bien Hoa airbase, Dioxin/Furan compounds, maternal milk.

Classification number: 1.7

nhễm bởi Dioxin/Furan. Hàm lượng cao chất Dioxin độc nhất (2,3,7,8-TCDD) cũng đã được tìm thấy trong mẫu máu người thu thập ở Biên Hòa [5, 6]. Bên cạnh đó, tác giả Mạnh và cộng sự đã báo cáo mẫu sữa thu thập từ các bà mẹ sinh con đầu lòng sinh sống ở gần khu vực sân bay Biên Hòa có độ độc TEQ cao từ 3-35 pg/g chất béo [7]. Tuy nhiên, nghiên cứu này mới chỉ thực hiện được trên hai khu vực phía bắc sân bay (phường Tân Phong), phía nam sân bay (phường Trung Dũng) và tác giả cũng mới chỉ tập trung đánh giá phơi nhiễm tổng thể toàn khu vực chứ chưa có phân tích chi tiết cho từng phía xung quanh sân bay.

Hiện nay, chưa có xuất bản nào về nghiên cứu đánh giá phơi nhiễm CDC/Dioxin với phạm vi đầy đủ các khu vực xung quanh sân bay Biên Hòa. Trong khuôn khổ chương trình giám sát dài hạn và đánh giá hiệu quả của các giải pháp tẩy độc, giảm thiểu ô nhiễm CDC/Dioxin; một nghiên cứu điều tra toàn diện hơn được thực hiện tại sân bay Biên Hòa. Mục tiêu chính của nghiên cứu này nhằm đánh giá rủi ro phơi nhiễm CDC/Dioxin và phân tích sự khác nhau về mức độ phơi nhiễm từ điểm nóng sân bay Biên Hòa cho người dân sinh sống tại 4 phường gần sân bay (4 phía xung quanh sân bay Biên Hòa).

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Thu thập mẫu

Mẫu sữa mẹ (40 mẫu) được thu thập từ các bà mẹ sinh con đầu lòng sinh sống tại 4 phường gần sân bay Biên Hòa: Tân Phong, Trung Dũng, Quang Vinh và Bửu Long thuộc thành phố Biên Hòa, Đồng Nai trong năm 2015. Phường Tân Phong nằm phía bắc sân bay Biên Hòa, phường Quang Vinh nằm phía tây nam sân bay. Phường Bửu Long nằm ở phía tây sân bay và gần với khu vực Pacer Ivy là khu vực nạp lại chất diệt cỏ vào thùng chứa để chuyển trở lại Mỹ; phường Trung Dũng nằm phía nam sân bay và gần với khu vực Z1 - khu vực ô nhiễm CDC/Dioxin đã được cô lập từ năm 2007 [4]. Các bà mẹ được lựa chọn để cho mẫu nghiên cứu phải có thời gian sinh sống định cư tại địa phương ít nhất là 5 năm và đang trong giai đoạn đầu của thời gian cho con bú (thông thường là từ 4-24 tuần). Khoảng 50-100 ml sữa từ mỗi bà mẹ được thu vào các lọ thủy tinh sạch, nắp vặn kín có tráng lớp silicon hoặc teflon và được bảo quản đông lạnh ở -20°C cho tới khi phân tích.

Xử lý mẫu và phân tích Dioxin/Furan

Quy trình xử lý mẫu và phân tích 17 đồng loại Dioxin/Furan được tham khảo theo phương pháp tiêu chuẩn Method 1613B của Cơ quan bảo vệ môi trường Mỹ (US EPA) [8, 9].

Xử lý mẫu:

Mẫu sữa được làm khô bằng thiết bị đông khô Unicryo MC6L freeze-drier (1 mbar, -50°C) và nghiền đồng nhất

thành dạng bột mịn. Bột mẫu sữa đồng nhất (5 g) được chiết bằng thiết bị chiết lỏng áp suất cao PLE (FMS, USA) ở áp suất 1700 psi, nhiệt độ 120°C, với hỗn hợp dung môi n-hexan/dicloromethan/etanol (5/2/1, v/v/v). Trước khi chiết mẫu, dung dịch chuẩn hỗn hợp gồm 15 chất chuẩn đồng vị ^{13}C - PCDD/PCDF nồng độ 10-20 pg/ μl (hãng CIL, Mỹ) được bổ sung vào mẫu để kiểm soát hiệu suất thu hồi quá trình chiết mẫu [9].

Mẫu sau khi chiết được cô cạn dung môi để xác định hàm lượng chất béo trong mẫu theo phương pháp khối lượng [9, 10]. Sau khi xác định hàm lượng chất béo, mẫu được thêm n-hexan để hòa tan lại và làm sạch bằng cách rửa với axit sunfuric đặc và rửa giải qua hệ thống cột sắc ký nhồi vật liệu silica gel và cột nhồi than hoạt tính để loại bỏ các chất nhiễu [9, 11]. Cuối cùng, dịch mẫu làm sạch được cô nitor tới cạn dung môi và bổ sung thêm chính xác 20 μl dung dịch chất nội chuẩn gồm hai chất chuẩn ^{13}C -1,2,3,4-TCDD và ^{13}C -1,2,3,7,8,9-HxCDD nồng độ 10 và 20 pg/ μl vào mẫu trước khi bơm phân tích.

Phân tích mẫu trên HRGC/HRMS:

Mười bảy (17) đồng loại Dioxin/Furan được phân tích định tính và định lượng trên thiết bị sắc ký khí 7890A (Agilent, Mỹ) ghép nối detector khối phổ phân giải cao DFS (Thermo Scientific, Đức) (viết tắt là HRGC/HRMS), sử dụng cột sắc ký mao quản DB-5MS kích cỡ chiều dài cột 60 m x đường kính 0,25 mm, độ dày pha tĩnh 0,25 μm (hãng J&W Scientific Inc., Folsom, CA). Detector khối phổ được hiệu chỉnh đạt độ phân giải từ 10000 trở lên và hoạt động ở chế độ va chạm ion dương (EI). Dữ liệu được ghi nhận bằng chế độ ghi chọn lọc ion (SIR). Dioxin/Furan được định lượng theo phương pháp pha loãng đồng vị và nội chuẩn theo phương pháp tiêu chuẩn Method 1613B [9]. Tổng độ độc tương đương (TEQ) của Dioxin/Furan được tính toán theo những đồng loại Dioxin/Furan phát hiện được và giá trị hệ số độc tương đương TEF do Tổ chức Y tế thế giới (WHO) ban hành năm 2005 [12].

Quy trình phân tích đã được xác nhận giá trị sử dụng đầy đủ tại Phòng Phân tích dioxin và độc chất, Trung tâm Quan trắc môi trường, Tổng cục Môi trường. Các mẫu được phân tích theo mẻ lần lượt gồm các mẫu kiểm soát chất lượng (QC) và mẫu thật như sau: Mẫu kiểm soát đường chuẩn, mẫu trắng thiết bị, mẫu trắng phương pháp, mẫu QC và 10 mẫu thật. Mẫu sữa chuẩn tham khảo (Certified Reference Material, CRM) ký hiệu BCR 607 (Community Bureau of Reference, Ủy ban châu Âu, Bỉ) đã được sử dụng để đánh giá độ chính xác của phép phân tích. Độ thu hồi phân tích mẫu chuẩn BCR 607 đạt trong khoảng 80-120% so với giá trị chuẩn.

Kết quả và thảo luận

Nồng độ Dioxin/Furan trong mẫu sữa mẹ

Tổng nồng độ khối lượng và tổng độ độc (TEQ) của 17 chất Dioxin/Furan tính theo khối lượng chất béo trong mẫu sữa mẹ thu thập tại 4 phường nằm trong khoảng 100-128 pg/g chất béo và 5,9-11,8 pg TEQ/g chất béo, giá trị TEQ trung bình là 9,2 pg TEQ/g chất béo (bảng 1). Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của tác giả Mạnh và cộng sự (năm 2015) là 9,3 pg TEQ/g chất béo (3-35 pg TEQ/g chất béo) [7]. Tác giả cũng thực hiện nghiên cứu về phơi nhiễm dioxin trong mẫu sữa mẹ tại thành phố Biên Hòa. Tuy nhiên, tác giả này chỉ tập trung nghiên cứu phơi nhiễm dioxin trong phạm vi tổng thể thành phố Biên Hòa, không xem xét chi tiết về từng khu vực cụ thể. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung đánh giá sự khác nhau về mức độ phơi nhiễm trong các cộng đồng dân cư khác nhau, sự khác nhau này có thể liên quan đến khoảng cách tới các điểm nóng ô nhiễm. Vì vậy nồng độ Dioxin/Furan trong các mẫu thu thập được đánh giá theo từng phường riêng biệt.

Kết quả cho thấy trong 4 khu vực nghiên cứu, nồng độ khối lượng Dioxin/Furan không có sự khác biệt đáng kể (100-128 pg/g chất béo), trong khi đó TEQ có sự khác biệt đáng kể. Nồng độ trung bình cao nhất tính được ở phường Bửu Long là 11,8 pg TEQ/g chất béo, tiếp theo là phường Tân Phong, Quang Vinh và Trung Dũng với giá trị lần lượt là 11,0; 8,0; 5,9 pg TEQ/g chất béo.

Đánh giá khoảng cách từ các phường nghiên cứu đến các điểm ô nhiễm quanh sân bay Biên Hòa, một điều đáng ngạc nhiên là mặc dù phường Bửu Long và phường Trung Dũng cùng nằm gần hai khu vực ô nhiễm nặng CDC/Dioxin (phường Bửu Long nằm gần khu vực Pacer Ivy, phường Trung Dũng nằm gần khu vực Z1), giá trị TEQ trong mẫu sữa mẹ tại phường Bửu Long cao gấp 2 lần so với giá trị này ở phường Trung Dũng. Sự khác nhau về nồng độ Dioxin/Furan tại các khu vực có khả năng là do biện pháp ngăn chặn lan truyền đã thực hiện ở khu vực Z1 trong sân bay quân sự Biên Hòa. Khu vực Z1 được biết đến là khu vực ô nhiễm CDC/Dioxin nặng nhất, nguồn gốc từ 4 vụ tai nạn tràn chất khai quang (chất diệt cỏ) lớn tại sân bay Biên Hòa. Từ tháng 12/1969 đến tháng 3/1970, xảy ra 2 vụ làm đổ tràn các thùng chứa 28.000 lít CDC và 2 vụ làm đổ tràn các thùng chứa 28.000 lít chất trắng (Agent White) [4]. Tuy nhiên, trong sự nỗ lực nhằm làm giảm rủi ro phơi nhiễm ra môi trường xung quanh, đất ô nhiễm tại khu vực này đã được đào xới và chôn lấp tại khu vực chôn lấp an toàn năm 2006-2007. Bên cạnh đó, các chương trình cảnh báo cộng đồng về tiêu thụ thực phẩm an toàn cũng đã được thực hiện bởi các tổ chức trong nước và quốc tế [13]. Các biện pháp ngăn chặn có thể có hiệu quả giảm thiểu sự phơi nhiễm Dioxin/Furan cho các cộng đồng dân cư sinh sống tại các

Bảng 1. Nồng độ trung bình (pg/g chất béo) và TEQ (pg TEQ/g chất béo) của PCDD/PCDF trong mẫu sữa mẹ tại 4 phường gần sân bay Biên Hòa.

Đồng loại	TEF	Bửu Long (n=10)		Tân Phong (n=13)		Quang Vinh (n=10)		Trung Dũng (n=7)		Tổng số (n=40) ^(a)	
		Nồng độ trung bình	TEQ	Nồng độ trung bình	TEQ	Nồng độ trung bình	TEQ	Nồng độ trung bình	TEQ	Nồng độ trung bình	TEQ
2378-TCDD	1	6,1	6,1	3,2	3,2	1,8	1,8	1,1	1,1	3,0	3,0
12378-PeCDD	1	2,7	2,7	3,0	3,0	2,6	2,6	2,4	2,4	2,6	2,6
123478-HxCDD	0,1	1,4	0,14	1,6	0,16	1,2	0,12	0,65	0,065	1,2	0,12
123678-HxCDD	0,1	5,8	0,58	5,1	0,51	4,6	0,46	6,0	0,60	5,4	0,54
123789-HxCDD	0,1	1,3	0,13	1,8	0,18	1,3	0,13	0,38	0,038	1,2	0,12
1234678-HpCDD	0,01	10,6	0,106	6,1	0,061	7,9	0,079	6,2	0,062	7,7	0,077
OCDD	0,0003	64,2	0,0193	57,9	0,0174	79,9	0,0240	64,0	0,0192	66,5	0,0199
2378-TCDF	0,1	0,34	0,034	1,7	0,17	0,8	0,077	0,32	0,032	0,78	0,078
12378-PeCDF	0,03	0,79	0,024	2,9	0,087	1,5	0,046	1,0	0,031	1,6	0,047
23478-PeCDF	0,3	3,5	1,04	6,4	1,91	5,8	1,75	3,7	1,12	4,9	1,46
123478-HxCDF	0,1	5,4	0,54	7,7	0,77	4,0	0,40	3,8	0,38	5,2	0,52
123678-HxCDF	0,1	2,4	0,24	5,1	0,51	2,6	0,26	1,2	0,12	2,8	0,28
123789-HxCDF	0,1	1,6	0,16	2,9	0,29	0,45	0,0	0,10	0,0	1,3	0,13
234678-HxCDF	0,1	0,61	0,061	1,1	0,11	0,67	0,067	0,17	0,017	0,65	0,065
1234678-HpCDF	0,01	1,8	0,018	5,2	0,052	4,1	0,041	1,2	0,012	3,1	0,031
1234789-HpCDF	0,01	0,31	0,0031	1,0	0,010	0,66	0,0066	0,21	0,0021	0,56	0,0056
OCDF	0,0003	1,3	0,00038	3,0	0,00089	2,8	0,00083	0,60	0,00018	1,9	0,00057
ΣPCDD/PCDF ^(b)		110	-	116	-	123	-	93	-	110	-
TEQ _(PCDD)		-	9,7	-	7,1	-	5,3	-	4,2	-	6,6
TEQ _(PCDF)		-	2,1	-	3,9	-	2,7	-	1,7	-	2,6
TEQ_(PCDD/PCDF)^(c)		-	11,8	-	11,0	-	8,0	-	5,9	-	9,2

Ghi chú: (a). Tổng số 40 mẫu; (b). Tổng nồng độ khối lượng; (c). Tổng độ độc tương đương.

khu vực lân cận điểm nóng ô nhiễm. Những nghiên cứu tiếp theo cần được tiếp tục thực hiện để giám sát, đánh giá xu hướng quan trọng này.

Trong khi đó, khu vực Pacer Ivy là khu vực mới được xác định là điểm nóng ô nhiễm CDC/Dioxin trong sân bay Biên Hòa, đây là nơi tập kết các hóa chất diệt cỏ không sử dụng để vận chuyển trở lại Mỹ từ năm 1970-1972 [14]. Do việc tẩy rửa các thùng chứa CDC/Dioxin, Dioxin/Furan tồn dư bị rò rỉ và thấm vào đất do bị chảy tràn, nước mưa và làm ô nhiễm nghiêm trọng các khu vực xung quanh. Năm 2015, tác giả Thường và cộng sự đã báo cáo mức nồng độ Dioxin/Furan rất cao trong các mẫu đất thu thập tại khu vực này; giá trị trung bình là 18.260 pg TEQ/g đất khô; trong mẫu cá và vịt tại ao gần khu vực này là 182 và 36 pg TEQ/g khối lượng tươi [4]. Nồng độ Dioxin/Furan cao trong sữa mẹ thu thập từ phường Bửu Long đã cung cấp thêm bằng chứng về rủi ro phơi nhiễm Dioxin/Furan tới sức khỏe con người và sự cần thiết có các biện pháp tẩy độc kịp thời và phù hợp.

Cho đến nay, thông tin về ô nhiễm Dioxin/Furan tại khu vực đông bắc sân bay Biên Hòa (gần phường Tân Phong) ít có sẵn hơn. Trong một nghiên cứu công bố năm 2015,

chúng tôi cũng đã phát hiện rải rác các điểm ô nhiễm với nồng độ Dioxin/Furan cao tại khu vực phía đông bắc này [4]. Nồng độ Dioxin/Furan trong sữa mẹ tại phường Tân Phong cao có thể liên quan đến khả năng tồn tại điểm ô nhiễm nặng CDC/Dioxin tại khu vực phía đông bắc sân bay mà chưa được phát hiện ra. Kết quả này đặt ra một bài toán cho các nghiên cứu tiếp theo nhằm điều tra chi tiết hơn về ô nhiễm CDC/Dioxin ở khu vực này trong sân bay Biên Hòa.

Phát hiện về sự khác nhau của nồng độ Dioxin/Furan trong sữa mẹ, mức độ phơi nhiễm khác nhau của người dân tại các phường, có thể cung cấp thêm cơ sở dữ liệu cho các nghiên cứu tiếp theo về đánh giá hiệu quả của các hoạt động tẩy độc hay các biện pháp can thiệp nhằm làm giảm phơi nhiễm trong cộng đồng dân cư. Thêm vào đó, kết quả này cũng gợi ý rằng để có dữ liệu đầy đủ hơn về giám sát tác động của các điểm nóng CDC/Dioxin, cần thực hiện thêm các nghiên cứu trên mẫu sữa mẹ trong các khu vực dân cư với quy mô thu hẹp hơn, chi tiết hơn.

So sánh kết quả thu được trong nghiên cứu này với các nghiên cứu khác tại Việt Nam cho thấy, nồng độ Dioxin/Furan trong nghiên cứu này tương đương với các kết quả

nghiên cứu khác ở các điểm nóng ô nhiễm CDC/Dioxin khác tại Việt Nam như Đà Nẵng (từ 13,9-23,0 pg TEQ/g chất béo), Phù Cát (14,1 pg TEQ/g chất béo) và cao hơn nhiều so với kết quả nghiên cứu trong mẫu sữa các bà mẹ sinh sống tại các làng nghề tái chế rác điện tử ở Trảng Minh - Hải Phòng, Bùi Dâu - Hưng Yên (1,4-1,8 pg TEQ/g chất béo) [15]; hay làng nông nghiệp như Đình Bảng - Hà Nam (4,3 pg TEQ/g chất béo) [7].

Các nguồn phát thải Dioxin/Furan thường được biết đến là qua các hoạt động đốt ngoài trời, hoạt động công nghiệp bao gồm đốt rác sinh hoạt, luyện kim...; sử dụng hóa chất bảo vệ thực vật, thuốc trừ sâu, trừ nấm trong nông nghiệp [16-18]. Tuy vậy, nồng độ Dioxin/Furan thấp trong các mẫu sữa mẹ ở Bùi Dâu và Đình Bảng cho thấy sự phát thải từ những nguồn này ở Việt Nam là chưa nghiêm trọng so với nguồn từ CDC/Dioxin ở Biên Hòa.

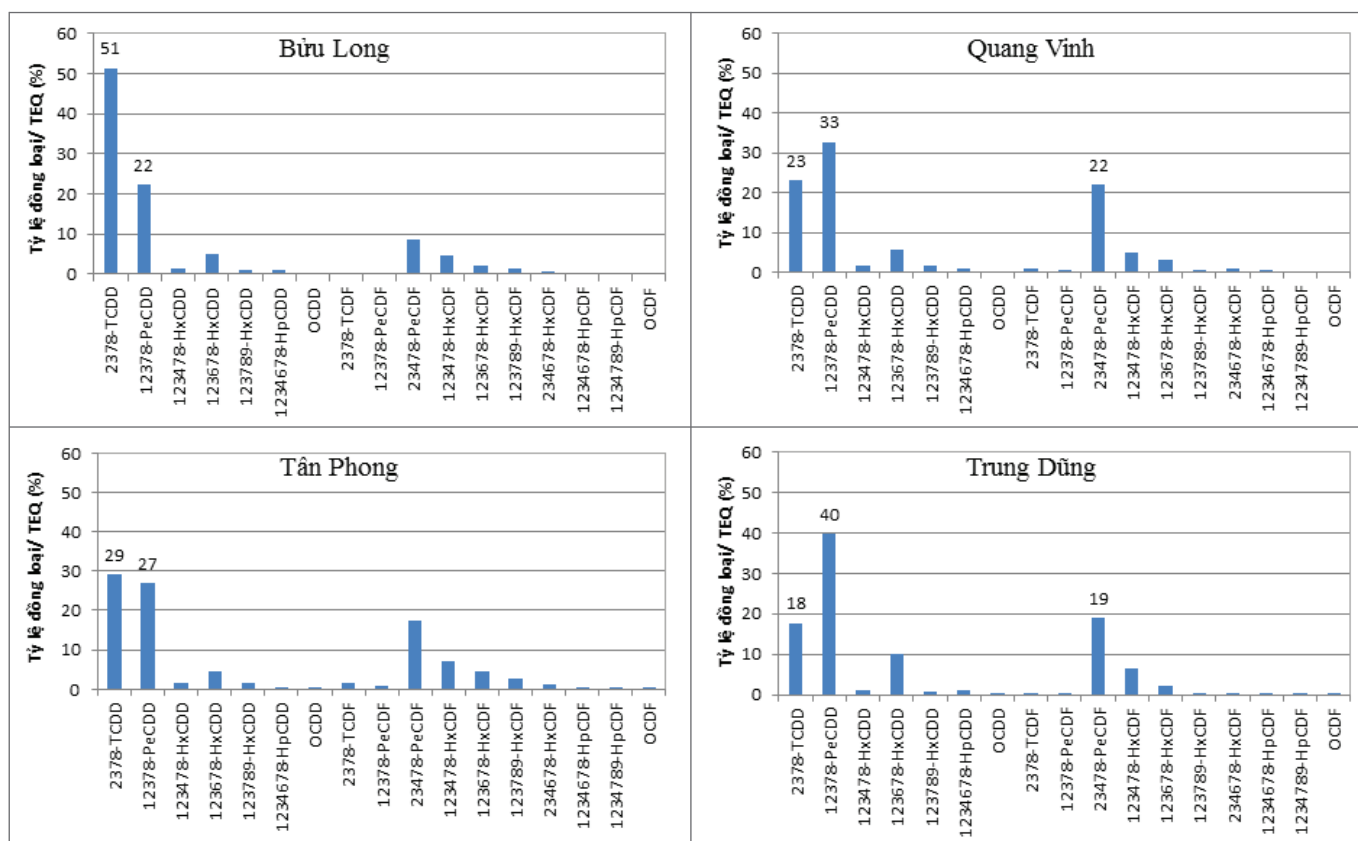
Biểu đồ đồng loại Dioxin/Furan trong sữa mẹ

Biểu đồ đồng loại (*congener pattern*) Dioxin/Furan trong sữa mẹ được đánh giá nhằm phân tích rõ hơn nữa về sự tích lũy sinh học đặc thù của các đồng loại Dioxin/Furan, đặc biệt là đồng loại có độ độc cao nhất 2,3,7,8-TCDD.

Trong nghiên cứu này, theo nồng độ khối lượng thì đồng loại phổ biến nhất trong các mẫu sữa mẹ là OCDD - đồng loại Dioxin có nhiều nhóm thế clo nhất ở vị trí 2,

3, 7, 8 (hình 1). Tính trên tổng độ độc TEQ thì TCDD là đồng loại chiếm ưu thế nhất, nằm trong khoảng từ 18-51% (giá trị trung bình là 30%); tiếp đến là đồng loại PeCDD (từ 22-40%). Tỷ lệ cao TEQ của TCDD trên tổng TEQ của 17 chất Dioxin/Furan thường đặc trưng cho nguồn gốc ô nhiễm, phơi nhiễm từ CDC/Dioxin. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của tác giả Mạnh và cộng sự năm 2015 [7]. Trong một nghiên cứu trước đây đối với mẫu sữa mẹ sinh sống gần sân bay Đà Nẵng, chúng tôi cũng đã phát hiện thấy tỷ lệ cao của TCDD/tổng TEQ (23-53%); phân bố cao TCDD trong sữa mẹ có thể có liên quan đến việc người dân nơi đây tiêu thụ thực phẩm nhiễm CDC/Dioxin từ sân bay Đà Nẵng trong quá khứ [8].

Đối với nghiên cứu trên mẫu sữa thu thập từ các làng nghề như Trảng Minh, Bùi Dâu hay các làng nông nghiệp, đồng loại 2,3,4,7,8-PeCDF và 1,2,3,7,8-PeCDD chiếm tỷ lệ cao. Phân bố cao của hai chất này đặc trưng cho nguồn gốc phơi nhiễm từ công nghiệp, nông nghiệp hay đốt ngoài trời. Trong một nghiên cứu về tồn dư Dioxin ở Ý, tác giả Giovannini và cộng sự báo cáo rằng 2,3,4,7,8-PeCDF và PeCDD chiếm 40% và 25% trên tổng TEQ, cao hơn hẳn so với tỷ lệ TCDD (chỉ chiếm 10%) [19]. Điều này cho thấy sự khác biệt rõ rệt giữa sự phơi nhiễm, tích lũy Dioxin/Furan từ nguồn CDC/Dioxin và các nguồn khác.



Hình 1. Biểu đồ đồng loại PCDD/PCDF trong mẫu sữa mẹ tại 4 phường gần sân bay Biên Hòa.

Kết luận

Nghiên cứu này đã cung cấp thêm bằng chứng và cho thấy sự khác nhau theo vị trí địa lý về mức độ tích lũy, phơi nhiễm Dioxin/Furan ở người dân sinh sống tại các khu vực khác nhau gần điểm nóng ô nhiễm CDC/Dioxin sân bay Biên Hòa. Kết quả cũng chỉ ra sự phơi nhiễm cao nhất trong người dân ở phường Bửu Long có thể liên quan tới điểm ô nhiễm CDC/Dioxin mới được xác định tại khu vực phía tây sân bay. Nồng độ Dioxin/Furan cao tại phường Tân Phong (phía bắc sân bay) cho thấy sự cần thiết triển khai thêm các nghiên cứu để tìm ra các điểm ô nhiễm chưa biết còn tồn tại trong sân bay hoặc tìm ra hướng lan tỏa ô nhiễm từ sân bay ra các khu vực lân cận. Trong khi đó, phơi nhiễm ở mức thấp hơn tại phường Trung Dũng, Quang Vinh cũng rất đáng quan tâm và cần được tiếp tục theo dõi để nhận định việc giảm phơi nhiễm tại các khu vực này có thể là kết quả tích cực của các giải pháp can thiệp. Biểu đồ đồng loại 17 chất Dioxin/Furan trong mẫu sữa mẹ tại các khu vực gần sân bay Biên Hòa cho thấy một bức tranh khá đặc trưng và vì vậy cung cấp thêm cơ sở cho giả thiết rằng điểm nóng CDC/Dioxin sân bay Biên Hòa là nguồn gây phơi nhiễm chính cho người dân nơi đây.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) thông qua đề tài mã số 104.04-2014.40. Quá trình thực hiện có sự giúp đỡ của Ban Giám đốc Trung tâm Y tế dự phòng TP Biên Hòa, các Trạm trưởng và nhân viên y tế thuộc 4 phường Bửu Long, Tân Phong, Quang Vinh, Trung Dũng thuộc TP Biên Hòa. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. Colborn, F.S. Vom Saal, A.M. Soto (1993), "Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans", *Environ. Health Perspect.*, **101**, pp.378-384.
- [2] A. Schecter, J.J. Ryan, O. Papke (1998), "Decrease in levels and body burden of dioxin, dibenzofurans, PCBs, DDE, and HCB in blood and milk in a mother nursing twins over a thirty eight month period", *Chemosphere*, **37**(9-12), pp.1807-1816.
- [3] US EPA (2000), *Exposure and human health reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds: part II: health assessment for 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds (EPA/600/P-00/001Be)*.
- [4] Thuong Nguyen Van, Nguyen Xuan Hung, Nguyen Thi Mo, Nguyen Manh Thang, Pham Quang Huy, Hoang Van Binh, Vu Duc Nam, Nguyen Van Thuy, Le Ke Son, Nguyen Hung Minh (2015), "Transport and bioaccumulation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans at the Bien Hoa Agent Orange hotspot in Vietnam", *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **22**, pp.14431-14441.
- [5] A. Schecter, D.L. Cao, O. Papke, J. Prange, J.D. Constable, M. Matsuda, T.V. Duc, A.L. Piskac (2001), "Recent dioxin contamination from

agent orange in residents of a southern Vietnam city", *J. Occup. Environ. Med.*, **43**, p.435.

[6] Diem T. Pham, Hang M. Nguyen, Thomas G. Boivin, Anna Zajacova, Snehalata V. Huzurbazar, Harold L. Bergman (2015), "Predictors for dioxin accumulation in residents living in Da Nang and Bien Hoa, Vietnam, many years after Agent Orange use", *Chemosphere*, **118**, pp.277-283.

[7] Manh Ho Dung, Teruhiko Kido, Pham The Tai, Rie Okamoto, Seiji Honma, Sun Xian Liang, et al. (2015), "Levels of polychlorinated dibenzodioxins and polychlorinated dibenzofurans in breast milk samples from three dioxin-contaminated hotspots of Vietnam", *Science of the Total Environment*, **511**, pp.416-422.

[8] N.T.M. Hue, V.D. Nam, N.V. Thuong, N.T. Huyen, N.T.H. Phuong, N.X. Hung, N.H. Tuan, L.K. Son, N.H. Minh (2014), "Determination of PCDD/Fs in breast milk of women living in the vicinities of Da Nang Agent Orange hot spot (Vietnam) and estimation of the infant's daily intake", *Science of the Total Environment*, **491-492**, pp.212-218.

[9] US EPA (1994), *Method 1613B – Tetra- through Octa-Chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS*.

[10] P. Fürst, et al. (1989), "Polychlorinated dibenzofurans and dibenzodioxins in human milk from Western Germany", *Chemosphere*, **16**, pp.1983-1988.

[11] Supelco (2004), *Instructions for Supelco Multi-Layer Silica Gel Column and Dual-Layer Carbon Reversible Column*, Sigma-Aldrich Co.

[12] M. Van den Berg, et al. (2006), "The 2005 World Health Organization re-evaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds", *Toxicol. Sci.*, **93**, pp.223-241.

[13] Tuyet Hanh Tran Thi, Ngoc Bich Nguyen, Vu Anh Le (2013), "New strategy toward dioxin risk reduction for local residents surrounding severe dioxin hot spots in Vietnam", *Global Health Action*, **6**(1), doi: <https://doi.org/10.3402/gha.v6i0.21105>.

[14] Alvin L. Young (2009), *The history, use, disposition and environmental fate of Agent Orange*, Springer Publisher.

[15] Tue Nguyen Minh, Kana Katsura, Go Suzuki, Le Huu Tuyen, Takumi Takasuga, Shin Takahashi, Pham Hung Viet, Shinsuke Tanabe (2014), "Dioxin-related compounds in breast milk of women from Vietnamese e-waste recycling sites: Levels, toxic equivalents and relevance of non-dietary exposure", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **106**, pp.220-225.

[16] H. Fiedler (2007), "National PCDD/PCDF release inventories under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants", *Chemosphere*, **67**, S96-S108.

[17] W. Wang, G. Liu, X. Jiang, K. Xiao, M. Zheng (2015), "Formation and potential mechanisms of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans on fly ash from a secondary copper smelting process", *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **22**, pp.8747-8755.

[18] Lei Zhang, Shuaixing Yin, Jingguang Li, Yunfeng Zhao, Yongning Wu (2016), "Increase of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans and dioxin-like polychlorinated biphenyls in human milk from China in 2007-2011", *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, **219**, pp.843-849.

[19] A. Giovannini, G. Rivezzi, P. Carideo, R. Ceci, G. Diletti, C. Ippoliti, et al. (2014), "Dioxins levels in breast milk of women living in Caserta and Naples: assessment of environmental risk factors", *Chemosphere*, **94**, pp.76-84.

Hiệu ứng phối hợp ống nano các bon và graphite trong tính chất nhiệt của tấm dán tản nhiệt Bucky

Nguyễn Thị Hồng Thắm*, Tiêu Tư Doanh, Ngô Võ Kế Thành, Đỗ Hữu Quyết

Trung tâm Nghiên cứu Triển khai, Khu Công nghệ cao TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 4/12/2017; ngày chuyển phản biện 8/12/2017; ngày nhận phản biện 15/1/2018; ngày chấp nhận đăng 19/1/2018

Tóm tắt:

Giấy Bucky được chế tạo bằng phương pháp hút lọc chân không với các ống nano các bon sắp xếp một cách ngẫu nhiên. Với phương pháp này, giấy Bucky tạo được có cấu trúc rỗng xốp và tính chất nhiệt của giấy Bucky phụ thuộc nhiều vào sự tiếp xúc của các ống nano các bon với nhau. Các tác giả đã sử dụng hạt graphite với kích thước lớn hòa trộn vào trong cấu trúc giấy Bucky, sự phối hợp này giúp làm giảm tiếp xúc sợi - sợi giữa các ống nano các bon bằng tiếp xúc hạt - sợi giữa hạt graphite và ống nano các bon, từ đó làm giảm sự ảnh hưởng của các ống nano các bon đến tính chất nhiệt của giấy Bucky. Hạt graphite khi vào mạng giấy Bucky giúp giảm sự co rút giấy do sự co rút của các ống nano các bon, giúp giấy giữ được hình dạng sau khi tổng hợp cho nên lượng vật liệu dùng tổng hợp giấy ít hơn và có thể tổng hợp giấy Bucky với độ dày thấp hơn. Điều này cho phép tiết kiệm nguyên liệu và đồng thời cũng giúp tăng độ dẫn nhiệt riêng của giấy Bucky từ 0,13 W/mK lên 0,21 W/mK. Khi thấm với dầu silicon, kết quả cho thấy độ dẫn nhiệt tăng từ 0,26 W/mK lên 0,65 W/mK đối với mẫu không có và có graphite, nhiệt trở tiếp xúc sau khi thấm silicon giảm đi 20 lần. Độ bền nhiệt của giấy tăng khi tăng nhiệt độ phân hủy từ 460°C lên 500°C.

Từ khóa: Giấy Bucky, hiệu ứng phối hợp, tấm dán tản nhiệt.

Chỉ số phân loại: 1.8

Giới thiệu

Giấy Bucky được biết đến là loại vật liệu màng mỏng được tạo thành từ sự sắp xếp của các ống nano các bon thông qua lực liên kết Van der Waals. Do đó mà tính chất nhiệt của giấy Bucky bị ảnh hưởng nhiều bởi cấu trúc mạng. Nhiều khảo sát cho thấy đường kính, chiều dài [1, 2], tỷ lệ đường kính/chiều dài [3], sự định hướng [4], độ dẫn nhiệt riêng của các ống nano các bon [5], loại ống nano các bon đơn vách hay đa vách [6]... đều có ảnh hưởng đến độ dẫn nhiệt của giấy Bucky. Một vài nghiên cứu gần đây đã nghiên cứu về hiệu ứng phối hợp của nhiều vật liệu nhằm làm tăng độ dẫn nhiệt như kết hợp graphen nanoplatelet và ống nano các bon [7], ống nano các bon và ống nano đồng [8]... kết quả cho thấy sự kết hợp các loại vật liệu với nhau giúp cải thiện tính chất nhiệt rõ rệt. Bằng cách sử dụng dầu silicon thấm vào giấy Bucky, nhóm tác giả H. Chen [1] đã đưa ra kết luận về việc cải thiện độ dẫn nhiệt cũng như nhiệt trở tiếp xúc của giấy Bucky.

Trong báo cáo này, chúng tôi nghiên cứu việc sử dụng graphite kết hợp với ống nano các bon vì một số nguyên nhân. Thứ nhất ống nano các bon và graphite nhẹ và có cùng cấu hình từ các bon nên dễ dàng phân tán với nhau tạo hỗn hợp đồng nhất. Thứ hai, ống nano các bon dài có xu hướng nằm ngang khi tổng hợp giấy Bucky, trong khi sự truyền nhiệt theo chiều dài ống nano các bon là chủ yếu, điều này sẽ làm hạn chế khả năng truyền tản nhiệt của giấy Bucky.

Cho nên chúng tôi nghĩ đến việc sử dụng hạt graphite với kích thước lớn hơn với mục đích làm điểm tựa cho các ống nano các bon, tạo ra các đường truyền nhiệt hiệu quả hơn.

Thực nghiệm

Ống nano các bon được sử dụng trong báo cáo là loại đa vách (đường kính khoảng 20 nm, độ tinh khiết > 90%) của hãng Cheaptubes (Mỹ). Dầu silicon sử dụng của hãng Sigma Aldrich (Đức) với độ nhớt 150 mPa.s.

Trong phần thực nghiệm, chúng tôi sử dụng phương pháp hút lọc chân không để chế tạo giấy Bucky. Hai thành phần ống nano các bon và graphite được phân tán đồng thời trong dung môi IPA, sau đó được hút bằng chân không qua phễu lọc để tạo lớp màng trên giấy lọc là giấy Bucky hai thành phần. Chúng tôi tiến hành khảo sát với các tỷ lệ khác nhau giữa khối lượng ống nano các bon và hạt graphite theo hướng tăng dần như sau: 1:1, 1:3, 1:5, 1:7. Các mẫu sau đó được chúng tôi thấm ướt với dầu silicon nhằm tăng sự tiếp xúc giữa các thành phần trong giấy Bucky.

Để nghiên cứu độ dẫn nhiệt của giấy Bucky, chúng tôi thiết kế hệ đo nhiệt trở theo tiêu chuẩn ASTM 5470 và sau đó tính toán độ dẫn nhiệt. Khả năng chịu nhiệt của giấy được kiểm tra bằng phương pháp phân tích nhiệt vi sai TGA (thermal gravity analysis). Cấu trúc mạng của giấy Bucky được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét SEM.

*Tác giả liên hệ: Email: tham.nguyenthihong@shtplabs.org

Synergetic effects from carbon nanotubes and graphite platelets on thermal properties of Bucky thermal pad

Thi Hong Tham Nguyen*, Tu Doanh Tieu,
Vo Ke Thanh Ngo, Huu Quyet Do

Center for Deployment Research, SHTP

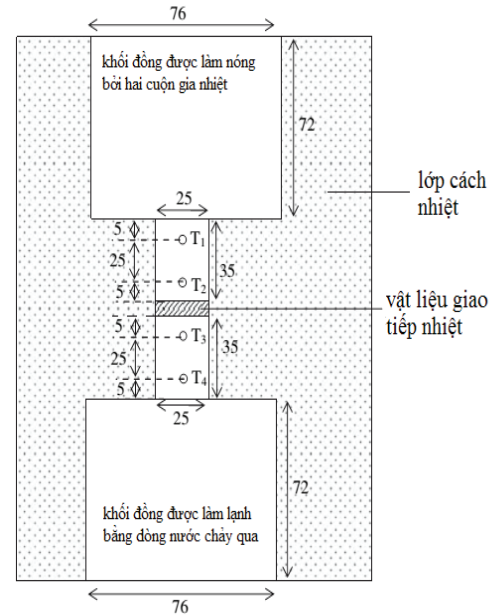
Received 4 December 2017; accepted 19 January 2018

Abstract:

Random buckypaper was fabricated by dispersion and micro-filtration of a suspension of carbon nanotubes. In this method, the resulting buckypaper had a porous structure, and its thermal properties were most dependent on the tangency of individual carbon nanotubes. To decrease the thermal resistance of carbon nanotubes, graphite platelets at a large size were mixed with carbon nanotubes to perform buckypaper. The experimental result showed that synergetic effects from two materials could effectively enhance the thermal conductivity of buckypaper, with the thermal conductivity increased from 0.13 W/mK to 0.21 W/mK. The composite buckypaper was fabricated by the infiltration of silicone oil through the buckypaper. The experimental result of the composite showed that the thermal conductivity increased from 0.26 W/mK to 0.65 W/mK, the contact resistance decreased by 20 times, and the temperature of decomposition also increased from 460°C to 500°C. Those results proved the effects of synergy from different materials.

Keywords: Buckypaper, synergetic effects, thermal pad.

Classification number: 1.8



Hình 1. Sơ đồ bố trí hệ đo nhiệt trở.

Hệ đo nhiệt trở được bố trí như sơ đồ hình 1. Khối đồng được gia nhiệt lên một nhiệt độ nhất định và được giữ nguyên trong một khoảng thời gian để có giá trị ổn định. Các giá trị T1, T2, T3, T4 tại các vị trí trên khối đồng nhỏ được lưu lại trong bộ ghi, sau đó các giá trị này sẽ được dùng để tính toán nhiệt trở trung bình của mẫu.

Theo phương pháp D5470 của ASTM, dòng nhiệt Q được cho bởi:

$$Q = \frac{\lambda A}{d_A} \Delta T \quad (1)$$

Trong đó, $\Delta T = T_1 - T_2 = T_3 - T_4$, λ là độ dẫn nhiệt của khối đồng, A là diện tích bề mặt của khối đồng nhỏ 25 x 25 mm, d_A là khoảng cách của giữa hai cặp nhiệt T1 và T2 (tức 25 mm).

Nhiệt độ tại mặt trên của vật liệu giao tiếp nhiệt là T_A , được cho bởi:

$$T_A = T_2 - \frac{d_B}{d_A} (T_1 - T_2) \quad (2)$$

Trong đó d_B là khoảng cách giữa cặp nhiệt T2 và mặt trên của lớp vật liệu giao tiếp nhiệt (tức 5 mm).

Nhiệt độ tại mặt dưới của lớp vật liệu giao tiếp nhiệt là T_D , được cho bởi:

$$T_D = T_3 + \frac{d_D}{d_C} (T_3 - T_4) \quad (3)$$

Trong đó, d_D là khoảng cách giữa cặp nhiệt T3 và mặt

dưới của lớp vật liệu giao tiếp nhiệt (tức 5 mm) và d_c là khoảng cách giữa cặp nhiệt T_3 và T_4 (tức 25 mm).

Nhiệt trở suất θ được cho bởi:

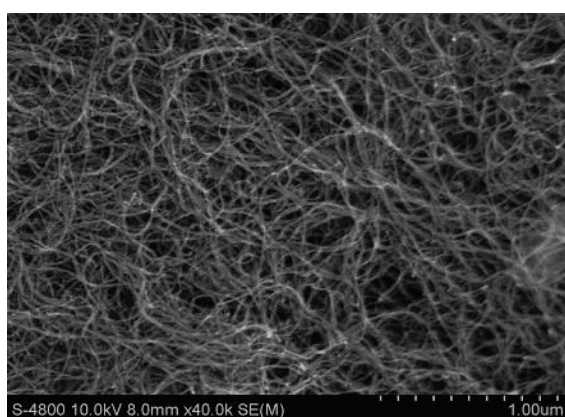
$$\theta = (T_A - T_D) \frac{A}{Q} \quad (4)$$

Thay Q từ công thức (1) ta được công thức dùng để tính nhiệt trở:

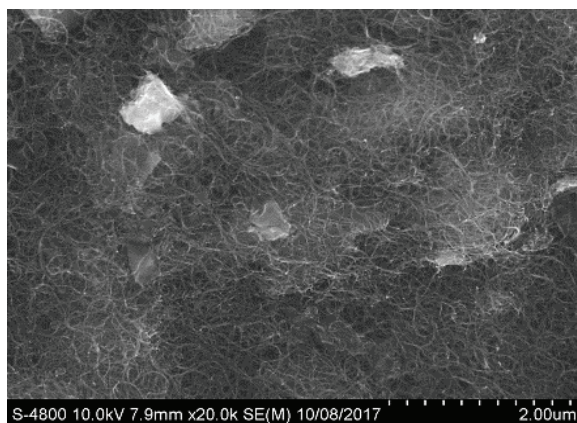
$$\theta = (T_A - T_D) \frac{d_A}{\lambda \Delta T} \quad (5)$$

Kết quả và thảo luận

Sau khi chế tạo mẫu, chúng tôi tiến hành phân tích hình dạng bằng phương pháp SEM, mẫu được dán lên trên băng dính các bon hai mặt, mẫu Bucky với thành phần ống nano các bon được phóng đại 40 ngàn lần trong khi mẫu Bucky với thành phần ống nano các bon và graphite được phóng đại 20 lần, với mục đích là quan sát sự tương quan giữa các thành phần cũng như sự tồn tại của các thành phần trong mẫu.



(A)

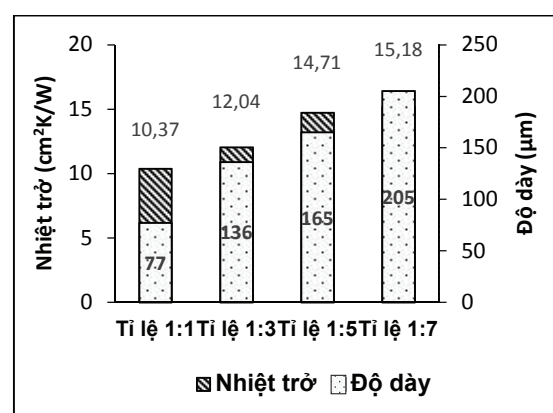


(B)

Hình 2. Ảnh SEM giấy Bucky với (A) thành phần ống nano các bon và (B) kết hợp ống nano các bon với graphite tỷ lệ 1:5.

Qua ảnh SEM (hình 2) có thể thấy mạng cấu trúc của giấy Bucky còn rất nhiều lỗ xóp do được hình thành từ các sợi ống nano các bon sắp xếp ngẫu nhiên với nhau. Các lỗ xóp này góp phần đáng kể vào nhiệt trở của giấy, làm cho độ dẫn nhiệt của giấy Bucky giảm nhiều lần so với độ dẫn nhiệt của các ống nano các bon riêng lẻ. Bằng cách phối trộn các hạt graphite vào trong mạng giấy Bucky, chúng tôi mong muốn giảm nhiệt trở tiếp xúc của các sợi bằng cách thay thế sự tiếp xúc giữa các sợi bằng tiếp xúc giữa sợi và hạt graphite. Các hạt graphite đóng vai trò làm các điểm tựa cho các ống nano các bon, tạo ra đường truyền nhiệt hiệu quả hơn. Có thể thấy với kích thước hạt lớn rất nhiều so với ống nano các bon, thì một lượng lớn tiếp xúc sợi - sợi sẽ được thay thế bằng vài tiếp xúc sợi - hạt, từ đó làm giảm nhiệt trở tiếp xúc trong giấy Bucky.

Từ đồ thị hình 3 ta thấy, nhiệt trở của mẫu tăng khi tăng dần tỷ lệ khối lượng graphite trong mẫu. Trước hết, điều này chứng tỏ là graphite được trộn lẫn vào trong mạng Bucky làm cho bề dày của mẫu tăng lên như biểu diễn trên hình 3. Và theo chúng tôi, nguyên nhân dẫn đến sự tăng nhiệt trở là do sự gia tăng tiếp xúc nhiệt giữa các thành phần trong mẫu khi tăng khối lượng các thành phần, điều này làm giảm độ dẫn nhiệt của mẫu. Đồng thời, tăng bề dày cũng đồng nghĩa với tăng bề dày liên kết giữa hai bề mặt. Cho nên việc tăng khối lượng các thành phần sẽ làm giảm độ dẫn nhiệt và tăng bề dày liên kết của mẫu, kết quả là làm tăng nhiệt trở mẫu.

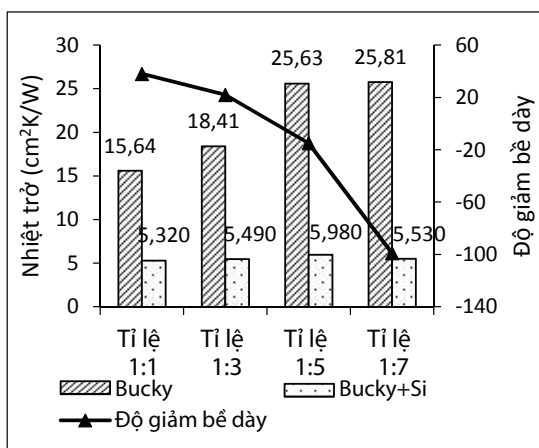


Hình 3. Nhiệt trở giấy Bucky theo các tỷ lệ graphite khác nhau với khối lượng ống nano các bon là 250 mg.

Ban đầu chúng tôi khảo sát với khối lượng ống nano các bon ít, làm cho giấy Bucky tạo thành có bề dày nhỏ, khó thao tác, giấy dễ bị rách khi lấy ra khỏi giấy lọc, nên chúng tôi quyết định tăng lượng ống nano các bon. Chúng tôi nhận thấy rằng giấy Bucky dày hơn sẽ dễ dàng bóc tách ra khỏi giấy lọc. Tương ứng với lượng ống nano các bon thì lượng graphite cũng tăng theo, tuy nhiên tỷ lệ giữa hai thành phần vẫn được chúng tôi tiếp tục khảo sát với các tỷ lệ 1:1, 1:3, 1:5, 1:7.

Các mẫu giấy Bucky sau đó được chúng tôi thấm ướt silicon nhằm gia tăng sự tiếp xúc nhiệt giữa các thành phần với nhau. Kết quả đo nhiệt sau đó cho thấy nhiệt trở của giấy Bucky giảm đi rất nhiều. Quan sát hình 4, với mẫu Bucky nhiệt trở tăng khá nhiều theo bề dày của mẫu, tuy nhiên cùng các mẫu đó sau khi thấm silicon thì nhiệt trở giảm rõ và sự thay đổi nhiệt trở theo bề dày cũng thấp hơn nhiều. Sau khi thấm ướt với dầu silicon bề dày của các mẫu cũng thay đổi ít hơn. Đường cong biểu diễn sự thay đổi bề dày trên hình 4 cho thấy, mẫu có tỷ lệ graphite cao hơn sau khi thấm silicon thì độ thay đổi theo bề dày giảm nhiều hơn. Thậm chí với tỷ lệ 1:7, mẫu sau khi thấm có bề dày nhỏ hơn trước khi thấm silicon.

Giải thích điều này, chúng tôi cho rằng khi được thấm dầu silicon, các ống nano các bon phân tán làm thay đổi hình dạng các sợi, dẫn đến làm tăng bề dày của mẫu. Trường hợp của graphite với dạng khối thì sự thay đổi hình dạng trong dầu silicon ít hơn, thậm chí là không xảy ra, nên bề dày mẫu tăng không nhiều. Khi càng tăng khối lượng graphite trong mẫu, đồng thời là giảm lượng ống nano các bon trong mẫu, sự ảnh hưởng của ống nano các bon lên sự thay đổi bề dày ít hơn, do đó mà bề dày của mẫu không tăng nhiều.



Hình 4. Kết quả nhiệt trở của mẫu Bucky và Bucky thấm silicon với khối lượng ống nano các bon là 600 mg.

Để làm rõ hơn về vai trò của silicon và graphite trong cấu trúc giấy Bucky, chúng tôi biện luận dựa trên khái niệm nhiệt trở hiệu dụng của vật liệu. Như chúng ta đã biết, nhiệt trở hiệu dụng của vật liệu bao gồm hai thành phần là nhiệt trở riêng và nhiệt trở tiếp xúc được biểu diễn như trong công thức (6). Trong đó $R_{hiệu dụng}$ là nhiệt trở hiệu dụng; BLT là độ dày liên kết nhiệt hay bề dày của lớp vật liệu, k_{Tim} là độ dẫn nhiệt riêng, hai thành phần này tạo nên nhiệt trở riêng của vật liệu; R_{c1} và R_{c2} lần lượt là các nhiệt trở tiếp xúc giữa bề mặt tiếp xúc và vật liệu.

$$R_{hiệu dụng} = \frac{BLT}{k_{Tim}} + R_{c1} + R_{c2} \quad (6)$$

Từ kết quả hình 4 ta thấy, nhiệt trở của mẫu thấm silicon giảm từ 3 đến 5 lần so với mẫu không thấm silicon. Từ đó có thể nói rằng dầu silicon đã giúp cải thiện nhiệt trở cho giấy Bucky. Trước hết, khi so sánh hai mẫu có và không có thấm silicon, thì mẫu có thấm silicon có độ mềm dẻo hơn so với mẫu không thấm, nên khi lắp vào hệ đo thì mẫu có thấm silicon được ép khít hơn, đồng nghĩa với việc mẫu có thấm silicon tiếp xúc tốt hơn so với mẫu không thấm.

Khi pha trộn graphite vào trong cấu trúc giấy Bucky, cấu trúc khối giúp cho các hạt graphite ít bị thay đổi hình dạng khi thấm dầu silicon, nên độ dày mẫu ít thay đổi hơn. Bên cạnh đó, với giấy Bucky chỉ gồm các ống nano các bon, như trên ảnh SEM ta thấy thì các sợi chỉ tiếp xúc tại một vài điểm trên chiều dài của sợi và tạo ra khá nhiều không gian trống giữa chúng. Khi trộn các hạt graphite vào trong cấu trúc sẽ làm tăng sự tiếp xúc giữa các thành phần với nhau, dẫn đến ít không gian trống hơn, hay nói cách khác là tăng độ dẫn nhiệt cho mẫu. Như vậy việc thay thế graphite vào mẫu đã đạt tới mục tiêu giảm bề dày liên kết và tăng độ dẫn nhiệt của giấy Bucky, đóng góp vào việc làm giảm nhiệt trở hiệu dụng cho mẫu.

Như vậy với kết quả đo nhiệt trở ban đầu ta có thể thấy được vai trò của silicon và graphite trong giấy Bucky. Silicon giúp làm tăng tiếp xúc giữa mẫu với mặt tiếp xúc nhờ việc cải thiện độ mềm dẻo cho mẫu. Graphite thì có vai trò cải thiện cấu trúc cho giấy Bucky, giúp làm giảm nhiệt trở riêng của giấy.

Từ kết quả nhiệt trở của các mẫu, chúng tôi nhận thấy là khi có sự hỗ trợ của dầu silicon, nhiệt trở của các mẫu được đưa về giá trị gần như nhau, điều này có thể dẫn đến xu hướng tăng khối lượng graphite trong mẫu để có thể giảm tối đa lượng ống nano các bon, thậm chí có thể thay thế hoàn toàn bằng graphite. Tuy nhiên, kết quả thực nghiệm cho thấy nếu tiếp tục tăng tỷ lệ graphite trong mẫu thì sẽ làm giảm cơ tính của giấy Bucky, nếu khối lượng graphite quá nhiều thì không thể tạo thành giấy Bucky. Bởi vì, vai trò của graphite trong giấy Bucky là chất độn để cải thiện tính chất của mẫu, trong khi đó ống nano các bon đóng vai trò là tạo mạng liên kết cho giấy Bucky, cho nên việc tăng lượng graphite trong giấy Bucky cũng có giới hạn. Do đó, trong báo cáo này chúng tôi dừng lại ở tỷ lệ ống nano các bon và graphite là 1:7 để giấy Bucky vẫn còn cơ tính đảm bảo cho khi ứng dụng làm tấm dán.

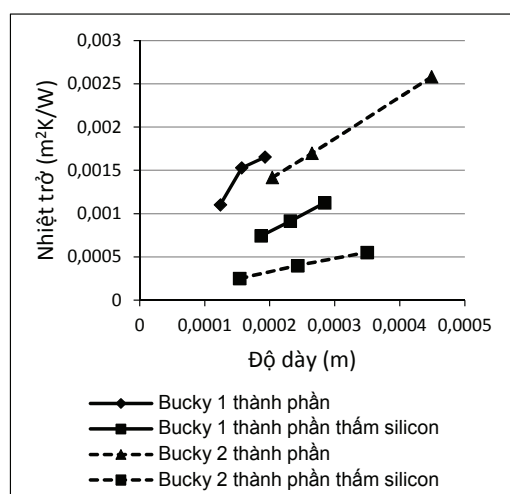
Để có kết luận chặt chẽ hơn, chúng tôi tiến hành tính toán độ dẫn nhiệt của các mẫu giấy. Để có các kết quả, chúng tôi tiến hành đo nhiệt trở của các mẫu với các bề dày khác nhau và ngoại suy ra giá trị độ dẫn nhiệt.

Từ tiêu chuẩn ASTM D5470 [9] ta có phương trình đường thẳng tính toán độ dẫn nhiệt theo công thức (7).

$$\Theta_{\text{tổng}} = \Theta_{\text{tiếp xúc}} + t/k_{\text{khối}} \quad (7)$$

Trong đó $\Theta_{\text{tổng}}$ là nhiệt trở đo được, t là độ dày của lớp vật liệu. Từ phương trình đường thẳng này ta có thể tính được độ dẫn nhiệt khối $k_{\text{khối}}$ chính là nghịch đảo của hệ số góc, nhiệt trở tiếp xúc là giao điểm của đường thẳng và trục tung. Có thể thấy các đại lượng này tương đương với các đại lượng trong công thức (6) mà ta đã sử dụng trước đó.

Sử dụng các số liệu, chúng tôi có được các đường thẳng biểu diễn trên hình 5. Và với cách xác định như trên, chúng tôi có được độ dẫn nhiệt và nhiệt trở tiếp xúc của các mẫu được tóm tắt trong bảng 1.



Hình 5. Đường thẳng tính toán độ dẫn nhiệt của các mẫu.

Bảng 1. Tóm tắt kết quả độ dẫn nhiệt và nhiệt trở tiếp xúc của các mẫu.

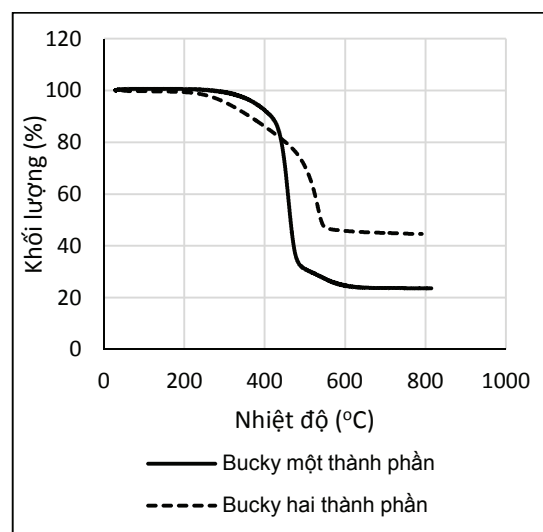
Mẫu	Độ dẫn nhiệt (W/mK)	Nhiệt trở tiếp xúc (m²K/W)
Bucky 1 thành phần	0,13	0,0002
Bucky 1 thành phần thấm silicon	0,26	0,00001
Bucky 2 thành phần	0,21	0,0004
Bucky 2 thành phần thấm silicon	0,65	0,00002

So sánh độ dẫn nhiệt của mẫu một thành phần không chứa graphite với mẫu hai thành phần có chứa graphite, ta thấy độ dẫn nhiệt tăng từ 0,13 W/mK lên 0,21 W/mK, sự tăng độ dẫn nhiệt cho thấy hiệu quả việc thay đổi cấu trúc của graphite dẫn đến cải thiện độ dẫn nhiệt cho giấy Bucky. Nhìn vào sự tuyến tính của các số liệu trên hình 5 của mẫu hai thành phần, có thể nhận định là mẫu hai thành phần có độ ổn định cấu trúc hơn so với mẫu một thành phần. Theo chúng tôi là do các ống nano các bon khi sắp xếp với nhau tạo thành rất nhiều khoảng trống, làm cho mẫu bị xốp, khi đưa vào hệ đo đặc bị ép lại thì độ dày có sự thay đổi nhiều. Khi cho thành phần graphite vào cấu trúc, sự kết hợp giữa dạng hạt và dạng sợi giúp giảm thiểu các khoảng trống, giúp

cấu trúc mẫu xếp chặt và ổn định hơn. Điều này cũng là nguyên nhân làm cho mẫu chứa graphite có độ dẫn nhiệt cao hơn.

Độ dẫn nhiệt của mẫu cũng được cải thiện bởi sự có mặt của silicon, bằng chứng là độ dẫn nhiệt của mẫu thấm silicon cũng tăng hơn so với mẫu không thấm silicon. Tuy nhiên, đối với mẫu một thành phần thì chúng tôi có nhận xét là hiệu quả cải thiện của silicon kém hơn. Với mẫu một thành phần độ dẫn nhiệt khi có silicon chỉ tăng 2 lần, từ 0,13 W/mK lên 0,26 W/mK. Còn mẫu hai thành phần độ dẫn nhiệt tăng hơn 3 lần, từ 0,21 W/mK lên 0,65 W/mK. Như đã đề cập trước đó, khi silicon thấm vào trong giấy Bucky còn làm thay đổi cấu trúc của giấy bằng cách thay đổi sự sắp xếp của các thành phần trong giấy. Với mẫu một thành phần chỉ gồm các sợi ống nano các bon, các sợi phân tán nhiều hơn trong môi trường của silicon và bị tách rời xa nhau hơn, điều này hạn chế một phần sự truyền nhiệt trong giấy. Với mẫu hai thành phần, do graphite ít bị phân tán hơn nên sự truyền nhiệt không bị ảnh hưởng nhiều, kết quả là hiệu quả tản nhiệt tốt hơn.

Tuy nhiên, vai trò của silicon thể hiện rõ hơn ở việc cải thiện nhiệt trở tiếp xúc của mẫu. Dựa vào kết quả trong bảng 1, ta thấy rằng sự có mặt của silicon đã giúp làm giảm nhiệt trở tiếp xúc xuống 20 lần. Trong khi sự sai khác nhiệt trở tiếp xúc của hai mẫu một và hai thành phần chỉ gấp 2 lần và sự sai khác này hầu như cũng không đổi sau khi thấm silicon. Sự cải thiện này liên quan đến việc silicon giúp làm giảm độ cứng của mẫu, làm tăng khả năng tương thích của mẫu với bề mặt tiếp xúc. Bên cạnh đó, sự có mặt của silicon trong mẫu còn giúp thay thế các khoảng không trống tạo thành trong mẫu, giúp tăng cường sự tiếp xúc nhiệt bên trong cấu trúc.



Hình 6. Kết quả TGA của mẫu một thành phần và hai thành phần.

Bên cạnh việc cải thiện độ dẫn nhiệt cho giấy Bucky, kết quả phân tích nhiệt vi sai còn cho thấy khả năng chịu nhiệt tốt hơn của mẫu Bucky hai thành phần. Kết quả được chúng tôi so sánh trên hình 6, cho thấy nhiệt độ phân hủy của mẫu Bucky một thành phần vào cỡ 460°C, trong khi mẫu hai thành phần nhiệt độ này khoảng 500°C.

Nhiệt độ phân hủy của giấy Bucky hai thành phần cao hơn đồng nghĩa với việc mẫu có độ bền nhiệt cao hơn. Điều này sẽ giúp kéo dài thời gian sử dụng của mẫu, tăng hiệu suất truyền tản nhiệt khi đưa vào ứng dụng.

Kết luận

Như vậy, bằng cách pha trộn graphite vào trong cấu trúc giấy Bucky, chúng tôi đã đạt được các kết quả như sau: 1) Tăng độ dẫn nhiệt và giảm nhiệt trở hiệu dụng cho giấy; 2) Giúp ổn định cấu trúc cho giấy Bucky; 3) Tăng độ bền nhiệt, giúp kéo dài thời gian sử dụng cho giấy Bucky; 4) Giảm lượng ống nano các bon sử dụng, giúp tiết kiệm chi phí chế tạo.

Việc pha trộn graphite vào trong cấu trúc giúp tạo ra dạng cấu trúc mới, tạo nên hiệu quả phối hợp giữa các dạng vật liệu có cùng dạng thù hình với nhau, giúp cải thiện tính chất của vật liệu ban đầu. Điều này cũng mở ra hướng nghiên cứu mới trong việc cải thiện cấu trúc của giấy Bucky truyền thống.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính từ Bộ Khoa học và Công nghệ thông qua đề tài “Nghiên cứu công

nghệ chế tạo màng mỏng truyền nhiệt trên nền nano các bon ứng dụng cho các thiết bị điện và điện tử”, mã số ĐM.17.NC/16.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Chen, M. Chen, J. Di, G. Xu, H. Li and Q. Li (2012), “Architecting three-dimensional networks in carbon nanotube buckypapers for thermal interface materials”, *J. Phys. Chem. C*, **116**(6), pp.3903-3909.
- [2] P.C. Song, C.H. Liu, and S.S. Fan (2006), “Improving the thermal conductivity of nanocomposites by increasing the length efficiency of loading carbon nanotubes”, *Appl. Phys. Lett.*, **88**(15), p.153111.
- [3] R.S. Kapadia, B.M. Louie, and P.R. Bandaru (2013), “The Influence of Carbon Nanotube Aspect Ratio on Thermal Conductivity Enhancement in Nanotube-Polymer Composites”, *J. Heat Transfer*, **136**(1), p.11303.
- [4] P. Gonnet, et al. (2006), “Thermal conductivity of magnetically aligned carbon nanotube buckypapers and nanocomposites”, *Curr. Appl. Phys.*, **6**(1), pp.119-122.
- [5] A.N. Volkov and L.V. Zhigilei (2012), “Heat conduction in carbon nanotubes materials: Strong effect of intrinsic thermal conductivity of carbon nanotubes”, *Appl. Phys. Lett.*, **101**(43113), pp.1-5.
- [6] W.T. Hong and N.H. Tai (2008), “Investigations on the thermal conductivity of composites reinforced with carbon nanotubes”, *Diam. Relat. Mater.*, **17**(7-10), pp.1577-1581.
- [7] X. Huang, C. Zhi, and P. Jiang (2012), “Toward effective synergetic effects from graphene nanoplatelets and carbon nanotubes on thermal conductivity of ultrahigh volume fraction nanocarbon epoxy composites”, *J. Phys. Chem.*, **116**(44), pp.23812-23820.
- [8] Y. Xing, et al. (2015), “Carbon nanotube/Cu nanowires/Epoxy composite mats with improved thermal and electrical conductivity”, *J. Nanosci. Nanotechnol.*, **15**(4), pp.3265-3270.
- [9] ASTM, *Standard test methods for thermal transmission properties of thin thermally conductive solid electrical insulation materials*, Annual Books of Standards.

Nghiên cứu thực nghiệm hiệu quả gia cường dầm bê tông cốt thép chịu xoắn bằng vật liệu tấm sợi các bon CFRP

Nguyễn Trung Hiếu*, Lý Trần Cường

Trường Đại học Xây dựng

Ngày nhận bài 12/12/2017; ngày chuyển phản biện 18/12/2017; ngày nhận phản biện 19/1/2018; ngày chấp nhận đăng 29/1/2018

Tóm tắt:

Nội dung bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm sự làm việc của dầm bê tông cốt thép (BTCT) chịu xoắn được gia cường bằng vật liệu tấm sợi các bon (CFRP); 6 mẫu dầm thí nghiệm có cùng kích thước hình học và cấu tạo cốt thép được chế tạo, trong đó 2 mẫu dầm không được gia cường và 4 mẫu được gia cường chống xoắn bằng tấm sợi CFRP. Các kết quả thực nghiệm về cơ chế phá hoại, mô men xoắn cực hạn, góc xoay, tình trạng nứt của các mẫu thí nghiệm được trình bày và thảo luận. Những kết quả thu được từ nghiên cứu này cho thấy hiệu quả của việc sử dụng tấm sợi CFRP trong gia cường kết cấu dầm BTCT chịu xoắn.

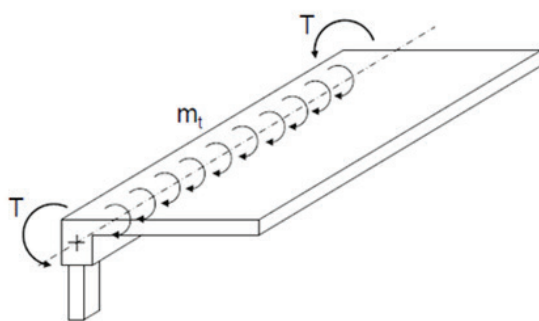
Từ khóa: Dầm, gia cường, tấm sợi composite, xoắn.

Chỉ số phân loại: 2.1

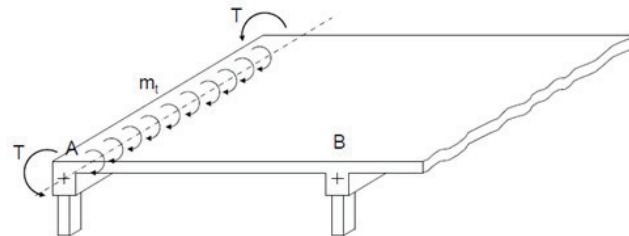
Đặt vấn đề

Hiện nay, kết cấu BTCT là dạng kết cấu chịu lực được sử dụng phổ biến nhất trong các công trình xây dựng. Sự làm việc của kết cấu BTCT theo thời gian chịu tác dụng của nhiều yếu tố tác động khác nhau dẫn đến tình trạng hư hỏng, suy giảm khả năng chịu lực cũng như xuất hiện những yêu cầu về cải tạo, sửa chữa cho phù hợp với các điều kiện, công năng sử dụng. Cấu kiện BTCT làm việc chịu xoắn là dạng kết cấu thường gặp trong hệ kết cấu công trình, ví dụ như dầm đỡ ban công, các bản sàn có dạng công-xôn... Mô men xoắn có xu hướng gây xoắn các cấu kiện quanh trục dọc của các cấu kiện này và trong nhiều trường hợp đã gây ra tình trạng nứt bê tông do xoắn (hình 1).

Việc sử dụng tấm sợi composite cường độ cao (Fibre Reinforced Polymer, viết tắt FRP) trong công tác gia cường kết cấu BTCT được áp dụng phổ biến ở các nước tiên tiến trên thế giới. Các kết cấu công trình được gia cường có thể là kết cấu cột, dầm, sàn... Trong số các loại composite làm vật liệu gia cường, CFRP được sử dụng rất phổ biến. Phương pháp gia cường bằng vật liệu CFRP tận dụng được những ưu điểm của loại vật liệu này như cường độ chịu kéo và mô đun đàn hồi cao, trọng lượng nhẹ, không bị ăn mòn dưới tác động của yếu tố môi trường... Bên cạnh ưu điểm về đặc tính cơ học, gia cường bằng CFRP còn cho thấy những tiện lợi trong quá trình thi công gia cường như nhanh chóng, đơn giản, không cần nhiều máy móc thiết bị, thời gian thi công nhanh. Trên hình 2 giới thiệu hình ảnh sử dụng CFRP trong công tác gia cường kết cấu BTCT chịu uốn.



A. Dầm đỡ ban công-xôn.



B. Dầm biên trong hệ kết cấu dầm sàn liên tục nhiều nhịp.

Hình 1. Dầm BTCT làm việc chịu xoắn.

*Tác giả liên hệ: Email: hieunt@nuce.edu.vn

Experimental study on the strengthening efficiency of reinforced concrete beams under torsion using CFRP sheets

Trung Hieu Nguyen*, Tran Cuong Ly

National University of Civil Engineering

Received 12 December 2017; accepted 29 January 2018

Abstract:

This paper presents an experimental study on the torsional behavior of reinforced concrete (RC) beams strengthened with externally bonded carbon fiber reinforced polymer (CFRP) sheets. Six identical specimens were cast. The concrete grade and the steel reinforcement ratio were kept constant for all specimens. Two specimens without being strengthened were the control specimens, while the four other specimens were strengthened with CFRP composite sheets. In the experimental findings, the failure mode, the ultimate torsional moment, the crack patterns of tested specimens were presented and discussed. The obtained results from this research clarified the torsional behavior of beams strengthened by CFRP and the strengthening effectiveness in the torsional capacity of RC beams using this material.

Keywords: Beam, composite sheet, strengthening, torsion.

Classification number: 2.1



Hình 2. Hình ảnh gia cường kết cấu chịu uốn bằng CFRP [1].

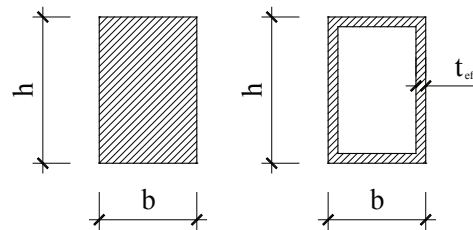
Ở nước ta hiện nay, vật liệu CFRP đã được sử dụng cho việc gia cường một số công trình cầu và nhà dân dụng. Tuy nhiên, việc áp dụng còn nhiều hạn chế, chưa được phổ biến, trong đó nguyên nhân chính là giá thành và tiêu chuẩn kỹ thuật áp dụng cho loại vật liệu này. Trong nước chưa có các tiêu chuẩn thiết kế, thi công gia cường kết cấu BTCT sử dụng CFRP; việc tính toán thiết kế được thực hiện theo một số tiêu chuẩn nước ngoài như FIP-Bulletin No14 [1], ACI

440.2R-08 [2]; do đó việc tính toán, phân tích cho từng đối tượng kết cấu cụ thể, làm cơ sở để xây dựng tiêu chuẩn riêng cho việc áp dụng loại vật liệu gia cường này ở trong nước là cần thiết. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sử dụng CFRP trong việc gia cường kết cấu BTCT làm việc chịu xoắn, được thực hiện tại Phòng thí nghiệm và kiểm định công trình, Trường Đại học Xây dựng.

Nội dung nghiên cứu

Lý thuyết tính toán gia cường kết cấu chịu xoắn

Xét dầm BTCT có tiết diện ngang hình chữ nhật kích thước $b \times h$ làm việc chịu xoắn. Theo CEB-FIP Model Code 1990 [3], để tính toán khả năng chịu xoắn, tiết diện chữ nhật được quy đổi về tiết diện thanh thành mỏng tương đương (hình 3), trong đó chiều dày t_{ef} được xác định bằng tỷ số giữa diện tích và chu vi của tiết diện.



Hình 3. Quy đổi tiết diện chữ nhật sang tiết diện thanh thành mỏng tương đương.

Tính toán khả năng chịu xoắn được áp dụng theo lý thuyết tính toán thanh thành mỏng với các giả thiết: (1) ở trạng thái giới hạn, ứng suất tiếp phân bố đều theo các mặt của thanh thành mỏng; (2) ở trạng thái giới hạn, ứng suất trong cốt thép dọc và cốt thép đai đạt đến cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép, bê tông trong dải nén nghiêng đạt đến cường độ chịu nén tính toán; (3) bỏ qua khả năng chịu kéo của bê tông.

Khả năng chịu xoắn của tiết diện xác định từ điều kiện để bê tông không bị ép vỡ được tính theo công thức (1).

$$R_{d,max} = \frac{1,33}{\cotg \theta} \frac{f_{ck} t_{ef} A_k}{\tg \theta} \quad (1)$$

Trong đó: f_{ck} là cường độ chịu nén đặc trưng của bê tông (MPa); ν là hệ số giảm cường độ của bê tông, được xác định theo công thức (2); A_k là diện tích phần lõi của thanh thành mỏng tương đương được tính theo công thức (3); θ là góc xoắn (góc nghiêng của đường nứt do xoắn so với phương ngang) được xác định theo công thức (4).

$$\nu = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) \quad (2)$$

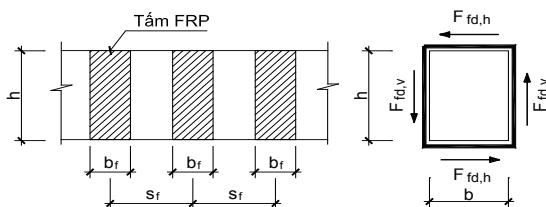
$$A_k = (b - t_{ef})(h - t_{ef}) \quad (3)$$

$$\tan^2 \theta = \frac{\frac{A_{sw}}{s} f_{yd}}{\frac{A_s}{u_k} f_{yld}} \quad (4)$$

Với u_k là chu vi của tiết diện thành mỏng quy đổi $u_k = 2(b+h-2t_e)$; s là khoảng cách cốt đai; A_s và A_{sw} là diện tích của cốt thép dọc và cốt thép đai; f_{yld} và f_{yd} lần lượt là giới hạn chảy của cốt thép dọc và cốt thép đai.

Với tiết diện được gia cường chống xoắn bằng tấm vật liệu composit, khả năng chịu xoắn được xác định bằng tổng khả năng chịu xoắn của tiết diện chưa gia cường và khả năng chịu xoắn của riêng tấm composite gia cường [1]. Theo [1], sử dụng FRP trong công tác gia cường chỉ có hiệu quả khi tấm FRP được quấn quanh tiết diện.

Hình 4 thể hiện sơ đồ tính toán gia cường dầm BTCT chịu xoắn bằng tấm FRP. Mô men xoắn gây ra các lực tác dụng lên tấm FRP theo phương đứng (cạnh dầm) và phương ngang (mặt trên và mặt dưới dầm).

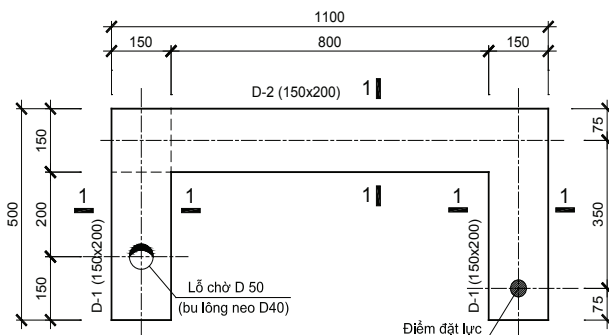


Hình 4. Sơ đồ tính toán khả năng chịu xoắn của tấm sợi gia cường [1].

Khi đó, lực kéo hình thành trong lớp FRP ($F_{fd,h}$ là lực kéo ngang; $F_{fd,v}$ là lực kéo dọc) sẽ tạo thành vòng ứng suất liên tục. Theo CEB-FIP2010, giá trị của các thành phần $F_{fd,h}$ và $F_{fd,v}$ được xác định bằng công thức (5) và (6).

$$F_{fd,v} = \varepsilon_{fd,v} E_{fu} \frac{t_f b_h}{s_f} h \cos \theta \quad (5)$$

$$F_{fd,h} = \varepsilon_{fd,v} E_{fu} \frac{t_f b_f}{s_f} b \cos \theta \quad (6)$$



Kích thước hình học mẫu thí nghiệm.

Hình 5. Mẫu thí nghiệm đối chứng (không gia cường) B-1, B-2.

Trong tính toán, góc xoắn θ có thể lấy bằng 45° . Khả năng chịu xoắn T của lớp FRP gia cường được tính toán theo công thức (7).

$$T = F_{fd,v} b + F_{fd,h} h = 2 \varepsilon_{fd,e} E_{fu} \frac{t_f b_f}{s_f} b h \cot \theta \quad (7)$$

Trong đó, t_f là chiều dày của tấm FRP; b_f là chiều rộng của tấm FRP; s_f là khoảng cách tính từ tâm các tấm FRP gia cường; $\varepsilon_{fd,e}$ là biến dạng tính toán của FRP được tính theo công thức (8).

$$\varepsilon_{fd,e} = \frac{\varepsilon_{fk,e}}{\gamma_f} = \frac{0,8 \varepsilon_{f,e}}{1,3} \quad (8)$$

Với $\gamma_f = 1,3$ là hệ số an toàn của FRP xét cho trường hợp xảy ra phá hoại do bong tấm CFRP khỏi bề mặt bê tông; $\varepsilon_{f,e}$ là biến dạng của lớp FRP tính theo công thức (9).

$$\varepsilon_{f,e} = 0,17 * \left(\frac{f_{cm}^{2/3}}{E_{fu} \rho_f} \right)^{0,3} \cdot \varepsilon_{fu} \quad (9)$$

Với ε_{fu} , E_{fu} là biến dạng cực hạn và modun đàn hồi của vật liệu FRP; ρ_f là tỷ trọng của tấm FRP được tính theo công thức (10).

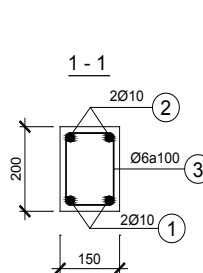
$$\rho_f = \frac{2 t_f \cdot \sin \alpha}{b_w} = \frac{2 t_f \cdot b_f}{b_w \cdot s_f} \quad (10)$$

α là góc nghiêng của tấm FRP gia cường so với trục dầm; f_{cm} là cường độ nén trung bình của bê tông (xác định trên mẫu thử hình trụ kích thước tiêu chuẩn 150x300 mm).

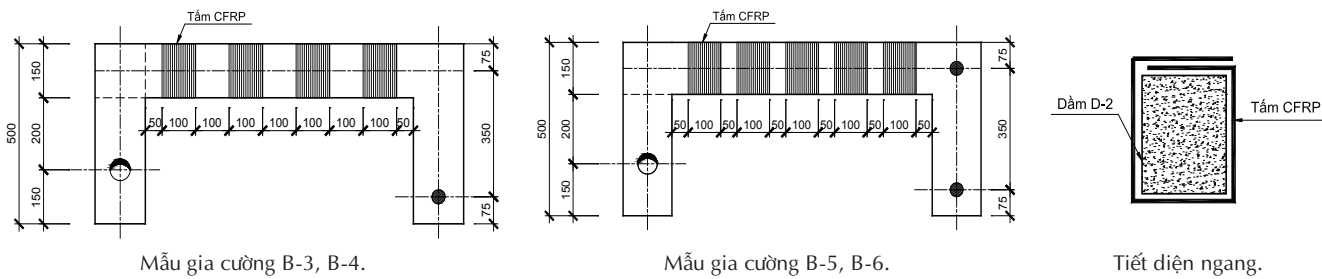
Nghiên cứu thực nghiệm

Mẫu thí nghiệm và vật liệu chế tạo:

Hình 5, 6 trình bày kích thước hình học và cấu tạo của mẫu thí nghiệm xoắn. Các mẫu thí nghiệm có dạng chữ C, đoạn dầm chịu xoắn thí nghiệm ký hiệu D-2, có tiết diện ngang hình chữ nhật $b \times h = 150 \times 200$ mm, chiều dài 800 mm. Điểm đặt lực cách trục trọng tâm dầm D-2 một khoảng $l = 350$ mm. Tổng số 6 dầm thí nghiệm được chế tạo. Các dầm đều có cùng kích thước hình học, cấu tạo cốt thép (cốt thép



Cấu tạo cốt thép.



Hình 6. Mẫu thí nghiệm được gia cường B-3, B-4, B-5, B-6.

đọc 4φ10, cốt thép đai φ6a100) và cường độ bê tông. Trong đó:

- 2 mẫu không gia cường, ký hiệu B-1 và B-2, là các mẫu thí nghiệm đối chứng.
- 2 mẫu được gia cường chịu xoắn bằng CFRP ở đoạn dầm D-2, ký hiệu B-3, B-4, với khoảng cách các tấm CFRP là 100 mm.
- 2 mẫu được gia cường chịu xoắn bằng CFRP ở đoạn dầm D-2, ký hiệu B-5, B-6, với khoảng cách các tấm CFRP là 100 mm.

Cấp phối vật liệu bê tông chế tạo mẫu thí nghiệm được trình bày trong bảng 1. Giá trị cường độ chịu nén của bê tông trình bày trong bảng 1 được xác định bằng giá trị cường độ nén trung bình của 3 mẫu thí nghiệm hình trụ $D \times H = 150 \times 300$ mm ở tuổi 28 ngày. Cốt thép φ6 và φ10 có giới hạn chảy xác định qua thí nghiệm kéo lần lượt là 240 MPa và 325 MPa.

Bảng 1. Cấp phối vật liệu chế tạo bê tông.

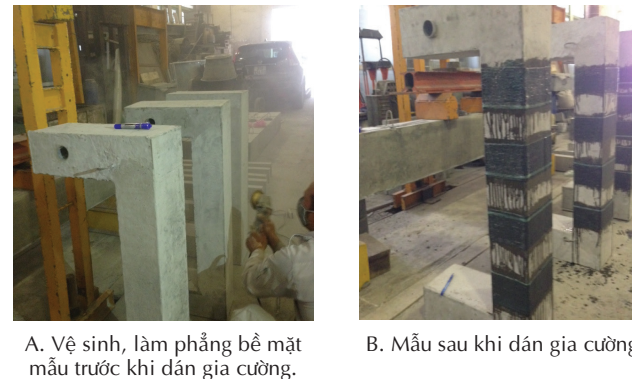
Xi măng PCB40 (kg)	Cát vàng (kg)	Đá dăm 1x2 (kg)	Nước (lít)	Cường độ chịu nén R_{28} (MPa)
325	680	1240	195	25,0

Tấm CFRP sử dụng gia cường dầm do hãng TORAY (Nhật Bản) sản xuất. Các thông số đặc trưng của vật liệu được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Các đặc trưng của CFRP sử dụng gia cường.

STT	Thông số	Giá trị
1	Chiều dày tấm t_f	0,4 mm
2	Cường độ chịu kéo f_{tu}	1778 MPa
3	Mô đun đàn hồi E_f	96,9 GPa
4	Biến dạng cực hạn ϵ_{fu}	1,85 %

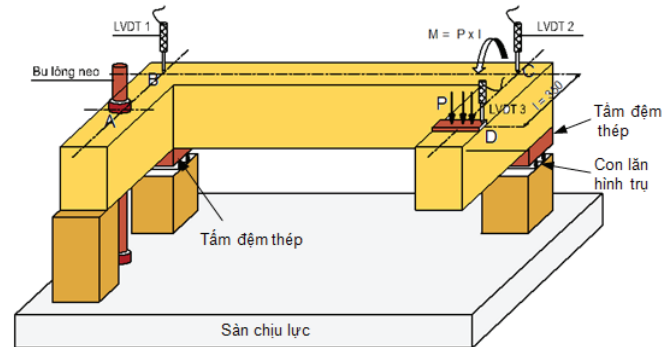
Trên hình 7 minh họa hình các mẫu thí nghiệm sau khi đã được gia cường bằng tấm CFRP. Sử dụng keo epoxy chuyên dụng để dán tấm composite lên bề mặt bê tông. Thời gian cần thiết để lớp keo epoxy đóng rắn là 48 h sau khi dán. Trong công tác gia cường, việc chuẩn bị, làm phẳng bề mặt bê tông (hình 7A) có vai trò quan trọng để đảm bảo độ bền liên kết giữa bê tông và tấm CFRP.



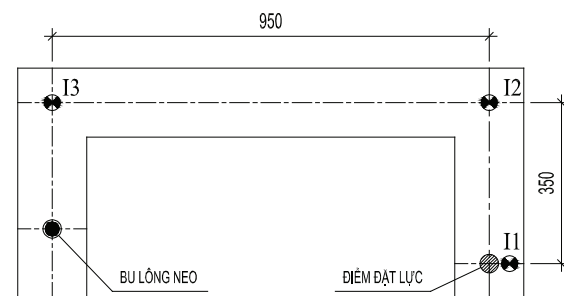
Hình 7. Hình ảnh công tác gia cường mẫu thí nghiệm.

Sơ đồ thí nghiệm và bố trí dụng cụ đo:

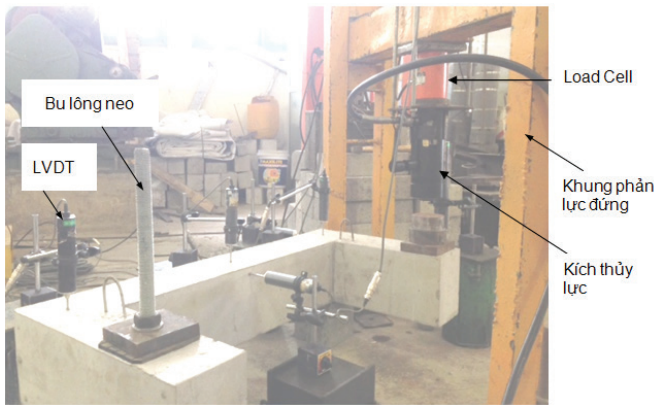
Hình 8 trình bày sơ đồ thí nghiệm trong đó đoạn dầm D2 giữa hai điểm B và C làm việc chịu xoắn thuần túy, hình 9 trình bày sơ đồ bố trí dụng cụ đo chuyển vị LVDT. Mô men



Hình 8. Sơ đồ thí nghiệm.



Hình 9. Sơ đồ bố trí dụng cụ đo chuyển vị LVDT.



Hình 10. Hình ảnh minh họa sơ đồ thí nghiệm.



Hình 11. Hình ảnh bố trí các dụng cụ đo chuyển vị LVDT.

xoắn được tạo ra thông qua tải trọng tập trung P tác dụng tại điểm D , có cánh tay đòn so với đoạn dầm $D2$ là khoảng cách CD bằng 350 mm. Đoạn dầm AB có vai trò tạo ra liên kết ngàm của đoạn dầm BC , thông qua một bu lông neo M40 (loại 8.8) tại điểm A và một gối tựa tại điểm B (nhằm ngăn cản chuyển vị đứng). Việc lựa chọn bu lông neo M40 nhằm hạn chế tối đa biến dạng dãn dài của bu lông dưới tác dụng của tải trọng. Tại điểm C , mẫu thí nghiệm được kê lên một tấm đệm thép (chiều dày 20 mm) đặt trên các con lăn hình trụ nhằm ngăn cản chuyển vị đứng của mẫu thí nghiệm nhưng cho phép mẫu thí nghiệm có thể quay tự do quanh vị trí liên kết này.

Trong thí nghiệm này, các đại lượng cần đo đặc gồm tải trọng tác dụng lên mẫu thí nghiệm và chuyển vị tại các vị trí đặc trưng. Sử dụng kích thủy lực kết hợp với trạm bơm dầu để tạo ra tải trọng tác dụng lên mẫu thí nghiệm. Giá trị tải trọng tác dụng được xác định thông qua 1 dụng cụ đo lực điện tử (load cell) như minh họa trên hình 10. Chuyển vị đứng của mẫu dưới tác dụng của tải trọng được xác định thông qua 3 dụng cụ đo chuyển vị điện tử (LVDT) ký hiệu I1, I2, I3 như trên hình 9 và thực tế trên hình 11. Các dụng cụ đo chuyển vị và đo lực được kết nối với bộ thu thập và xử

lý số liệu (Data logger) cho phép ghi nhận tự động và đồng thời (01 giây/lần) các số liệu thí nghiệm. Từ số đo trên các dụng cụ đo chuyển vị cho phép xác định được góc xoắn θ của đoạn dầm BC theo công thức (11).

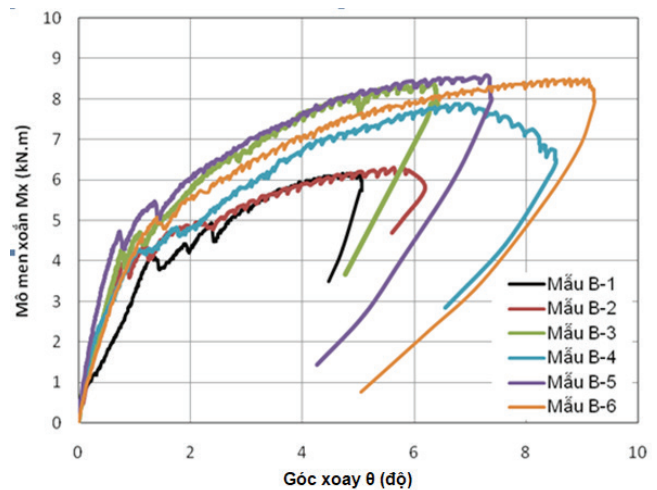
$$\operatorname{tg} \theta = \frac{f_1 - f_2 - f_3}{l} \quad (11)$$

Trong đó, f_1, f_2, f_3 lần lượt là giá trị chuyển vị của mẫu thí nghiệm xác định qua các dụng cụ đo I1, I2 và I3; l là chiều dài cánh tay đòn của lực tập trung bằng 350 mm.

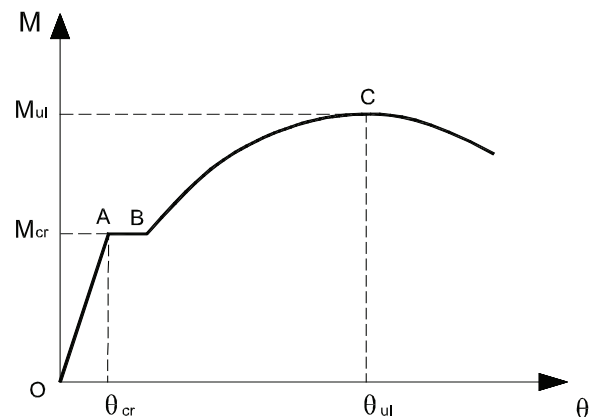
Kết quả và bàn luận

Biểu đồ quan hệ mô men xoắn - góc xoay ($M_x - \theta$)

Hình 12 trình bày biểu đồ quan hệ giữa mô men xoắn M_x và góc xoay θ của các mẫu thí nghiệm.



Hình 12. Biểu đồ quan hệ giữa mô men xoắn và góc xoay của 6 mẫu thí nghiệm.



Hình 13. Biểu đồ đặc trưng quan hệ $M - \theta$.

Từ kết quả thí nghiệm trình bày trên hình 12 có thể xác định được biểu đồ đặc trưng quan hệ giữa mô men xoắn và góc xoay như trên hình 13. Các kết quả thu được cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu được trình bày trong [4, 5].

Trong đó, sự làm việc của mẫu dầm chịu xoắn trong cả hai trường hợp không gia cường và có gia cường có thể chia thành các giai đoạn làm việc như sau:

- Đoạn OA: Giai đoạn dầm làm việc đàn hồi, quan hệ M- θ là tuyến tính. Trong giai đoạn này, tỷ lệ kích thước các cạnh tiết diện ngang của dầm ảnh hưởng nhiều đến ứng xử đàn hồi dưới tác dụng của mô men xoắn. Trong giai đoạn này xác định được độ cứng chống xoắn đàn hồi của tiết diện.

- Đoạn AB: Giai đoạn xuất hiện các vết nứt do mô men xoắn gây ra. Điểm A tương ứng với điểm thay đổi độ dốc đầu tiên của đường quan hệ M- θ . Trong giai đoạn này xác định được mô men xoắn gây nứt dầm, ký hiệu M_{cr} và góc xoay tương ứng θ_{cr} .

- Đoạn BC: Quan hệ M- θ là phi tuyến. Điểm C tương ứng với thời điểm dầm bị phá hoại hoàn toàn và xác định được mô men xoắn cực hạn M_{ul} và góc xoay tương ứng θ_{ul} .

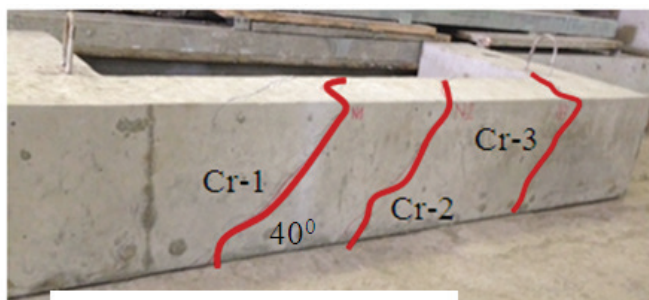
Trên cơ sở phân tích trên đây và kết quả thực nghiệm có thể rút ra các giá trị đặc trưng cho sự làm việc của các mẫu thí nghiệm dưới tác dụng của mô men xoắn (bảng 3).

Bảng 3. Các giá trị mô men xoắn gây nứt M_{cr} , mô men xoắn cực hạn M_{ul} .

Mẫu	M_{cr} (kN.m)	θ_{cr} (độ)	M_{ul} (kN.m)	θ_{ul} (độ)
B-1	4,0	0,9	6,1	5,80
B-2	4,1	1,6	6,0	5,15
B-3	4,3	0,8	8,3	7,10
B-4	4,2	1,5	7,9	7,77
B-5	4,8	0,9	8,4	7,70
B-6	5,0	1,8	8,5	8,50

Cơ chế phá hoại

Đối với các mẫu dầm không gia cường, cơ chế phá hoại là cốt thép bị chảy dẻo và bê tông bị nén vỡ. Số lượng các vết nứt trên 2 mẫu dầm B-1 và B-2 là 3 vết nứt/dầm. Các vết nứt đều nghiêng góc so với phương nằm ngang xấp xỉ 40° (hình 14A). Đối với các dầm gia cường, cơ chế phá hoại xảy ra do sự bong của lớp FRP gia cường khỏi bề mặt bê tông,



A. Mẫu không gia cường B-1

đồng thời phá hoại bê tông do bị nén vỡ. Về tình trạng nứt, các vết nứt xuất hiện đều trên cả khoảng tiết diện khảo sát, bề rộng các vết nứt nhỏ. Điều này thể hiện vai trò của lớp FRP trong việc tăng tính dẻo của dầm và góp phần phân tán các vết nứt. Góc nghiêng của các vết nứt so với phương ngang cũng xấp xỉ 35° như đối với các dầm thông thường (hình 14B).

Đánh giá hiệu quả gia cường

Bảng 4 trình bày kết quả so sánh mô men xoắn gây nứt, mô men xoắn cực hạn và góc xoay cực hạn của các mẫu được gia cường bằng tấm CFRP so với các mẫu đối chứng không gia cường. Kết quả thu được cho việc tấm CFRP gia cường tham gia chịu xoắn đã góp phần làm tăng khả năng chịu xoắn của mẫu thí nghiệm. Hiệu quả gia cường của mẫu B-5 và B-6 cao hơn so với mẫu B-3 và B-4 do có sự gia tăng về diện tích tấm gia cường CFRP. Nếu đánh giá độ dẻo của kết cấu theo tiêu chí độ lớn của góc xoay cực hạn khi các mẫu thí nghiệm bị phá hoại, có thể thấy rõ hơn hiệu quả của việc gia cường chống xoắn bằng tấm CFRP trong việc tăng độ dẻo của kết cấu. Có thể thấy rõ các tấm CFRP được bố xung quanh tiết diện chịu xoắn trong trường hợp này có tác dụng ngăn cản sự mở rộng, phát triển của các vết nứt do mô men xoắn gây ra, dẫn đến làm tăng góc xoay của kết cấu thí nghiệm.

Bảng 4. So sánh sự gia tăng của mô men xoắn gây nứt M_{cr} , mô men xoắn cực hạn M_{ul} và góc xoay cực hạn θ_{ul} của các mẫu được gia cường so với mẫu không gia cường.

Mẫu	Độ tăng M_{cr} (%)	Độ tăng M_{ul} (%)	Độ tăng θ_{ul} (%)
B-1	-	-	-
B-2	-	-	-
B-3	6,1	37,1	29,6
B-4	3,7	30,5	41,9
B-5	18,5	38,	40,6
B-6	23,5	40,5	55,3

So sánh kết quả thực nghiệm và kết quả tính toán lý thuyết

Bảng 5 trình bày kết quả so sánh giữa khả năng chịu mô



B. Mẫu gia cường B-1

Hình 14. Hình ảnh vết nứt trên các mẫu thí nghiệm không gia cường và có gia cường.

men xoắn của dầm không/có gia cường theo tính toán lý thuyết và theo thực nghiệm. Có thể thấy khả năng chịu xoắn theo tính toán lý thuyết đều nhỏ hơn so với thực nghiệm. Với các mẫu không gia cường, kết quả lý thuyết và kết quả thực nghiệm khá tương đồng. Với các mẫu được gia cường, kết quả tính toán lý thuyết theo tiêu chuẩn FIP-Bulletin chênh lệch khá nhiều so với kết quả thực nghiệm. Có thể thấy, tiêu chuẩn CEB-FIP 2010 hạn chế khá nhiều giá trị biến dạng ϵ_{fe} của tấm CFRP khi xảy ra bong tấm CFRP khỏi bề mặt bê tông và là nguyên nhân dẫn đến chênh lệch này. Việc tiến hành các nghiên cứu sâu hơn về giá trị biến dạng của tấm CFRP khi xảy ra phá hoại là vấn đề cần thiết.

Bảng 5. So sánh mô men xoắn tới hạn M_{ul} (kN.m) của các mẫu dầm theo lý thuyết và theo thực nghiệm.

Mẫu	Tính toán theo [1]	Theo thực nghiệm	Chênh lệch (%)
B-1, B-2	5,48	6,05	10,4
B-3, B-4	5,99	7,43	24,0
B-5, B-6	6,15	8,1	31,7

Kết luận

Dựa trên các kết quả nghiên cứu thu được cho phép rút ra một số kết luận sau:

- Sự làm việc của kết cấu dầm BTCT chịu xoắn được gia cường bằng FRP tuân thủ theo các giai đoạn làm việc điển hình của kết cấu dầm BTCT thông thường không được gia cường.

- Dạng phá hoại điển hình của kết cấu chịu xoắn được gia cường bằng FRP là bong tấm FRP khỏi bề mặt bê tông. Đây là dạng phá hoại điển hình của các kết cấu được gia cường bằng vật liệu này.

- Gia cường kết cấu dầm BTCT bằng CFRP cho phép tăng khả năng chịu xoắn của dầm. Tấm CFRP góp phần hạn chế sự phát triển và mở rộng của các vết nứt do mô men xoắn gây ra. Trong nghiên cứu này, khả năng chịu xoắn của kết cấu được gia cường tăng đến 40,5% so với trường hợp không gia cường. Độ dẻo của kết cấu chịu xoắn xác định dựa trên cơ sở góc xoắn cực hạn θ_{ul} tăng đáng kể trong trường hợp kết cấu được gia cường chịu xoắn.

- Kết quả tính toán gia cường kết cấu chịu xoắn theo mô hình CEB-FIP 2010 cho kết quả chênh lệch khá lớn với kết quả thực nghiệm. Nguyên nhân chính là do việc hạn chế giá trị biến dạng của tấm FRP tại thời điểm bị bong liên kết bề mặt. Cần có những nghiên cứu tiếp theo về vấn đề này.

- Trong thực tế, kết cấu dầm BTCT thường làm việc kết hợp với bản sàn BTCT đổ toàn khối. Vì vậy, việc nghiên cứu ảnh hưởng của bản sàn BTCT đến hiệu quả gia cường là một nội dung có thể tiếp tục được phát triển của hướng nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] FIP-Bulletin No14 (2001), *Externally Bonded FRP Reinforcement for RC Structures*, Comité Euro-International du Béton.
- [2] ACI 440.2R-08 (2008), *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures*, ACI Committee 440.
- [3] CEB-FIP Model Code (1990), *Design Code*, Comité Euro-International du Béton.
- [4] M. Ameli, H.R. Ronagh, P.F. Dux (2007), "Behavior of FRP strengthened reinforced concrete beams under torsion", *Journal of Composite for Construction*, **11**(2), pp.192-200.
- [5] A. Prabaghar, G. Kumaran (2013), "Theoretical Study on the Behaviour of Rectangular Concrete Beams reinforced internally with GFRP reinforcements under pure torsion", *Journal of Computation and Modelling*, **3**(1), pp.1-31.

Nghiên cứu hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên

Lê Phước Lành*, Chu Tiến Dũng, Nguyễn Thị Thu Hiền

Khoa Xây dựng dân dụng và công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng

Ngày nhận bài 15/11/2017; ngày chuyển phản biện 20/11/2017; ngày nhận phản biện 27/12/2017; ngày chấp nhận đăng 29/12/2017

Tóm tắt:

Phương pháp đánh giá cường độ bê tông bằng siêu âm là phương pháp thí nghiệm không phá hủy. Cường độ chịu nén của bê tông được xác định thông qua biểu đồ chuẩn quan hệ giữa cường độ chịu nén của bê tông và vận tốc xung siêu âm theo phương pháp truyền trực tiếp. Tùy thuộc vào vị trí của kết cấu trên công trình, khi bố trí đầu dò siêu âm thì vận tốc xung siêu âm có thể thu được kết quả theo phương pháp truyền trực tiếp hoặc truyền bán trực tiếp. Bài báo trình bày kết quả thực nghiệm xác định hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp truyền bán trực tiếp (đo góc) sang vận tốc xung siêu âm xác định bằng phương pháp truyền trực tiếp (đo xuyên) trong thí nghiệm không phá hủy.

Từ khóa: Cường độ bê tông, đo góc, đo xuyên, vận tốc xung siêu âm.

Chỉ số phân loại: 2.1

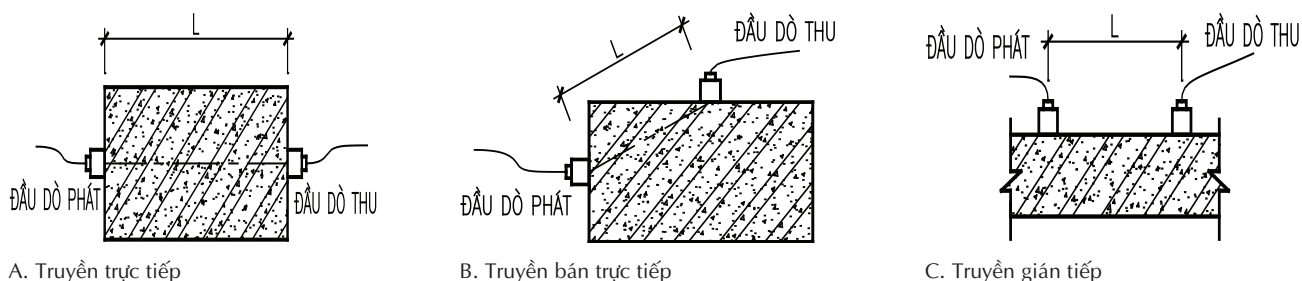
Đặt vấn đề

Công tác kiểm định chất lượng công trình đóng vai trò quan trọng, phục vụ yêu cầu quản lý kỹ thuật và an toàn trong quá trình thi công xây dựng công trình, cũng như đánh giá mức độ an toàn của các công trình đang khai thác sử dụng. Hiện nay, có 2 nhóm kỹ thuật được áp dụng khi kiểm định chất lượng công trình xây dựng là kỹ thuật phá hủy và kỹ thuật không phá hủy. Với kỹ thuật phá hủy, sau khi thí nghiệm đối tượng sẽ bị phá hủy và không thể tiếp tục sử dụng, đặt ra yêu cầu phải có kỹ thuật không phá hủy. Các phương pháp kỹ thuật không phá hủy cho phép khảo sát trên diện tích rộng, có thể lặp đi lặp lại một phép thử trên cùng một đối tượng thí nghiệm mà không làm ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của kết cấu. Phương pháp siêu âm bê tông là một trong các phương pháp thí nghiệm trong kỹ thuật không phá hủy được sử dụng rộng rãi [1].

Nguyên lý của phương pháp siêu âm là dựa trên sự lan truyền sóng cơ học có tần số thấp (thông thường dưới 300 kHz) truyền đi trong môi trường vật chất có tính chất đàn hồi [2]. Thí nghiệm tiến hành đo vận tốc xung siêu âm truyền đi trong bê tông được xác định thông qua thời gian truyền sóng T và chiều dài truyền sóng L (khoảng cách giữa tâm hai đầu dò) [3]. Thực tế, vận tốc xung siêu âm trong bê tông có thể được xác định bằng một trong ba phương pháp đo sau đây, tùy thuộc vào cách bố trí các đầu dò của máy siêu âm: Truyền trực tiếp (đo xuyên); truyền bán trực tiếp (đo góc); truyền gián tiếp (đo mặt).

- Truyền trực tiếp (đo xuyên): Hai đầu dò của máy siêu âm được bố trí trên hai mặt đối diện của đối tượng thí nghiệm và đồng trục với nhau (hình 1 A).

- Truyền bán trực tiếp (đo góc): Hai đầu dò của máy siêu âm được bố trí trên hai mặt vuông góc với nhau của



Hình 1: Các phương pháp đo vận tốc xung siêu âm.

*Tác giả liên hệ: Email: lanhlp@nuce.edu.vn

The conversion factor of ultrasonic pulse velocity from angle testing to direct testing

Phuoc Lanh Le*, Tien Dung Chu,
Thi Thu Hien Nguyen

Civil and Industrial of Construction Engineering, National University of
Civil Engineering

Received 15 November 2017; accepted 29 December 2017

Abstract:

The assessment of the concrete strength using the ultrasonic pulse velocity is a nondestructive testing method. The strength of concrete shall be determined from the relationship diagram between the concrete strength and the ultrasonic pulse velocity using the direct transmission method. Depending on the location of the structure and the ultrasonic head, ultrasonic pulse velocity could be obtained by the direct or semi-direct transmission methods. This paper aims to present the empirical conversion factor for the relationship of ultrasonic pulse velocity in concrete between semi-direct transmission method (angle testing) and direct transmission method (direct testing) in a nondestructive laboratory.

Keywords: Angle testing, concrete strength, direct testing, ultrasonic pulse velocity.

Classification number: 2.1

đối tượng thí nghiệm, như trường hợp cấu kiện dầm bê tông cốt thép (BTCT) ở vị trí góc tiếp giáp với tường (hình 1 B).

- Truyền gián tiếp (do mặt): Hai đầu dò của máy siêu âm đặt trên cùng một bề mặt của kết cấu. Trường hợp này áp dụng khi bê tông chỉ lộ một bề mặt như cấu kiện sàn, cột BTCT tiếp giáp với tường (hình 1C).

Khi kiểm định chất lượng công trình BTCT, phương pháp siêu âm bê tông cho phép đánh giá cường độ chịu nén của bê tông hiện trường. Theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9335:2012 [4], cường độ chịu nén của bê tông được xác định thông qua biểu đồ chuẩn thể hiện mối quan hệ giữa cường độ bê tông với vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo xuyên và trị số súng bật nảy.

Trong thực tế, không phải lúc nào cũng thu được vận tốc

xung siêu âm bằng phương pháp đo xuyên. Đa số các trường hợp, phải đặt đầu dò của máy siêu âm theo phương pháp đo mặt và phương pháp đo góc. Tuy nhiên, Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9357:2012 [5] chưa đề cập đến hệ số chuyển đổi của vận tốc xung siêu âm từ phép đo góc, đo mặt sang phép đo xuyên, cũng chưa có nghiên cứu trong nước đề cập đến vấn đề này. Năm 2016, tài liệu [6] đã trình bày kết quả nghiên cứu hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo mặt về phương pháp đo xuyên là $K = 1,469$ cho bê tông từ mức M200 đến mức M300. Tuy nhiên, hiện nay các công trình nhà cao tầng thường sử dụng bê tông cường độ (mức) cao nên việc khảo sát nghiên cứu thực nghiệm hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên trong trường hợp phổ biến còn lại để phục vụ cho công tác kiểm định chất lượng các công trình nhà cao tầng là rất cần thiết.

Phương pháp nghiên cứu

Cơ sở lý thuyết

Nghiên cứu thực nghiệm, đo đạc các số liệu thực tế trên các mẫu thí nghiệm được thiết kế với các mức bê tông khác nhau, và được chế tạo từ bê tông thương phẩm cung cấp cho một công trình thực tế. Tiến hành đo vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc và phương pháp đo xuyên trên cùng một mẫu thí nghiệm.

Khi đó, hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên (K) của một mức bê tông được xác định theo công thức (1).

$$K = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n K_i \quad (1)$$

Trong đó, K_i là hệ số chuyển đổi được xác định theo kết quả thí nghiệm của mẫu thứ i , tính theo công thức (2).

$$K_i = \frac{V_{xi}}{V_{gi}} \quad (2)$$

Với V_{xi} là vận tốc trung bình của mẫu thứ i , đo bằng phương pháp đo xuyên; V_{gi} là vận tốc trung bình của mẫu thứ i , đo bằng phương pháp đo góc; n là số lượng mẫu thí nghiệm của cùng một mức bê tông nghiên cứu.

Hệ số biến động của hệ số chuyển đổi (K) giữa các loại mức bê tông khác nhau được xác định theo công thức (3).

$$\nu_K = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^m (K_j - K_{tb})^2}}{\frac{m-1}{K_{tb}}} \times 100\% \quad (3)$$

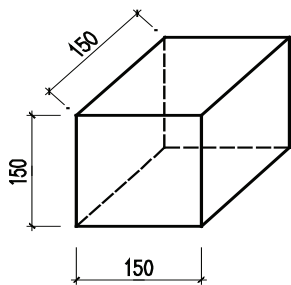
Trong đó, K_j là hệ số chuyển đổi của loại mức bê tông

thứ j ; K_{tb} là hệ số chuyển đổi trung bình của các loại mác bê tông; m là số lượng loại mác bê tông nghiên cứu.

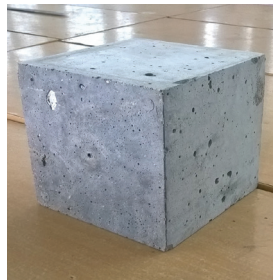
Nghiên cứu thực nghiệm hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên (K)

Cấu tạo mẫu bê tông thí nghiệm:

Thí nghiệm được thực hiện trên các mẫu bê tông hình lập phương có kích thước cạnh $a = 150$ mm (hình 2). Các mẫu bê tông nghiên cứu được chế tạo từ bê tông thương phẩm, bằng các loại bê tông được thiết kế cấp phối các mác M250, M300, M350, M400. Quy trình chế tạo và bảo dưỡng mẫu được thực hiện theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3105:1993 [7]. Số lượng mẫu thí nghiệm cho mỗi loại mác bê tông nghiên cứu là 12.



A. Kích thước mẫu thí nghiệm



B. Hình ảnh mẫu thí nghiệm

Hình 2. Mẫu bê tông thí nghiệm.

Dụng cụ và thiết bị thí nghiệm:

Vận tốc xung siêu âm bê tông được đo bằng máy siêu âm nhãn hiệu TICO với tần số $f = 54$ kHz. Các bộ phận chủ yếu của thiết bị bao gồm bộ phận tạo xung điện; hai đầu dò (đầu phát và đầu thu), mỗi đầu dò có đường kính là 20 mm; bộ phận khuếch đại và bộ phận thiết bị điện đếm thời gian (hình 3A). Trước khi thí nghiệm, tiến hành hiệu chỉnh thiết bị máy siêu âm để không làm ảnh hưởng đến kết quả đo, bằng cách sử dụng thanh chuẩn đã biết trước thời gian truyền sóng trong đó là 20,4 μ s (hình 3B).



A. Máy siêu âm với đầu dò 20 mm



B. Hiệu chỉnh máy siêu âm TICO

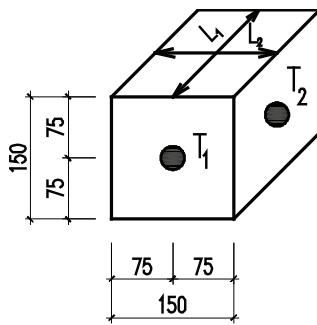
Hình 3. Máy siêu âm bê tông TICO.

Quy trình thí nghiệm:

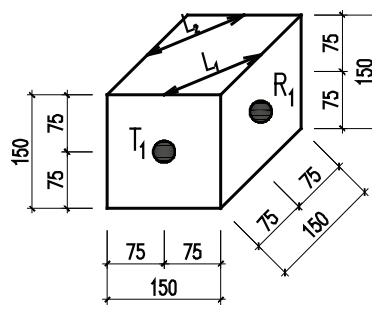
Chiều dài đường truyền sóng siêu âm: Theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9357:2012 [5], chiều dài đường truyền tối thiểu là 100 mm đối với bê tông dùng cốt liệu thô 20 mm và dài tối thiểu là 150 mm đối với bê tông dùng cốt liệu thô từ 20 mm đến 40 mm. Với bề mặt không được tạo hình bằng ván khuôn thì dùng đường truyền tối thiểu là 150 mm khi truyền trực tiếp và tối thiểu là 400 mm khi truyền gián tiếp. Mặt khác, khi thay đổi chiều dài đường truyền vận tốc xung không bị ảnh hưởng nhiều, sự thay đổi là rất nhỏ và nằm trong phạm vi độ chính xác của phép đo [5]. Do vậy, trong phạm vi nghiên cứu thí nghiệm trên ưu tiên cùng cấu trúc bê tông, để thí nghiệm được hai phép đo trên cùng 1 mẫu thí nghiệm thì lựa chọn chiều dài đường truyền sóng theo phương pháp đo xuyên là $L = 150$ mm và theo phương pháp đo góc là $L = 150 / \sqrt{2}$ mm.

Đo vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc và phương pháp đo xuyên: Mỗi loại mác bê tông chế tạo, lấy 12 mẫu bê tông hình lập phương có kích thước hình học cạnh $a = 150$ mm. Tiến hành thực hiện đo vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo xuyên và theo phương pháp đo góc trên cùng một mẫu thí nghiệm. Đặt khoảng cách giữa tâm đầu dò phát và tâm đầu dò thu theo phương pháp đo góc và đo xuyên lần lượt là $L = 150 / \sqrt{2}$ mm và $L = 150$ mm. Mỗi một phương pháp đo trên đều được đo tại hai vị trí được tiếp giáp với ván khuôn của mẫu thí nghiệm. Tại mỗi một vị trí của phương pháp đo góc thì đặt đầu dò phát (T) và đầu dò thu (R) nằm trên 2 trục vuông góc với nhau (hình 4B), phương pháp đo xuyên thì đặt đầu dò phát (T) đồng trục với đầu dò thu (R) (hình 4A).

Bề mặt bê tông tại các vị trí đo được làm phẳng, nhẵn và sử dụng mỡ công nghiệp làm chất đệm truyền âm tại các điểm đặt đầu dò, nhằm loại bỏ hết không khí giữa các đầu dò và bề mặt bê tông (hình 4C).



A. Các vị trí đo xuyên



B. Các vị trí đo góc



C. Hình ảnh thí nghiệm

Hình 4. Quy trình đo vận tốc xung siêu âm.

Tổng hợp và phân tích kết quả thí nghiệm

Thực hiện quy trình thí nghiệm siêu âm bê tông nêu trên thu được kết quả thể hiện ở các bảng 1, 2. Tổng hợp hệ số chuyển đổi được thể hiện trong bảng 3. Kết quả cường độ chịu nén thực tế của các mẫu bê tông hình lập phương trên, sau khi thực hiện xong thí nghiệm siêu âm thì được thí nghiệm nén đến trạng thái phá hủy thể hiện trong bảng 4.

Kết quả tổng hợp ở bảng 3 cho thấy, hệ số chuyển đổi (K) của 4 loại mác bê tông được nghiên cứu đều lớn hơn 1 và có hệ số biến động của hệ số chuyển đổi (K) giữa các loại mác bê tông là $v_K = 0,28\%$.

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm trên bê tông được thiết kế các mác M250 và M300.

Siêu âm bê tông mác thiết kế M250					Siêu âm bê tông mác thiết kế M300				
Mẫu thí nghiệm	Đo xuyên	Đo góc	K_i	K_j	Đo xuyên	Đo góc	K_i	K_j	
	V_{xi} [m/s]	V_{gi} [m/s]			V_{xi} [m/s]	V_{gi} [m/s]			
Mẫu 1	4231,7	3965,1	1,067	1,035	4431,4	4277,1	1,036	1,032	
Mẫu 2	4380,4	4356,1	1,006		4386,6	4197,7	1,045		
Mẫu 3	4445,3	4096,2	1,085		4411,8	4259,8	1,036		
Mẫu 4	4341,6	4041,0	1,074		4511,8	4338,3	1,040		
Mẫu 5	4279,7	4152,1	1,031		4360,7	4234,2	1,030		
Mẫu 6	4405,4	4268,7	1,032		4471,0	4347,1	1,029		
Mẫu 7	4237,6	4234,4	1,001		4431,4	4356,1	1,017		
Mẫu 8	4329,1	4312,0	1,004		4386,0	4294,3	1,021		
Mẫu 9	4354,3	4184,3	1,041		4354,2	4234,4	1,028		
Mẫu 10	4178,8	4027,1	1,038		4437,9	4287,6	1,035		
Mẫu 11	4178,3	4168,1	1,002		4196,5	4050,5	1,036		
Mẫu 12	4274,8	4103,5	1,042		4202,5	4081,0	1,030		
Trung bình	4303,1	4159,0			4381,8	4246,5			

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm trên bê tông được thiết kế các mác M350 và M400.

Siêu âm bê tông mác thiết kế M350				Siêu âm bê tông mác thiết kế M400				
Mẫu thí nghiệm	Đo xuyên	Đo góc	K_i	K_j	Đo xuyên	Đo góc	K_i	K_j
	V_{xi} [m/s]	V_{gi} [m/s]			V_{xi} [m/s]	V_{gi} [m/s]		
Mẫu 1	4431,8	4285,9	1,034	1,031	4545,5	4486,5	1,013	1,028
Mẫu 2	4478,0	4392,0	1,020		4573,9	4438,0	1,031	
Mẫu 3	4379,8	4242,7	1,032		4680,8	4536,8	1,032	
Mẫu 4	4398,9	4329,3	1,016		4616,5	4430,2	1,042	
Mẫu 5	4405,8	4320,6	1,020		4559,5	4466,9	1,021	
Mẫu 6	4538,9	4303,4	1,055		4526,7	4365,0	1,037	
Mẫu 7	4497,9	4438,0	1,013		4560,8	4478,3	1,018	
Mẫu 8	4498,0	4285,6	1,050		4497,9	4449,6	1,011	
Mẫu 9	4497,9	4366,1	1,030		4588,3	4430,2	1,036	
Mẫu 10	4424,9	4329,9	1,022		4497,8	4365,0	1,030	
Mẫu 11	4424,9	4161,8	1,063		4497,9	4347,0	1,035	
Mẫu 12	4380,4	4286,4	1,022		4477,8	4329,2	1,034	
Trung bình	4446,4	4311,8			4551,9	4426,9		

Bảng 3. Tổng hợp kết quả hệ số chuyển đổi (K).

STT	Mác bê tông	K_j	K_{tb}	Hệ số biến động v_K [%]
1	M250	1,035	1,032	0,28
2	M300	1,032		
3	M350	1,031		
4	M400	1,028	1,469	1,03

Bảng 4. Cường độ chịu nén thực tế của các mẫu bê tông trong thí nghiệm.

Mẫu thí nghiệm	Cường độ chịu nén của bê tông R_b [daN/cm ²]			
	Mức thiết kế M250	Mức thiết kế M300	Mức thiết kế M350	Mức thiết kế M400
Mẫu 1	257	325	372	412
Mẫu 2	275	319	375	420
Mẫu 3	280	322	350	428
Mẫu 4	270	338	360	426
Mẫu 5	263	310	365	415
Mẫu 6	278	335	385	410
Mẫu 7	258	328	378	418
Mẫu 8	268	315	380	405
Mẫu 9	273	308	376	421
Mẫu 10	254	330	368	409
Mẫu 11	252	302	369	408
Mẫu 12	260	305	352	400
Cường độ chịu nén trung bình R_{tb} [daN/cm ²]	267	320	369	414
Kết luận	Đạt mức M250	Đạt mức M300	Đạt mức M350	Đạt mức M400

Kết quả thu được ở bảng 4 cho thấy, các mẫu bê tông thí nghiệm trong nghiên cứu này có cường độ chịu nén đạt mức thiết kế.

Kết luận và kiến nghị

Những kết quả thu được từ nghiên cứu thực nghiệm cho phép khảo sát được hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm từ phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên đối với một số loại bê tông được sử dụng phổ biến trong kết cấu BTCT (M250, M300, M350 và M400). Từ đó, có thể rút ra được một số kết luận sau:

- Bê tông được chế tạo với mức càng cao thì vận tốc xung siêu âm đo theo phương pháp đo xuyên và đo góc càng lớn.

- Vận tốc xung siêu âm đo theo phương pháp đo xuyên cao hơn so với vận tốc xung siêu âm đo theo phương pháp đo góc. Như vậy, phương pháp đo xuyên có năng lượng truyền qua đầu dò đạt mức lớn nhất.

- Nghiên cứu này cho thấy, hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên của các loại bê tông được nghiên cứu có giá trị trung bình $K_{tb} = 1,032$, với hệ số biến động là $v_K = 0,28\%$.

Như vậy, với các kết quả nghiên cứu thực nghiệm trong khuôn khổ bài báo, có thể kiến nghị lấy giá trị hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên là $K = 1,032$ cho các loại bê tông có mức bê tông từ M250 đến M400. Tuy nhiên, cần có các nghiên cứu rộng thêm để củng cố thêm độ tin cậy cho trị số K đối với bê tông cùng mức nhưng được thiết kế cấp phối và thi công ở các khu vực khác nhau với các nguồn cốt liệu khác nhau ở Việt Nam. Ngoài ra, ảnh hưởng của thiết bị truyền sóng khác với thiết bị sử dụng trong thí nghiệm cũng cần được tính đến khi xác định hệ số K bằng thực nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] EN 12504-2 (2001), *Testing concrete in structures - Part 2: Non-destructive testing - Determination of rebound number*.
- [2] ASTM C597-09 (2008), *Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*, American Concrete Institute.
- [3] EN 12504-4 (2005), *Testing concrete - Part 4: Determination of ultrasonic pulse velocity*.
- [4] TCVN 9335 (2012), *Bê tông nặng - Phương pháp thử không phá hủy - Xác định cường độ chịu nén sử dụng kết hợp máy đo siêu âm và súng bật nảy*.
- [5] TCVN 9357 (2012), *Bê tông nặng - Phương pháp thử không phá hủy - Đánh giá chất lượng bê tông bằng vận tốc xung siêu âm*.
- [6] Lê Phước Lành (2016), “Xác định hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo mặt về phương pháp đo xuyên”, *Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học và công nghệ Trường Đại học Xây dựng*.
- [7] TCVN 3105 (1993), *Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử bê tông*.

Nghiên cứu tạo xanthan khối lượng phân tử thấp bằng phương pháp chiếu xạ

Trần Minh Quỳnh*, Nguyễn Văn Bình, Trần Xuân An

Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội

Ngày nhận bài 18/12/2017; ngày chuyển phản biện 25/12/2017; ngày nhận phản biện 31/1/2018; ngày chấp nhận đăng 8/2/2018

Tóm tắt:

Trong nghiên cứu này, dung dịch xanthan 2% được chiếu xạ với các liều chiếu khác nhau từ 25 đến 150 kGy để xác định liều chiếu xạ cần thiết tạo sản phẩm xanthan có khối lượng phân tử thấp ứng dụng làm chất bám dính nhằm tăng hiệu quả sử dụng của phân bón lá. Ảnh hưởng của bức xạ gamma ở các liều xạ khác nhau đến một số đặc trưng cấu trúc của xanthan cũng được phân tích. Kết quả cho thấy, xử lý chiếu xạ đã làm giảm đáng kể độ nhớt, khối lượng phân tử, tính bền nhiệt cũng như khả năng bám dính của dung dịch xanthan.

Từ khóa: Chiếu xạ tia gamma, độ nhớt, khối lượng phân tử thấp, tính bám dính, xanthan.

Chỉ số phân loại: 2.4

Preparation of low molecular weight xanthan by gamma radiation degradation

Minh Quỳnh Tran*, Van Binh Nguyen, Xuan An Tran

Hanoi Irradiation Centre

Received 18 December 2017; accepted 8 February 2018

Abstract:

In this study, 2% xanthan solutions were irradiated at doses ranging from 25 to 150 kGy for estimating the dose required to prepare low molecular weight xanthan that can be utilized as the bio-adhesive supplemented to foliar fertilizers to improve their effectiveness. The results revealed that viscosity and average molecular weight of commercial xanthan were quickly reduced by irradiation at 25 kGy, then slower reduced with the doses up to 150 kGy. Thermal stability and adhesion capacity of the irradiated xanthan also decreased by radiation degradation.

Keywords: Adhesion, gamma irradiation, low molecular weight, viscosity, xanthan.

Classification number: 2.4

Đặt vấn đề

Xanthan là một polysaccharide được sinh tổng hợp bởi *Xanthomonas campestris*, một loài vi khuẩn gây ra bệnh mục đen (Black rot) trên rau cải, súp lơ và các loại rau lá mỏng khác. Xanthan thành phẩm thu nhận được từ quá trình lên men carbohydrate với *X. campestris* và tinh chế bằng ethanol hoặc isopropanol trước khi sấy khô và nghiền thành dạng bột. Nhờ khả năng tan tốt trong nước thành dung dịch có độ nhớt rất cao, xanthan đã được sử dụng như chất bám dính trong nhiều ứng dụng khác nhau, từ công nghiệp thực phẩm đến hóa chất nông nghiệp và công nghiệp khác như công nghiệp dệt, gốm sứ, sơn, dầu khí [1]. Tuy nhiên, độ nhớt dung dịch cao phần nào ảnh hưởng đến khả năng hòa tan và ứng dụng của polymer này trong thực tiễn.

Ngày nay, công nghệ bức xạ đã được nghiên cứu và sử dụng rộng rãi để biến đổi đặc tính vật liệu polyme theo mục đích ứng dụng. Xanthan là một polysaccharide tự nhiên có tính tương hợp sinh học và khả năng bám dính tốt nên được dùng nhiều trong công nghiệp thực phẩm, dược phẩm, dầu mỏ... Gần đây, kỹ thuật chiếu xạ cắt mạch đã được áp dụng với các polysaccharide tự nhiên để tạo các phân đoạn khối lượng phân tử (KLPT) thấp, có khả năng tan nước và hoạt tính sinh học cải thiện, nhằm sản xuất các chế phẩm kích thích sinh trưởng, kích kháng bệnh thực vật dùng trong nông nghiệp [2-4]. Tương tự như các polysaccharide khác, chiếu xạ cũng có thể cắt mạch xanthan và làm tăng tính tan trong nước cũng như khả năng ứng dụng nó trong thực tiễn [4]. Kết quả nghiên cứu của Li và cs cho thấy, khi xử lý

*Tác giả liên hệ: Email: tmquynh@yahoo.com

chiếu xạ xanthan ở liều 40 kGy đã làm tăng khả năng tạo độ sánh cho ứng dụng làm chất ổn định trong thực phẩm [5]. Một tác giả khác cũng chỉ ra rằng, chiếu xạ liều 45 kGy làm giảm độ nhớt và KLPT của xanthan, làm cho xanthan chiếu xạ dễ hòa tan trong nước hơn [6]. Kết quả nghiên cứu của Li và cs đối với xanthan chiếu xạ ở dạng bột khô trong dải liều 0-500 kGy trên nguồn gamma Co-60 đã cho thấy, có sự suy giảm KLPT từ $1,71-2,23 \times 10^6 \text{ g.mol}^{-1}$ ở liều 10 kGy xuống còn $1,59 \times 10^4 \text{ g.mol}^{-1}$ ở liều 500 kGy [4]. Tương tự, nghiên cứu trước đây của chúng tôi cũng xác nhận rằng, chiếu xạ ở dạng khô hay dạng “paste” đều làm giảm KLPT và độ nhớt của xanthan [7]. Tuy nhiên, để có được chế phẩm xanthan KLPT thấp dưới 10^5 g.mol^{-1} cần phải chiếu xạ cao, làm tăng chi phí và hạn chế khả năng ứng dụng thực tiễn. Việc bổ sung các chất phụ gia như chất nhay bức xạ đã được chứng minh là có thể làm tăng hiệu quả cắt mạch bức xạ [8], chẳng hạn như hydro peoxit (H_2O_2) có thể được bổ sung vào dung dịch chitosan, alginate để tăng hiệu quả cắt mạch bức xạ đối với chúng [9]. Dung dịch H_2O_2 5% cũng được sử dụng để làm tăng hiệu quả cắt mạch trong nghiên cứu gần đây của chúng tôi, kết quả cho thấy chỉ cần liều chiếu khoảng 30 kGy có thể giảm KLPT của xanthan xuống còn một nửa, song dường như cấu trúc phân tử polyme không bị ảnh hưởng khi liều chiếu tiếp tục tăng đến 50 kGy [10]. Với mục đích tạo được xanthan KLPT thấp dưới 10^5 g.mol^{-1} mà không cần áp dụng liều chiếu quá cao, trong nghiên cứu này, dung dịch xanthan đã được sử dụng và ảnh hưởng của liều chiếu đến độ nhớt, KLPT trung bình nhớt, cũng như tính bền nhiệt của nó đã được khảo sát.

Nội dung nghiên cứu

Vật liệu

Xanthan thương mại dạng bột được cung cấp bởi Công ty TNHH công nghệ Ba Đình. Các hóa chất tinh khiết KCl, NaCl, H_2O_2 , CaCl_2 được mua từ Hãng Merck (Đức).

Chuẩn bị mẫu xanthan và xử lý chiếu xạ

Dung dịch xanthan 2% được hòa tan trong nước khử ion bằng cách khuấy qua đêm, được chia đều vào các chai đựng mẫu kín và chiếu xạ các liều 25, 50, 75, 100 và 150 kGy, với cùng suất liều. Sau khi chiếu xạ, dung dịch xanthan được bảo quản trong tủ mát và sử dụng như dung dịch gốc cho các thí nghiệm tiếp theo.

Xác định độ nhớt và KLPT trung bình nhớt của xanthan

Độ nhớt của xanthan được xác định bằng máy đo độ nhớt (Brookfield, Anh). Các dung dịch xanthan 5% được chuẩn bị từ dung dịch gốc, khuấy đều với tốc độ 100 vòng/phút trong 30 phút để ổn định. Độ nhớt của dung dịch được

đo bằng đầu đo LV2 tốc độ 100 vòng/phút ở nhiệt độ phòng ($\sim 24^\circ\text{C}$).

KLPT trung bình nhớt (M_v) của xanthan được tính từ độ nhớt thực $[\eta]$ của nó theo phương trình Mark-Houwink:

$$[\eta] = K \times [M_v]^a \quad (1)$$

Trong đó: $K = 2,79 \times 10^{-5}$, $a = 1,2754$ đối với dung dịch xanthan pha trong dung môi NaCl 0,1 M ở 25°C theo Millas và cs [11]. Giá trị độ nhớt thực $[\eta]$ được xác định bằng thực nghiệm từ độ nhớt tương đối của các dung dịch polyme loãng.

Phân tích đặc tính của xanthan chiếu xạ

Khả năng bám dính của xanthan trên bề mặt phẳng nhẵn của màng mỏng (mica) được xác định theo phương pháp đã mô tả của Stock và cs [12]. Trong đó, các tấm màng kích thước $10 \times 10 \times 0,1 \text{ cm}$ được sử dụng để đánh giá khả năng bám dính của dung dịch xanthan. Đầu tiên, tấm màng mỏng khối lượng (M_0) được nhúng chìm trong dung dịch xanthan 0,5% trong 3 phút. Sau đó nhấc ra, để trên giá sạch và thổi không khí sạch trong 20 phút để làm khô. Cân xác định khối lượng tấm mica thu được sau khi được nhúng vào dung dịch xanthan (M_s). Rửa sạch vài lần bằng nước cất, tiếp tục làm khô trong 20 phút, và cân khối lượng mẫu sau khi rửa trôi (M_c).

Độ bám dính được tính bằng lượng dung dịch xanthan bám trên các tấm mica theo công thức sau:

$$\text{Khối lượng bám dính (A)} = M_s - M_0 \quad (2)$$

$$\text{Khối lượng bám dính sau rửa trôi (B)} = M_c - M_0 \quad (3)$$

Tính bền nhiệt của xanthan chiếu xạ liều 25, 100 kGy và xanthan ban đầu được đánh giá trên thiết bị phân tích nhiệt trọng lực (TGA) từ 50 đến 500°C dưới dòng khí nitơ, với tốc độ gia nhiệt 10°C mỗi phút.

Kết quả và thảo luận

Ảnh hưởng của chiếu xạ đến độ nhớt của xanthan

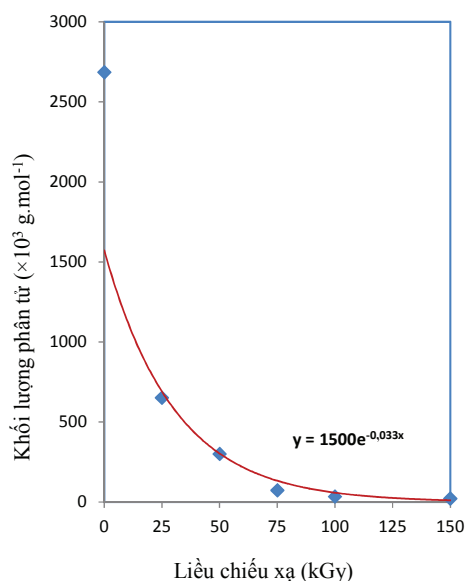
Bảng 1. Độ nhớt của xanthan khi xử lý chiếu xạ dạng bột khô.

STT	Liều xạ (kGy)	Độ nhớt (cP)
1	0	467,30±9,10
2	25	10,10±0,31
3	50	4,12±0,23
4	75	3,25±0,12
5	100	3,17±0,07
6	150	2,91±0,08

Kết quả ở bảng 1 cho thấy, độ nhớt của dung dịch giảm mạnh theo liều chiếu từ 476,3 cP đối với xanthan ban đầu xuống còn 10,1 cP khi chiếu xạ liều khử trùng 25 kGy. Sau đó độ nhớt giảm chậm lại khi liều chiếu tiếp tục tăng đến 150 kGy, cụ thể giảm xuống còn 2,91 cP khi chiếu với liều xạ 150 kGy. Kết quả này cho thấy hiệu suất cắt mạch đối với dung dịch xanthan là cao hơn nhiều so với xanthan chiếu xạ ở trạng thái khô [7]. Điều này có thể là do sự phân ly phóng xạ của nước có trong dung dịch đã tạo ra một lượng đáng kể các gốc tự do, tiếp tục ion hóa và gia tăng mức độ phân hủy bức xạ của xanthan.

Ảnh hưởng chiếu xạ đến KLPT của xanthan

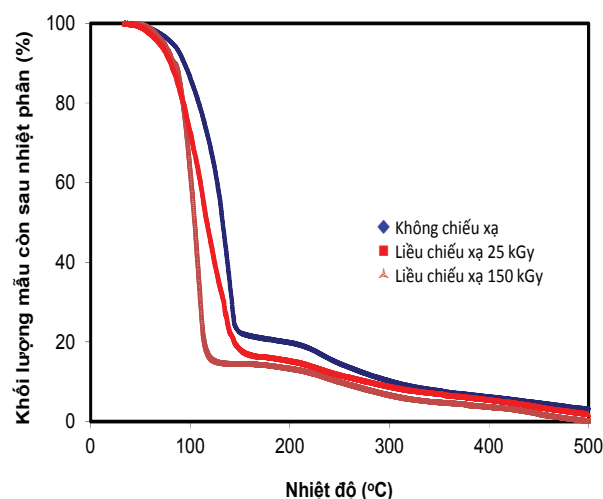
Trong nghiên cứu này, độ nhớt thực của xanthan chiếu xạ được ngoại suy và KLPT trung bình nhớt được xác định theo liều chiếu được trình bày ở hình 1. Có thể thấy rằng, KLPT trung bình nhớt của xanthan chiếu xạ dạng dung dịch giảm nhanh ngay khi chiếu xạ liều thấp dưới 25 kGy, sau đó KLPT trung bình nhớt giảm chậm lại, cụ thể là KLPT trung bình nhớt giảm từ khoảng 2.700.000 xuống còn 650.000 g.mol⁻¹ khi chiếu liều 25 kGy và giảm tiếp xuống còn khoảng 12.000 g.mol⁻¹ khi liều chiếu xạ tăng đến 150 kGy. Điều này chứng tỏ rằng, tia gamma đã gây ra sự cắt mạch xanthan, làm hình thành các phân đoạn polyme ngắn hơn, có KLPT thấp hơn và có tính linh động cao hơn. Sự giảm KLPT theo liều chiếu chứng tỏ tác dụng của bức xạ đối với xanthan chỉ là cắt mạch mà không tồn tại sự khâu mạch như xảy ra đối với một số polyme hướng khâu mạch. Trong môi trường có nước, các gốc tự do tạo ra do xạ phân nước cũng có thể gây ion hóa tại bất kỳ nguyên tử cacbon nào trong phân tử polyme. Theo Ulanski và Rosiak, năng lượng bức xạ làm đứt gãy các cầu liên kết trong mạch phân tử polyme,



Hình 1. Ảnh hưởng của chiếu xạ đến KLPT trung bình nhớt của xanthan

làm giảm kích thước phân tử, và như vậy làm giảm độ nhớt và KLPT của chúng [13]. Murat Sen và cs cũng đã chỉ ra sự suy giảm KLPT trung bình khi liều chiếu tăng, song sự giảm KLPT xanthan trong nghiên cứu của họ là chậm hơn do họ chiếu xạ xanthan dạng bột [6]. Bằng cách làm khớp kết quả với phương trình như trong đồ thị, có thể tính được liều chiếu xạ cần thiết để thu được xanthan có KLPT trong khoảng xác định, chẳng hạn với liều chiếu 100 kGy có thể thu được sản phẩm xanthan cắt mạch có KLPT trung bình khoảng 40 g.mol⁻¹.

Ảnh hưởng của bức xạ đến tính bền nhiệt của xanthan



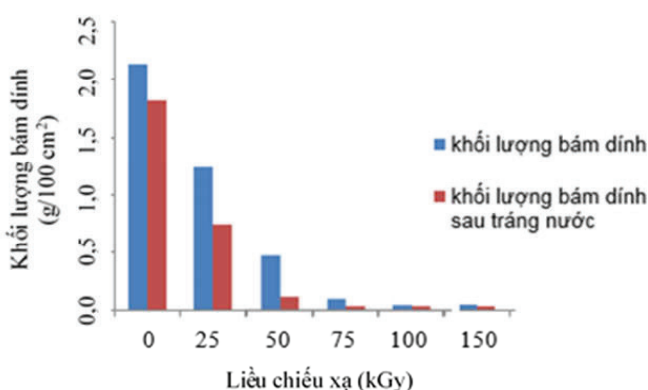
Hình 2. Giảm đồ nhiệt trọng lượng (TGA) của xanthan và xanthan chiếu xạ

Dung dịch xanthan chiếu xạ đã được làm khô trong tủ sấy chân không ở 40°C. Lốp màng hình thành được nghiền mịn và tính bền nhiệt được xác định bằng cách phân tích giảm đồ nhiệt trọng lượng. Kết quả phân tích TGA đối với xanthan và xanthan chiếu xạ được trình bày ở hình 2. Có thể thấy rằng, tất cả các mẫu xanthan đều bắt đầu bị nhiệt phân ở nhiệt độ tương đối thấp, tốc độ nhiệt phân nhanh chóng tăng lên làm cho khối lượng mẫu giảm. Quá trình này giảm chậm lại khi nhiệt độ tiếp tục tăng lên. Sau khi chiếu xạ, tính bền nhiệt của xanthan giảm mạnh. Tốc độ phân hủy do nhiệt của xanthan chiếu xạ liều 150 kGy là lớn nhất, và khối lượng xanthan chiếu xạ còn lại sau nhiệt phân nhanh chóng giảm xuống ngay ở nhiệt độ khoảng 120°C (đường đỏ gạch), trong khi xanthan không chiếu xạ mới chỉ bị phân hủy rất ít và vẫn còn khoảng 20% ở nhiệt độ 200°C (đường xanh). Điều này chứng tỏ xanthan đã bị phân hủy thành các phân đoạn ngắn hơn với tính bền nhiệt kém hơn nhiều.

Một số nghiên cứu gần đây cũng cho thấy tính bền nhiệt

của xanthan giảm mạnh khi chiếu xạ dù có sự khác biệt đáng kể về tính bền nhiệt của xanthan ban đầu [11]. Điều này là do các mẫu xanthan của họ không giống như sản phẩm thương mại trong nghiên cứu này. Đánh giá sự thay đổi đặc tính cấu trúc của xanthan khi xử lý chiếu xạ dung dịch xanthan trên nguồn Co-60, Li và Cs cũng đã chỉ rõ sự suy giảm KLPT của xanthan trong khi cấu trúc của nó dường như không bị ảnh hưởng như chỉ ra bởi kết quả phân tích phổ hồng ngoại FTIR và XRD [4].

Ảnh hưởng của chiếu xạ đến tính bám dính của xanthan



Hình 3. Khả năng bám dính trên tấm mica của dung dịch xanthan 0,5%.

Kết quả trên hình 3 cho thấy, khả năng bám dính trên bề mặt mica diện tích 100 cm² của các dung dịch xanthan chiếu xạ phụ thuộc vào liều chiếu xạ. Khi liều chiếu xạ tăng, khả năng bám dính trên tấm mica của dung dịch xanthan giảm, cụ thể từ 2,14 g của xanthan ban đầu xuống 1,32 g với xanthan chiếu xạ liều 25 kGy. Khối lượng bám dính của xanthan chiếu xạ ở liều chiếu cao giảm mạnh và chỉ còn khoảng 0,03 g đối với dung dịch xanthan chiếu xạ liều trên 100 kGy, mặc dù vẫn quan sát được một lượng mẫu rất nhỏ bám trên bề mặt tấm mica. Kết quả phân tích cũng cho thấy lượng chất bám dính tiếp tục giảm xuống khi nhúng nước, nghĩa là có thể bị rửa trôi do nước mưa khi áp dụng trong thực tế.

Kết luận

Xử lý chiếu xạ làm KLPT và độ nhớt của xanthan giảm mạnh. Từ các kết quả thu được, có thể tạo được các sản phẩm xanthan cắt mạch có khả năng hòa tan tốt trong nước, có KLPT trong khoảng nhất định cho ứng dụng thực tiễn từ sản phẩm thương mại bằng cách chiếu xạ với liều chiếu tương ứng. Kết quả phân tích cũng cho thấy, chiếu xạ đã ảnh

hưởng đáng kể đến tính bền nhiệt và khả năng bám dính của xanthan. Các phân đoạn xanthan chiếu xạ với tính tan cải thiện và tính bám dính tốt có thể sử dụng làm chất kết dính để giảm rửa trôi của hóa chất bảo vệ thực vật sau khi phun.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm nghiên cứu chân thành cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ đã hỗ trợ kinh phí thông qua đề tài nghiên cứu mã số ĐTĐL.19/16.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Anil Lackke (2004), "Xanthan - A Versatile Gum", *Resonance*, **9**, pp.25-33.
- [2] Le Quang Luan, Naotsugu Nagasawa, Masao Tamada (2006), "Enhancement of plant growth activity of irradiated chitosan by molecular weight fractionation", *Radioisotopes*, **55**, pp.21-27.
- [3] D. Katiyar, A. Hemantaranjan, S. Bharti, A. Nishant Bhanu (2014), "A Future perspective in crop protection: chitosan and its oligosaccharides", *Adv. Plants Agric. Res.*, **1**(1), p.00006.
- [4] Li Yanjie, Ha Yiming, Wang Feng, Li Yongfu (2010), "Effect of irradiation on molecular weight and antioxidant activity of xanthan gum", *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, **24**(6), pp.1208-1213.
- [5] Yan Jie Li, et al. (2011), "Effect of Irradiation on the Molecular Weight, Structure and Apparent Viscosity of Xanthan Gum in Aqueous Solution", *Advanced Materials Research*, **2632**, pp.239-242.
- [6] Murat Sen, Hande Hayrabolulu, Pinar Taskin, Murat Torun, Maria Demeter, Mihalıs Cutrubinis, Olgun Guven (2015), "Radiation induced degradation of xanthan gum in the solid state", *Radiation Physics and Chemistry*, **124**, pp.225-229.
- [7] N.V. Binh, T.B. Diep, H.D. Sang, H.P. Thao, N.T. Thom, T.M. Quynh (2016), "Low molecular weight xanthan prepared by gamma irradiation and its effects on developing of seedlings", *RAD Conference Proceedings*, **1**, pp.95-98.
- [8] Nguyễn Quốc Hiến, Đặng Xuân Dữ, Đặng Văn Phú, Lê Anh Quốc, Phạm Đình Dũng, Nguyễn Ngọc Duy (2016), "Nghiên cứu chế tạo oligochitosan bằng phương pháp chiếu xạ gamma Co-60 dung dịch chitosan-H₂O₂ và khảo sát hiệu ứng chống oxy hóa", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, **54**(1), tr.46-53.
- [9] C.Q. Qin, Y.M. Du, L. Xiao (2002), "Effect of hydrogen peroxide treatment on the molecular weight and structure of chitosan", *Polymer Degradation and Stability*, **76**, pp.211-218.
- [10] Nguyễn Văn Bình, Trần Minh Quỳnh, Trần Băng Diệp, Hoàng Đăng Sáng, Trần Xuân An, Nguyễn Thị Thơm (2017), "Ảnh hưởng của xử lý chiếu xạ gamma đến một số đặc tính của xanthan", *Hội nghị khoa học và công nghệ hạt nhân toàn quốc lần thứ XII*, tr.217.
- [11] M. Milas, M. Rinaudo and B. Tinland (1985), "The viscosity dependence on concentration, molecular weight and shear rate of xanthan solutions", *Polymer Bull.*, **14**, pp.157-164.
- [12] D. Stock, P.J. Holloway (1993), "Possible mechanisms for surfactant-induced foliar uptake of agrochemicals", *Pest Management Science*, **38**, pp.165-177.
- [13] P. Ulanski and J. Rosiak (1992), "Preliminary studies on radiation-induced changes in chitosan", *Radiation Physics Chemistry*, **39**, pp.53-57.

Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ và tốc độ dòng khí đến tính chất lớp phủ nhựa PA11 bảo vệ kim loại chế tạo bằng phương pháp tầng sôi

Tưởng Thị Nguyệt Ánh*, Trần Hùng Thuận, Nguyễn Thu Trang, Thái Thị Xuân Trang, Ưông Văn Vương

Trung tâm Công nghệ Vật liệu, Viện Ứng dụng Công nghệ

Ngày nhận bài 1/11/2017; ngày chuyển phản biện 6/11/2017; ngày nhận phản biện 13/12/2017; ngày chấp nhận đăng 20/12/2017

Tóm tắt:

Trong những năm gần đây, phương pháp phủ nhựa nhiệt dẻo bằng kỹ thuật tầng sôi được chú ý nhiều do được đánh giá là thân thiện với môi trường, thuận lợi trong việc tạo lớp phủ tính năng cao cho các sản phẩm kỹ thuật có hình dạng phức tạp. Trong nghiên cứu này, lớp phủ Polyamit 11 (PA11) bảo vệ bề mặt thép CT3 được chế tạo bằng phương pháp phủ nhựa tầng sôi, các đánh giá về ảnh hưởng của một số thông số công nghệ cơ bản như nhiệt độ đốt nóng mẫu, thời gian nhúng mẫu, tốc độ dòng cấp khí đến tính chất đặc trưng của lớp phủ như độ dày, độ nhám, khả năng bảo vệ chống ăn mòn kim loại đã được khảo sát. Kết quả cho thấy, nhiệt độ của mẫu thép trước khi phủ nhựa nằm trong khoảng 220-350°C là phù hợp đối với việc chế tạo lớp phủ bằng nhựa PA11. Các mẫu thép được đốt nóng trong khoảng nhiệt độ trên đều đạt độ dày lớp phủ tối đa trong khoảng thời gian 12-15 giây, trong đó mẫu thép có nhiệt độ đốt nóng ở 250°C với thời gian nhúng trong 12 giây cho độ dày lớp phủ đồng đều. Tốc độ dòng cấp khí tối ưu cho mẫu thép có nhiệt độ đốt nóng ở 250°C là 0,04 m/s. Tiến hành thử nghiệm và đánh giá khả năng bảo vệ chống ăn mòn của các lớp phủ bằng phương pháp phun mù muối trong thời gian 120 giờ cho thấy, lớp phủ nhựa PA11 chế tạo bằng phương pháp tầng sôi giữ được độ ổn định và cho khả năng bao phủ, bảo vệ kim loại tốt.

Keywords: Ăn mòn, lớp phủ, nhựa nhiệt dẻo, polyamit PA11, tầng sôi.

Chỉ số phân loại: 2.5

Đặt vấn đề

Hiện nay, các vấn đề liên quan tới môi trường nói chung và sự cần thiết phải cắt giảm hàm lượng các hợp chất hữu cơ bay hơi nói riêng đang nhận được sự quan tâm ngày càng lớn, dẫn tới quan điểm chung về việc tăng cường sử dụng các loại lớp phủ bột bảo vệ kim loại thay cho các lớp phủ truyền thống [1, 2]. Xu hướng này đã và đang hướng công nghệ sơn phủ sắp xếp lại trật tự của các kỹ thuật hiện có, chú trọng vào các kỹ thuật tạo lớp phủ thân thiện với môi trường, trong đó lớp phủ nhựa nhiệt dẻo bằng phương pháp tầng sôi đang gây được sự chú ý nhờ những ưu điểm vốn có.

Phương pháp tầng sôi phủ nhựa nhiệt dẻo dựa trên nguyên lý về khả năng nóng chảy của nhựa nhiệt dẻo, kỹ thuật này khá đơn giản nhưng mang lại hiệu quả rất lớn. Bột nhựa nhiệt dẻo trở thành “dung dịch sôi” bằng cách thổi không khí từ dưới đáy thiết bị thông qua đĩa khuếch tán, trong đó bột nhựa đã được sấy khô trước khi được đưa vào thiết bị để tạo “sôi”. Khi không khí đi vào, thể tích buồng chứa bột nhựa tăng khoảng 30% so với ban đầu và bề mặt trông như đang “sôi”. Mẫu vật kim loại cần phủ được nung nóng trong lò nung đến khoảng nhiệt độ nóng chảy của nguyên liệu nhựa và sau đó nhúng vào trong thiết bị tầng

sôi. Khi các hạt bột bám lên bề mặt mẫu kim loại nhờ nhiệt có sẵn sẽ chảy ra, tạo lên lớp phủ bao bọc vật liệu. Lớp phủ này được hình thành một cách rất nhanh chóng và đồng đều. Sau khi mẫu vật liệu được đưa ra khỏi buồng phủ, lượng nhiệt vẫn đủ để hoàn thiện lớp phủ cuối cùng. Nếu nhiệt còn dư quá lớn, cần làm mát mẫu vật liệu trước khi tiến hành kiểm tra, đánh giá. So với các lớp phủ truyền thống, lớp phủ nhựa nhiệt dẻo cho thấy ưu điểm rất lớn về độ đồng đều của lớp phủ, giảm giá thành sản phẩm, loại bỏ việc sử dụng dung môi hữu cơ độc hại, kiểm soát tốt thiết bị cũng như quá trình vận hành thiết bị, giảm chi phí nhân công, bột nhựa đã được làm khô trước khi đưa vào thiết bị nên có thể tái sử dụng nhiều lần. Ngoài ra, lớp phủ nhựa nhiệt dẻo còn có ưu điểm khác như có độ bền môi trường cao, tăng khả năng chống ăn mòn, cách điện, dễ làm sạch, nhiều màu sắc khác nhau, loại bỏ việc chảy nhỏ giọt, xê dịch và có bóng khí trên lớp phủ thành phẩm.

Lớp phủ nhựa nhiệt dẻo thông thường có độ dày nằm trong khoảng 300-2000 μm và phụ thuộc vào hai yếu tố chính của quá trình tầng sôi: Nhiệt độ đốt nóng của mẫu kim loại trước khi phủ và thời gian nhúng trong hệ thiết bị tầng sôi [1-6]. Do đó, việc nghiên cứu hai yếu tố này là cần thiết đối với mỗi quá trình phủ nhựa và phù hợp với từng loại

*Tác giả liên hệ: Email: nguyetanhk28@gmail.com

Preparation and properties of PA11 powder coating on metal using the fluidized bed method

Thi Nguyet Anh Tuong*, Hung Thuan Tran,
Thu Trang Nguyen, Thi Xuan Trang Thai, Van Vuong Ung

Center for Advanced Materials Technology, National Center for Technological Progress

Received 1 November 2017; accepted 20 December 2017

Abstract:

In recent years, plastic powder coating using the fluidized bed method has gained a great deal of attention due to its excellent performance and environmental friendliness. It has been widely used in the field of metal coating, especially in the protective film for metal-based products. In this study, we present the preparation and properties of PA11 coating layers on steel manufactured by the fluidized bed method at different preheat temperatures (220, 250, 350°C) and dipping times (4-20s). The results showed that coating thickness increases with dipping time. A high speed of polymer deposition was observed occurred in the first few seconds of the coating process and reached a maximum coating thickness. The results also showed the coating thickness increased in accordance with the pre-heat temperature. The surface of coated specimen (preheated at 250°C) with different airflow rates was evaluated by the roughness measurement. The anticorrosion of the PA11 coatings at the dipping times of 5-15 seconds was examined using the salt spray test.

Keywords: Anticorrosion, fluidized bed, plastic coating, polyamide PA11, powder coating.

Classification number: 2.5

vật liệu thử nghiệm. Bên cạnh đó, tốc độ dòng khí cũng là một yếu tố có ảnh hưởng lớn tới việc chế tạo lớp màng nhựa nhiệt dẻo này cũng như độ đồng đều và khả năng bảo vệ kim loại của lớp màng khỏi tác động của môi trường xâm thực.

Một số loại nhựa nhiệt dẻo sử dụng cho quá trình phủ bằng phương pháp tầng sôi như polyetylen, polyamit... ứng dụng trên các vật liệu nền như kim loại, gốm sứ, thủy tinh, trong đó kim loại là đối tượng chính được sử dụng trong phương pháp này.

Trong các loại nhựa polyamit trên thị trường, PA11 được sử dụng nhiều hơn do độ nhớt của loại nhựa này khá thấp, tạo ra lớp phủ rất bền, cứng, có khả năng chống xước, nứt

gãy, cho sản phẩm có bề mặt bóng, đẹp. Lớp phủ từ nhựa PA11 có khả năng kháng dung môi và hóa chất rất tốt, bền với môi trường, do đó được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực của công nghiệp cũng như đời sống, đặc biệt hiện nay lớp phủ này đã và đang bước đầu được ứng dụng trong bảo vệ kim loại khỏi tác động của môi trường có khả năng ăn mòn cao như môi trường nước biển [1, 5, 7]. Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng nhựa nhiệt dẻo polyamit PA11 để tạo ra lớp phủ bảo vệ bề mặt cho thép cacbon và nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số: Nhiệt độ và thời gian nhúng phủ đến độ dày màng phủ và đánh giá sơ bộ khả năng bảo vệ kim loại trong môi trường ăn mòn.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu

Vật liệu nền: Thép CT3 có kích thước các mẫu là 10 x 40 x 5 (xuất xứ LB Nga). Trước khi đưa vào thử nghiệm, các mẫu thép được làm sạch dầu mỡ và tẩy gỉ trên bề mặt (TCVN 8790).

Vật liệu chế tạo lớp phủ: Nhựa PA11 ở dạng bột với kích thước hạt 100-130 μm , nhiệt độ nóng chảy 190°C (xuất xứ Mỹ).

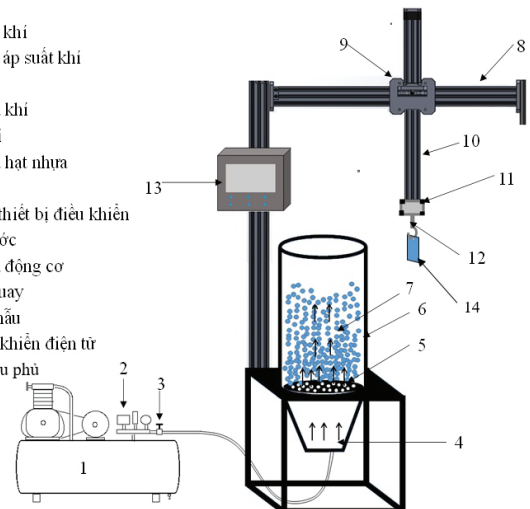
Phương pháp

Tính chất lớp phủ nhựa nhiệt dẻo được thử nghiệm và đánh giá theo các tiêu chuẩn: Độ dày lớp phủ (TCVN 9760:2013), độ nhám bề mặt (TCVN 5120:2007), thử nghiệm mù muối (ASTM B117).

Thiết kế hệ thiết bị và quy trình phủ nhựa PA11 lên bề mặt kim loại

Phương pháp tầng sôi: Cấu tạo hệ thiết bị tầng sôi có 3 phần chính, bao gồm: Thiết bị cấp khí, thiết bị tầng sôi, thiết bị điều khiển (hình 1).

- 1: Thiết bị cấp khí
- 2: Đồng hồ đo áp suất khí
- 3: Van khí
- 4: Buồng chứa khí
- 5: Đĩa chia khí
- 6: Buồng chứa hạt nhựa
- 7: Hạt nhựa
- 8: Trục X của thiết bị điều khiển
- 9: Động cơ bước
- 10: Trục Z của động cơ
- 11: Động cơ quay
- 12: Móc gắn mẫu
- 13: Bảng điều khiển điện tử
- 14: Mẫu vật liệu phủ



Hình 1. Sơ đồ hệ thiết bị phủ nhựa tầng sôi.

Quá trình phủ nhựa PA11 được thực hiện như sau: Các mẫu thép sau khi được xử lý và làm sạch bề mặt được đốt nóng trong lò đốt. Hệ thiết bị tầng sôi được cài đặt thông số trên hệ điều khiển bao gồm: Hành trình di chuyển, tốc độ di chuyển, thời gian quay... Mở van khí trên thiết bị cấp khí, điều chỉnh tốc độ dòng khí đưa vào thông qua đồng hồ đo đến khi nhựa trong buồng chứa “sôi” ổn định. Sau khi đạt nhiệt độ thích hợp, các mẫu được đưa ra khỏi lò đốt, giữ cố định trên móc gắn mẫu và di chuyển vào buồng phủ nhựa của thiết bị tầng sôi. Thời gian phủ nhựa PA11 cho các mẫu thép được cài đặt và điều khiển trên bảng điều khiển điện tử. Mẫu thép sau thời gian phủ được đưa ra ngoài, làm mát và tiến hành các đánh giá bề mặt cũng như đánh giá lớp phủ thu được.

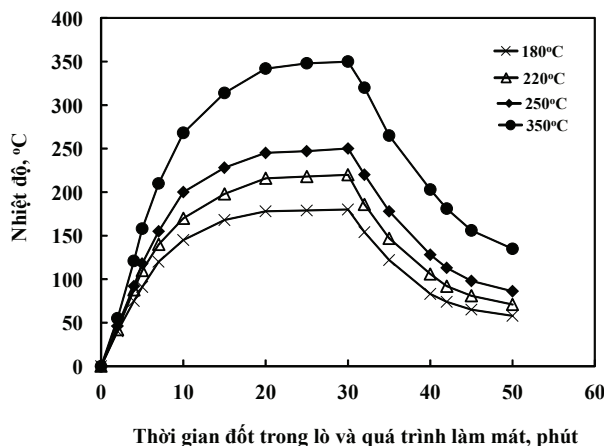
Kết quả và thảo luận

Ảnh hưởng của quá trình đốt nóng mẫu thép và thời gian nhúng đến độ dày lớp phủ

Biến thiên nhiệt độ của mẫu thép theo thời gian:

Nhiệt độ mẫu thép trước khi đưa vào buồng phủ là một trong những yếu tố chính ảnh hưởng tới sự phân bố độ dày và độ đồng đều của màng phủ. Do đó việc xác định điểm nhiệt độ đốt nóng mẫu thép phù hợp là yêu cầu cần thiết khi nghiên cứu phủ nhựa PA11 bằng phương pháp tầng sôi.

Do không khí trong lò đốt thường đạt nhiệt độ cao khá nhanh, nhanh hơn so với phần vật liệu kim loại cần phủ. Do đó để xác định các điều kiện tối ưu cho quá trình vận hành hệ thiết bị phủ tầng sôi cần xác định đường liên hệ giữa các yếu tố thời gian, nhiệt độ của quá trình phủ. Hình 2 biểu diễn quá trình tăng nhiệt khi đốt nóng trong lò và quá trình giảm nhiệt sau khi đưa ra khỏi lò nung của mẫu thép.



Hình 2. Nhiệt độ mẫu thép theo thời gian đốt nóng trong lò và quá trình giảm nhiệt sau khi đưa ra khỏi lò.

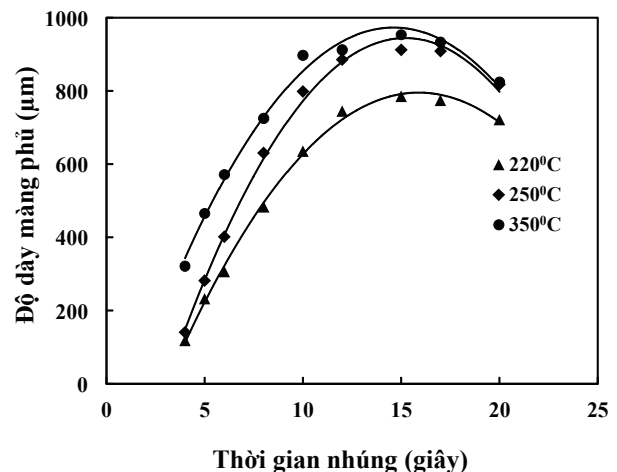
Từ đồ thị nhận thấy, đường biến thiên nhiệt độ của mẫu thép ở các nhiệt độ đều có dạng tương tự nhau và đều đạt được nhiệt độ mong muốn sau thời gian 30 phút đốt nóng. Sau 2 phút đưa ra khỏi lò, nhiệt độ các mẫu đều giảm khoảng

30°C so với nhiệt độ ban đầu (220-350°). Do đó, khi phủ nhựa nhiệt dẻo lên bề mặt mẫu thép cần tính toán, lựa chọn khoảng nhiệt độ phù hợp với loại nhựa sử dụng, từ đó làm căn cứ để tính toán và thiết kế khoảng thời gian thích hợp cũng như quãng đường đi của mẫu từ lò đốt tới buồng phủ. Nhiệt độ nóng chảy của vật liệu nhựa PA11 là 190°C, do đó lựa chọn ba nhiệt độ phù hợp cho các thí nghiệm tiếp theo là 220, 250 và 350°C. Các nhiệt độ này đều cao hơn so với khoảng nhiệt độ nóng chảy của nhựa PA11 ít nhất là 30°C nhằm làm giảm độ chảy nhớt của vật liệu, giúp quá trình hình thành màng bao phủ bề mặt kim loại diễn ra thuận lợi.

Ảnh hưởng của thời gian nhúng:

Quá trình nhúng liên quan đến sự chuyển pha của vật liệu polyme phủ lên bề mặt kim loại. Một số thông số có ảnh hưởng tới quá trình nhúng trong phương pháp tầng sôi bao gồm: Thời gian nhúng, chuyển động nhúng trong hệ chuyển động, lực tác dụng ngang dọc, chuyển động của bột nhựa.

Trong phần này, đã nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đốt nóng trước của mẫu thép tới độ dày màng PA11 theo thời gian nhúng khác nhau. Mẫu thép CT3 được đốt nóng ở các nhiệt độ 220, 250 và 350°C trong thời gian 30 phút và thời gian đi từ lò đốt tới buồng phủ là 15 giây để ít tổn hao nhiệt nhất.

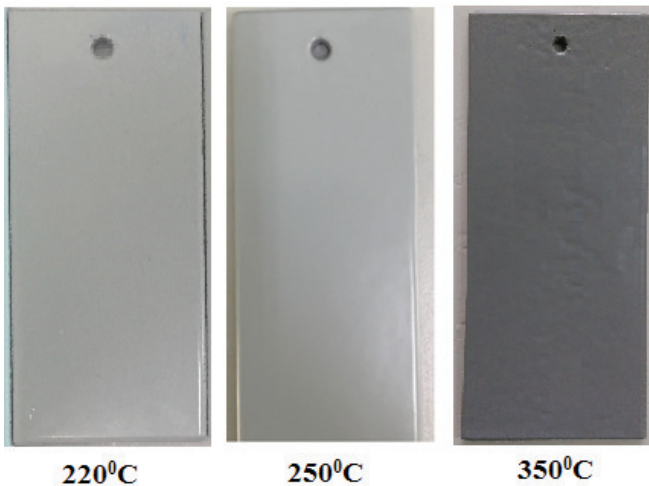


Hình 3. Đồ thị độ dày màng phủ theo thời gian nhúng ở các nhiệt độ đốt nóng mẫu thép khác nhau.

Đồ thị hình 3 biểu diễn độ dày màng phủ PA11 thu được ở các nhiệt độ đốt nóng khác nhau theo thời gian nhúng. Độ dày lớp phủ polyme trên bề mặt mẫu thép phù hợp với dữ liệu trong các bài báo đã công bố [8-11]. Thời gian đầu, sau khi nhúng mẫu thép vào hệ thiết bị phủ (dưới 6 giây), tốc độ hình thành màng rất nhanh. Sau đó, trong khoảng 6-12 giây tiếp theo tốc độ hình thành màng chậm dần, nguyên nhân là do việc lớp polyme hình thành trước đó đã đóng vai trò là lớp cách nhiệt, đồng thời nhiệt độ trên bề mặt mẫu thép

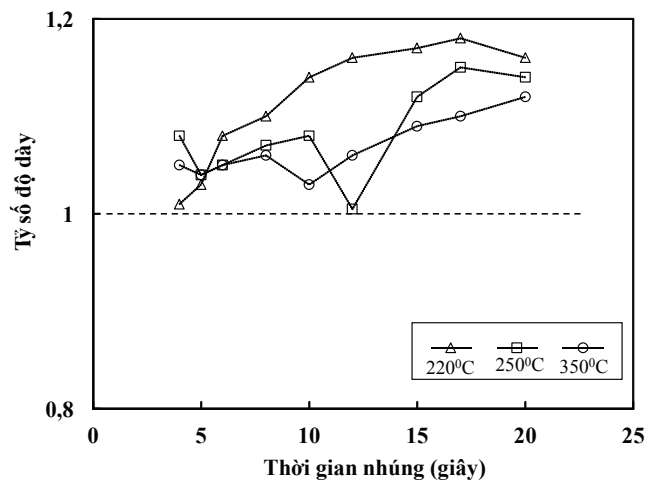
cũng đã giảm đi đáng kể. Sau thời gian 15 giây nhúng trong hệ phủ, độ dày màng không tăng lên ở cả ba nhiệt độ đã thử nghiệm, điều này được giải thích là do nhiệt năng trên bề mặt mẫu lúc này đã không còn đủ cung cấp để làm nóng chảy các hạt bột nhựa bám trên bề mặt mẫu phủ. Từ hình 4 có thể thấy, độ dày màng phủ tối đa ở nhiệt độ 350°C không có sự khác biệt quá lớn so với mẫu ở 250°C nhưng lại lớn hơn khá nhiều so với mẫu ở 220°C.

Quan sát lớp màng phủ đối với mẫu thép được đốt nóng ở 350°C cho thấy, các mẫu đều có màu đậm hơn so với mẫu bột ban đầu cũng như so với hai mẫu thép được phủ ở nhiệt độ 220 và 250°C (hình 4). Hiện tượng này chứng tỏ nhiệt độ của mẫu thép đã vượt quá nhiệt độ nóng chảy của nhựa và làm nhựa phân hủy một phần khi tiếp xúc trực tiếp với bề mặt kim loại. Với mẫu thép được phủ ở nhiệt độ 220°, xuất hiện một số hạt bột không nóng chảy trên bề mặt khi thời gian nhúng vượt quá 12 giây, cho thấy lượng nhiệt từ mẫu lúc này đã không còn đủ cung cấp để làm nóng chảy lớp polyme phủ bên ngoài.



Hình 4. Hình ảnh thực tế các mẫu kim loại phủ bột PA11 bằng phương pháp tăng sôi ở các nhiệt độ: 220, 250 và 350°C.

Xác định độ dày tại ít nhất 4 điểm trên mỗi mẫu và tính tỷ số giữa độ dày màng lớn nhất/độ dày màng nhỏ nhất. Kết quả cho thấy, thời gian nhúng dưới 15 giây đối với các mẫu thép được đốt nóng ở nhiệt độ 250 và 350°C, dưới 10 giây đối với mẫu đốt nóng ở 220°C, độ dày màng tại các vị trí khác nhau trên mỗi mẫu có sự khác biệt khá nhỏ, chứng tỏ mẫu thép đã được bao phủ khá đồng đều và sự khác biệt này được chấp nhận theo một số nghiên cứu đã được công bố [9, 10]. Trong khi đó, các thời gian nhúng trên 15 giây đối với mẫu đốt nóng ở nhiệt độ 250 và 350°C và trên 10 giây với mẫu đốt nóng ở 220°C, sự khác biệt về độ dày các vị trí đo được khá lớn và tăng nhanh khi thời gian nhúng phủ tăng (hình 5).



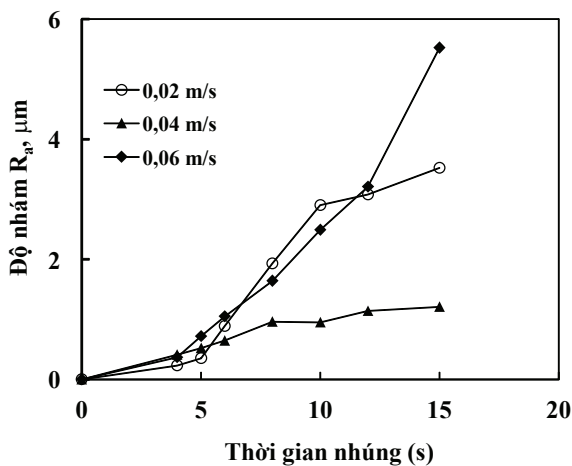
Hình 5. Đồ thị tỷ số độ dày màng lớn nhất/nhỏ nhất của các mẫu màng PA11 thu được theo thời gian nhúng ở các nhiệt độ khác nhau.

Các kết quả trên cho thấy, mẫu thép được đốt nóng ở nhiệt độ 250°C và thời gian nhúng dưới 15 giây cho lớp phủ có độ dày thích hợp và độ đồng đều cao, do đó các điều kiện này được sử dụng để tiến hành các thử nghiệm tiếp theo.

Ảnh hưởng của thời gian, tốc độ dòng khí đến độ nhám của màng phủ

Độ nhám của bề mặt lớp phủ trên kim loại cũng là một yếu tố có ảnh hưởng lớn tới khả năng bảo vệ của lớp phủ [1, 6]. Khi tiếp xúc với các môi trường điện ly, các khuyết tật hay các vị trí lỗi lõm trên bề mặt màng là nơi tập trung của các ion gây ăn mòn và rút ngắn đường đi của các ion này tới ranh giới phân chia giữa lớp phủ/bề mặt kim loại và đây nhanh quá trình phá hủy kim loại [12].

hình 6 biểu diễn độ nhám trung bình của các lớp phủ PA11 được chế tạo ở 250°C theo thời gian nhúng từ 3-15 giây với các tốc độ dòng khí khác nhau: 0,02; 0,04 và 0,06 m/s. Nhận thấy ở thời gian nhúng dưới 5 giây, độ nhám trung bình của các lớp phủ khá thấp. Tuy nhiên, khi thời gian nhúng tăng lên, chỉ có mẫu được phủ với tốc độ dòng khí 0,04 m/s cho độ nhám trung bình bề mặt khá đồng đều, còn mẫu thí nghiệm với hai tốc độ dòng khí 0,02 và 0,06 m/s có độ nhám bề mặt tăng lên rất nhanh, đặc biệt là ở tốc độ dòng khí 0,06 m/s. Kết quả này có thể được giải thích như sau: Với mẫu được phủ ở tốc độ dòng khí ở 0,02 m/s, do tốc độ các hạt nhựa bám trên bề mặt thép khá chậm nên khi thời gian nhúng mẫu thép càng lớn, nhiệt lượng tỏa ra qua lớp nhựa hình thành trước đó đã giảm đáng kể và không còn đủ để làm nóng chảy các hạt nhựa bám vào bề mặt thép. Trong khi đó với tốc độ dòng 0,06 m/s, tốc độ hạt nhựa lên bề mặt thép lại quá nhanh dẫn tới việc không đủ thời gian cho tất cả các hạt nhựa bám vào bề mặt thép kịp nóng chảy cũng

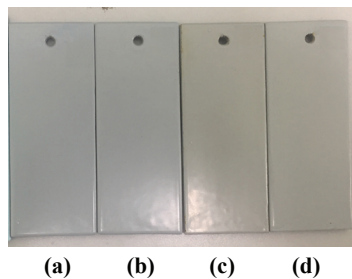


Hình 6. Đồ thị độ nhám các mẫu lớp phủ PA11 chế tạo ở 250°C theo thời gian nhúng ở các tốc độ dòng khí: 0,02; 0,04; 0,06 m/s.

truyền nhiệt lượng cho các lớp nhựa tiếp theo bám dính lên bề mặt. Chính sự nóng chảy không hoàn toàn của các hạt nhựa bám trên bề mặt thép sẽ làm cho độ nhám bề mặt của mẫu thép được phủ nhựa tăng.

Thử nghiệm khả năng bảo vệ kim loại

Kiểm tra khả năng bảo vệ kim loại của lớp phủ trong điều kiện thực tế bằng phương pháp thử muối. Các mẫu thép phủ PA11 chế tạo ở nhiệt độ 250°C, thời gian nhúng là 5 giây, 10 giây, 12 giây và 15 giây được đặt trong tủ muối (hình 7).



Hình 7. Hình ảnh sau 120 giờ thử nghiệm muối các mẫu thép phủ PA11 chế tạo ở nhiệt độ 250°C trong thời gian nhúng: (a) 5 giây, (b) 10 giây, (c) 12 giây, (d) 15 giây.

Các mẫu được đưa vào trong môi trường tiếp xúc với dung dịch NaCl với thời gian thử nghiệm liên tục 120 giờ. Hết thời gian thử nghiệm theo tiêu chuẩn của phép đo, các mẫu đều không có hiện tượng dung dịch điện ly ngấm qua màng, bề mặt mẫu không thấy xuất hiện điểm gỉ nào, chứng tỏ khả năng bảo vệ kim loại trong môi trường điện ly của lớp màng PA11 chế tạo bằng phương pháp tăng sôi có thể đáp ứng được điều kiện làm việc thực tế.

Kết luận

Nhiệt độ thích hợp cho phủ nhựa nhiệt dẻo PA11 lên bề mặt thép CT3 là 220, 250 và 350°C, mẫu được phủ nhựa sau

khí đưa ra khỏi lò nung trong khoảng thời gian 5-10 giây để đảm bảo quá trình mất nhiệt ra ngoài không khí là nhỏ nhất.

Thời gian đạt độ dày tối đa đối với các mẫu ở cả ba nhiệt độ trên là từ 12-15 giây. Trong đó, độ dày màng tối đa của lớp phủ chế tạo ở 250 và 350°C tương đương nhau và cao hơn so với lớp phủ chế tạo ở 220°C. Khảo sát tỷ số độ dày màng cao nhất/độ dày thấp nhất cho thấy, thời gian nhúng dưới 10 giây ở 220°C và dưới 15 giây ở 250°C và 350°C là phù hợp.

Khảo sát ảnh hưởng của tốc độ dòng khí tới độ nhám bề mặt trung bình của các mẫu màng PA11 trên bề mặt thép CT3 chế tạo ở 250°C cho thấy, tốc độ dòng 0,04 m/s là phù hợp cho chế tạo các lớp phủ với bề mặt đồng đều và bảo vệ tốt cho kim loại.

Đánh giá khả năng bảo vệ kim loại trong môi trường giả lập bằng phương pháp thử nghiệm muối cho thấy, mẫu thép phủ nhựa PA11 bằng phương pháp tăng sôi bền vững với môi trường tiếp xúc liên tục với dung dịch chất điện ly. Sau 120 giờ thử nghiệm, bề mặt lớp phủ không có nhiều thay đổi, dung dịch điện ly chưa ngấm qua màng, sự ăn mòn chưa xảy ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Zhongyan Du, Shaoguo Wen, Jihu Wang, Changle Yin, Dayang Yu, Jian Luo (2016), "The Review of Powder Coatings", *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, **4**, pp.54-59.
- [2] Gerald Scott (1999), *Polymers and the Environment*, Royal Society of Chemistry, London, [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(01\)00146-X](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(01)00146-X).
- [3] J. Ylirussi, E. Rasanen, J. Rantanen, J.P. Mannerman (2004), "The Characterization of Fluidization Behavior Using a Novel Multichamber Microscale Fluid Bed", *J. Pharma Sci.*, **3**, pp.780-791.
- [4] Robert P. Hesketh, C. Stewart Slater, Michael Carney (2000), "A Fluidized Bed Polymer Coating Experiment", *ASEE Annual Conference*.
- [5] R. Ahmad (2006), "Comparative study of nylon and PVC fluidized bed on mild steel", *Proceedings of the Pakistan Engineering Congress, 70th Annual Session Proceedings*, **679**, pp.438-447.
- [6] M. Barletta, G. Simone, V. Tagliaferri (2006), "Advance in fluidized bed coating: An experimental investigation on a performance polymer coating alloy", *Journal of Materials Processing Technology*, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2006.03.171.
- [7] Tường Thị Nguyệt Ánh và cộng sự (2013), "Nghiên cứu công nghệ phủ màng nhựa polyamit lên bề mặt sắt thép bằng phương pháp tăng sôi", *Báo cáo tổng kết đề tài cấp cơ sở*, Viện Ứng dụng Công nghệ.
- [8] C.K. Pettigrew (1966), "Fluidized bed coating, Part 1. Effects of fluidized bed variables, substrate pretreatment and preheating method", *Mod. Plastics*, **44**, pp.111-117.
- [9] C.K. Pettigrew (1966), "Fluidized bed coating, Part 2. Effects of dipping, postheating and complex geometrical variables", *Mod. Plastics*, **44**, pp.150-156.
- [10] K.C. Leong, G.Q. Lu (1995), "Fluidized bed coating of copper cylinders", *J. Mater. Proc. Tech.*, **48**, pp.525-532.
- [11] K.C. Leong, G.Q. Lu, V.A. Rudolph (1999), "Comparative study of the fluidized bed coating of cylindrical metal surfaces with various thermoplastic polymer powders", *J. Mat. Process. Technol.*, **89-90**, pp.354-360.
- [12] W. Funke. (1987), "Proc. Sym. on Corrosion Protection by Organic Coating", *Journal of the Electrochemical Society*, **1**, pp.43.

Ứng dụng kỹ thuật đánh dấu khảo sát dòng rò thấm qua thân đập đất

Nguyễn Hữu Quang^{1*}, Lê Văn Sơn¹, Huỳnh Thị Thu Hương¹,
Nguyễn Hồng Phan², Nguyễn Trọng Oánh³, Lưu Hữu Phi³

¹Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam

²Viện Cơ học, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

³Công ty Cổ phần thủy điện DHD, Tập đoàn Điện lực Việt Nam

Ngày nhận bài 1/12/2017; ngày chuyển phản biện 6/12/2017; ngày nhận bản biên 8/1/2018; ngày chấp nhận đăng 22/1/2018

Tóm tắt:

Đập được xây dựng để ngăn nước cho các công trình thủy điện và hồ chứa thủy lợi. Theo thống kê của Hội Đập lớn (ICOLD) cho 900 trường hợp hư hỏng đập trên toàn thế giới (trừ Trung Quốc) thì 66% trường hợp xảy ra với đập đất, trong đó gần một nửa (46%) số hư hỏng là do xói mòn ngầm trong thân và nền đập. Mặc dù trên các đập có các hệ thống quan trắc, từ loại dùng kỹ thuật truyền thống như ống piezo đến các kỹ thuật hiện đại dùng cảm biến áp suất, điện trở và nhiệt độ... Tuy nhiên, hầu hết các trường hợp rò rỉ lại được phát hiện bằng quan sát trực tiếp do hiện tượng rò rỉ ban đầu thường xảy ra ở phạm vi khá hẹp so với tầm kiểm soát của lưới quan trắc. Khi phát hiện hiện tượng thấm rò, bên cạnh quan trắc diễn tiến của lưu lượng thấm và mức độ tải theo bùn cát của dòng rò thì đánh giá độ thấm hay độ dẫn thủy lực của vùng thấm rò và diễn tiến của các thông số này theo thời gian là yêu cầu thực tế giúp đánh giá ảnh hưởng của hiện tượng rò đến an toàn của đập. Kỹ thuật đánh dấu là phương pháp khảo sát trên thực địa cho phép xác định thời gian di chuyển, tốc độ di chuyển của dòng rò, độ dẫn thủy lực và thể tích của vùng có dòng thấm rò qua đập, là những thông số thủy động học quan trọng của hiện tượng rò rỉ.

Bài báo trình bày những kết quả bước đầu thử nghiệm ứng dụng kỹ thuật đánh dấu để định vị lõi vào của dòng rò ở mái thượng lưu (phía hồ), xác định thời gian di chuyển, vận tốc thấm trung bình, độ dẫn thủy lực và thể tích bão hòa nước của vùng có dòng thấm rò qua thân đập thủy điện HT.

Từ khóa: Đánh dấu, đập, độ dẫn thủy lực, hồ, rò rỉ, thấm, thủy điện.

Chỉ số phân loại: 2.7

Đặt vấn đề

Đập là tổ hợp công trình được xây dựng để ngăn nước cho các công trình thủy điện và hồ chứa thủy lợi. Theo loại vật liệu xây dựng, có nhiều loại đập như đập đất, đập đá, đập bê tông... trong đó phổ biến nhất là đập đất. Đập đất được xây dựng chủ yếu bằng vật liệu đất sẵn có tại địa phương, giá thành xây dựng thấp, bền và chịu tác động của động đất, nên rất phổ biến trong các công trình thủy điện và thủy lợi. Các đặc điểm hoạt động của đập đất là luôn có dòng thấm qua thân và nền đập. Cấu tạo chính của đập đất gồm thân đập, hệ thống chống thấm (tường lõi, tường nghiêng, sân trước), hệ thống thoát nước, hệ thống bảo vệ mái đập, hệ thống quan trắc và cảnh báo.

Dòng thấm bất thường xảy ra có thể làm xói mòn vật liệu bên trong thân hoặc nền đập là nguyên nhân chính gây ra sự cố phá hủy đập. Theo báo cáo thống kê của ICOLD [1], trên 75% đập xảy ra hiện tượng rò rỉ, trong đó khoảng 30% dẫn

tới sự cố (46% sự cố đến từ nguyên nhân xói mòn bên trong đối với đập đất). Quá trình xói mòn bên trong phát triển qua nhiều giai đoạn, bắt đầu từ những dòng thấm tập trung rất nhỏ làm các hạt rời khỏi liên kết và bị tải đi bởi dòng chảy. Quá trình này tiếp diễn làm thay đổi phân bố cấp hạt, tạo ra những vùng có độ rỗng lớn và hình thành dòng chảy trong đập. Giai đoạn sau thường diễn tiến nhanh hơn giai đoạn đầu, tạo ra nguy cơ phá hủy lớn [1-5]. Mặc dù trên đập có các hệ thống quan trắc, từ loại dùng kỹ thuật truyền thống như ống piezo đến các kỹ thuật hiện đại dùng cảm biến áp suất, điện trở và nhiệt độ; tuy nhiên hầu hết các trường hợp rò rỉ lại được phát hiện bằng quan sát trực tiếp do hiện tượng rò rỉ ban đầu thường xảy ra ở phạm vi khá hẹp và quy mô rất nhỏ so với tầm kiểm soát của lưới quan trắc [2, 3]. Khi phát hiện hiện tượng thấm rò, bên cạnh quan trắc diễn tiến của lưu lượng thấm và mức độ tải theo bùn cát của dòng rò, các yếu tố và thông số đặc trưng cho dòng và vùng thấm rò cũng rất cần được đánh giá theo thời gian. Các thông số đó

*Tác giả liên hệ: Email: quangnh@canti.vn

Application of tracer technique in investigation of leakage in earthen dam

Huu Quang Nguyen^{1*}, Van Son Le¹, Thi Thu Huong Huynh¹,
Hong Phan Nguyen², Trong Oanh Nguyen³, Huu Phi Luu³

¹Centre for Applications of Nuclear Technique in Industry,
Vietnam Atomic Energy Institute

²Institute of Mechanics, Vietnam Academy of Science and Technology

³DHD Hydropower Company, Electricity of Vietnam

Received 1 December 2017; accepted 22 January 2018

Abstract:

Dam is a construction work to store water in hydropower and irrigation reservoirs. Statistical reports on 900 cases of dam failures in the world (except China) of the International Commission on Large Dams showed that 66% of the failures occurred in earthen dams, in which almost a half (46%) was due to internal erosion [1]. Although the monitoring systems were installed on the dams, from traditional techniques like using piezo tubes to modern techniques like using pressure, resistance, and temperature sensors, most of the leak cases were discovered by direct observation because the initial leakage occurred in relatively narrow range compared with the control of the monitoring network. When the percolation leakage is founded, besides monitoring the progress of seepage flow by the measurement of flowrate and sediment load, the parameters such as permeability or hydraulic conductivity of the leakage and infiltration progresses over time are actually requirements to help assess the impact of the leakage phenomenon to the safety of the dam. Tracer technique as a survey method in the field allows determining such important parameters as hydraulic conductivity and volume of the zone with leakage through the dam to characterize the hydrodynamics of the leakage.

This paper presents the preliminary results of tracer technique applications to locate the leak point in the reservoir; to determine the transit time, permeability velocity, hydraulic conductivity, and water saturated volume of leakage zone through the HT dam.

Keywords: Dam, hydraulic conductivity, hydropower, leakage, permeability, reservoir, tracer.

Classification number: 2.7

bao gồm thời gian di chuyển, độ thấm hay độ dẫn thủy lực của vùng thấm rò, ước lượng thể tích vùng rò tập trung và diễn tiến của các thông số này theo thời gian là yêu cầu thực tế giúp đánh giá ảnh hưởng của hiện tượng rò đến an toàn của đập và chuẩn bị kế hoạch khắc phục [2, 5].

Quá trình rò rỉ đập lúc đầu xảy ra khá chậm chạp và quy mô nhỏ nên cần được phát hiện sớm và theo dõi thường xuyên diễn tiến để phòng ngừa hay khắc phục. Các thống kê về sự cố đập cho thấy nguyên nhân chủ yếu là thiếu các phương tiện kỹ thuật thích hợp để phát hiện, theo dõi, đánh giá mức độ phát triển của dòng thấm tập trung trong thân và nền đập. Một số phương pháp được đề xuất gần đây bao gồm hệ thống quan trắc bằng điện trở đất, phương pháp điện thế tự nhiên, phương pháp đo áp lực khe rỗng, phương pháp xác định dòng thấm tập trung bằng điện từ tần số thấp... [3]. Các phương pháp này đều có những ưu thế nhất định và thường có xu hướng hình ảnh hóa vùng thấm trong thân và nền đập. Điểm yếu chung của các phương pháp này là cho các tín hiệu gián tiếp về dòng thấm và vùng thấm tập trung. Độ phân giải không gian cũng như độ nhạy đối với dòng thấm còn rất hạn chế, do đó các kết quả không cho biết bản chất vật lý về thủy động học cũng như khó đáp ứng được mục đích phát hiện sớm và theo dõi các diễn tiến theo thời gian xảy ra một cách chậm chạp.

Kỹ thuật đánh dấu là phương pháp khảo sát trên thực địa sử dụng các chỉ thị đưa vào thành phần nước thấm qua đập để theo dấu dòng rò. Chất đánh dấu có thể ở dạng hợp chất tan trong nước (như muối NaCl, Ethanol, Fluorinated Benzoic Acids, khí SF₆...), các chất chỉ thị màu, các chất gắn đồng vị phóng xạ (như I-131, Tc-99m, H-3...) hay các hạt rắn. Những yếu tố cần quan tâm khi lựa chọn chất đánh dấu thích hợp bao gồm khả năng bị hấp phụ vào trong đất, khả năng phát hiện bằng kỹ thuật hiện có, sự phân hủy bởi các yếu tố hóa học, nhiệt độ và vi sinh, sự phân rã phóng xạ đối với đồng vị phóng xạ, sự tồn tại của các chất cản trở hay nồng độ phong cao, yếu tố ảnh hưởng tới môi trường và giá thành.

Các đặc trưng quan trọng của phương pháp đánh dấu trong khảo sát hiện tượng rò rỉ là khả năng xác định vị trí điểm rò trong hồ, thời gian di chuyển từ hồ tới điểm xuất lộ, qua đó tính toán các thông số về thời gian di chuyển trung bình, độ dẫn thủy lực trung bình, thể tích của vùng thấm tập trung [6-8]. Nói chung, phương pháp đánh dấu không mới trong khảo sát địa chất thủy văn và nước ngầm, nhưng ưu điểm của nó là khả năng vật lý xác định trực tiếp các đặc trưng về quá trình vận động và khuếch tán của dòng thấm tập trung cũng như môi trường rỗng xốp của vùng thấm.

Mặc dù được biết đến như một công cụ phổ biến trong khảo sát địa chất thủy văn, nước ngầm nhưng phương pháp đánh dấu trong quan trắc hiện tượng thấm rò qua đập vẫn

chưa được sử dụng phổ biến như công năng của nó. Lý do chính có lẽ là bản thân phương pháp chưa được chuyên biệt hóa phục vụ mục đích của việc quản lý an toàn đập.

Để triển khai ứng dụng kỹ thuật đánh dấu như là một công cụ hữu hiệu, bổ sung vào các phương pháp khảo sát tình trạng rò rỉ qua đập phục vụ công tác đảm bảo an toàn đập, Phòng thí nghiệm đánh dấu thuộc Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp đã tiến hành thử nghiệm đánh dấu khảo sát một số điểm thấm rò rỉ nhỏ trên các đập phụ HT và đập ĐD kết hợp với các phương pháp mô phỏng số và đo từ trường cảm ứng. Bài báo này nêu các kết quả đánh dấu trên các đập phụ số 2 và số 3 của hồ thủy điện HT.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu

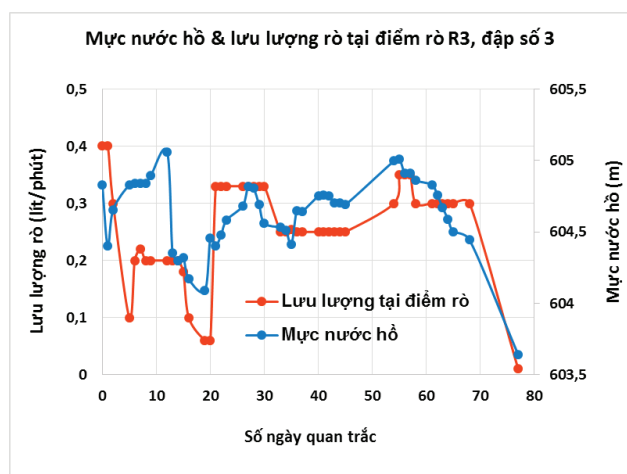
Đối tượng nghiên cứu áp dụng kỹ thuật đánh dấu là đập phụ số 2 và đập phụ số 3 của thủy điện HT. Cả 2 đập đều là đập đất.

Đập phụ số 2 có chiều cao gần 36 m, chiều dài đỉnh đập 215 m, là loại đập đồng chất. Năm 2013 quan sát thấy sự xuất hiện điểm thấm ướt R2 có kích thước 7 m x 3 m nằm ở mặt cắt No.6, tại cao trình điểm trọng tâm vùng thấm ướt khoảng 595 m (hình 1). Sự thấm ướt đất mặt xuất hiện khi cao trình mực nước hồ trên 604 m, không có số liệu quan trắc về lưu lượng thấm rò.

Đập phụ số 3 có chiều dài đỉnh đập 150 m chia làm 8 mặt cắt (từ No.1 đến No.8), chiều cao từ đỉnh xuống nền đất tự nhiên khoảng 50 m. Năm 2011 phát hiện điểm rò R3 phía trên rãnh thu nước vai phải tại mặt cắt No.7, cao trình 583 m (hình 1), khi mực nước hồ đạt cao trình khoảng 604 m trở lên. Lưu lượng rò không lớn, chỉ đủ thấm ướt đất mặt. Năm 2013, hiện tượng rò rỉ tại vị trí này tăng lên về lưu lượng, đồng thời xuất hiện thêm 2 vị trí rò thấm ướt R4 và R5 gần đó. Số liệu quan trắc mực nước hồ và lưu lượng điểm rò R3

của đập số 3 được biểu diễn trên đồ thị (hình 2) cho thấy, điểm rò từ hồ nằm ở khoảng cao trình mực nước hồ 604 m, là cao trình bắt đầu quan sát được hiện tượng rò thấm ướt xuất lộ ở hạ lưu đập.

Căn cứ cao trình xuất hiện điểm rò và cao trình điểm xuất lộ có thể xác định đây là sự thấm rò qua thân đập, cả ở đập phụ số 2 và số 3.



Hình 2. Số liệu quan trắc mực nước hồ và lưu lượng rò rỉ ở điểm rò R3, đập phụ số 3. Hai điểm thấm ướt R4 và R5 không đo được lưu lượng.

Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu là đánh dấu nước hồ, lấy mẫu phân tích nồng độ chất đánh dấu để tìm vùng rò rỉ trên hồ và xác định phân bố nồng độ chất đánh dấu theo thời gian tại điểm rò ở hạ lưu.

Đánh dấu trên hồ: Đánh dấu trên hồ nhằm mục đích xác định vị trí lỗi vào của dòng rò rỉ đi vào đập dựa trên nguyên lý pha loãng. Khi cao trình nước hồ đạt tới ngưỡng rò, chất đánh dấu được rải dọc theo vùng nghi có thấm trên hồ đối xứng 2 bên giao điểm đường trục tuyến qua điểm rò với chiều dọc thân đập, gần với mái. Phân bố nồng độ chất đánh dấu trong nước hồ dọc theo vùng rải chất đánh dấu được đo định kỳ theo thời gian trong khoảng 1-2 h. Điểm rò được xác định là điểm có nồng độ chất đánh dấu cao nhất sau một khoảng thời gian khuếch tán.

Ở cao trình nước hồ trên 604 m, chất đánh dấu là muối NaCl chứa trong các bao nilong có đục nhiều lỗ, mỗi bao khối lượng 5 kg được thả tại nhiều điểm trên hồ cách nhau khoảng 2 m, cố định ở độ sâu khoảng 1 m, dọc theo sườn mái thượng lưu, cách mép nước khoảng 1



Hình 1. Hình chụp đập phụ số 2, điểm rò R2 (trái) và đập phụ số 3, điểm rò R3, R4 và R5 (phải).

m. Mẫu nước hồ dọc theo vị trí thả muối được thu thập theo thời gian sau khi thả để đo độ dẫn tại hiện trường và phân tích thành phần ion Cl^- tại Phòng thí nghiệm hóa lý (VILAS-609) của Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp.

Đánh dấu liên thông: Đánh dấu liên thông là phương pháp đánh dấu thời gian vận chuyển (Transit Time Method) được áp dụng để xác định vận tốc thực của nước chuyển qua khe rỗng giữa các hạt [9]. Trong thí nghiệm này, chất đánh dấu được pha vào nước trên hồ tại khu vực đã xác định được lối vào của dòng rò và lấy mẫu quan trắc sự xuất hiện của chúng ở vùng xuất lộ của điểm rò dưới hạ lưu đập. Kết quả phân tích cho phép biểu diễn nồng độ chất đánh dấu xuất hiện theo thời gian $C(t)$ kể từ khi thả chất đánh dấu. Trong trường hợp rò qua đập, nghiệm của phương trình vận chuyển khuếch tán mô tả nồng độ chất đánh dấu $C(x,t)$ có dạng [9]:

$$C(x, t) = \frac{M_0}{2\sqrt{\pi D_{ox}t}} e^{-\left(\frac{x - \bar{v}_x t}{2\sqrt{D_{ox}t}}\right)^2} \quad (1)$$

Trong đó, M_0 (kg) là khối lượng chất đánh dấu ban đầu hòa vào nước hồ, D_{ox} là hệ số phân tán thủy động dọc theo phương chuyển động của nước thấm (cm^2/s), $\bar{v}_x$ (cm/s) là vận tốc trung bình chảy trong khe rỗng.

Thời gian di chuyển trung bình $\bar{t}$ được tính dựa trên phân bố nồng độ chất đánh dấu xác định tại điểm rò theo thời gian $C(t)$, theo công thức:

$$\bar{t} = \frac{\int_0^{\infty} C(t).t.dt}{\int_0^{\infty} C(t).dt} \quad (2)$$

Trong đó, t là thời gian (ngày) tính từ khi thả chất đánh dấu.

Vận tốc thực v_r (m/ngày) của dòng chảy qua khe rỗng được ước lượng dựa trên vận tốc di chuyển trung bình v trên khoảng cách giữa lối vào trên hồ và vùng rò dưới hạ lưu đập L (m) và thời gian di chuyển trung bình $\bar{t}$ (ngày) bởi công thức [6, 7]:

$$v = \frac{L}{\bar{t}} \quad (3)$$

Nói chung, $v \neq v_r$ vì quãng đường đi thực của dòng rò thường lớn hơn khoảng cách trực tiếp L và lối vào và ra của dòng rò không phải là 1 điểm mà là một vùng có diện

tích. Như vậy, kết quả tính vận tốc di chuyển theo (2) là ước lượng giá trị thấp nhất của vận tốc thực v_r của dòng rò qua khe rỗng.

Cho đến nay chưa có công trình công bố nghiên cứu sự khác biệt giữa vận tốc thực v_r và vận tốc dịch chuyển xác định bằng đánh dấu trong trường hợp rò rỉ qua đập. Trong khảo sát sự khác biệt vận tốc thực và vận tốc dịch chuyển do ảnh hưởng của 2 giếng - giếng bơm chất đánh dấu và giếng thu hồi, Durnbraun (1967) [10] đưa ra công thức ước lượng như sau:

$$v_r = \frac{1}{t} \left[L + \frac{\pi d}{4p\alpha} \right] \quad (4)$$

Trong đó, d là đường kính giếng (cm), p là độ rỗng và α là góc ảnh hưởng của dòng chảy từ điểm bơm chất đánh dấu với ý nghĩa chất đánh dấu phân tán theo khoảng cách từ điểm bơm theo dòng chảy. Theo Durnbraun, trong trường hợp giếng gần nhau thì ảnh hưởng lên sự sai khác về vận tốc đo bằng đánh dấu và vận tốc thực là lớn nhất. Ví dụ trường hợp $L = 2,5$ m, $d = 20$ cm, $\alpha = 2$ và $p = 31\%$ thì $v_r > v$ khoảng 10%.

Dựa trên thời gian di chuyển trung bình, độ dẫn thủy lực K (cm/s) được tính theo công thức [11]:

$$K = \frac{n_e(\Delta L)^2}{t \Delta h} \quad (5)$$

Nếu đo được lưu lượng rò Q thì thể tích bão hòa nước V_{bhn} trong vùng rò tập trung được xác định bởi công thức:

$$V_{bhn} = Q \cdot \bar{t} \quad (6)$$

Tiết diện bão hòa nước S_{bhn} vùng thấm rò được xác định từ thể tích V_{bhn} theo công thức:

$$S_{bhn} = V_{bhn}/L \quad (7)$$

Thí nghiệm đánh dấu liên thông được tiến hành 2 lần vào cuối mùa mưa, cách nhau khoảng 25 tháng. Lần thứ nhất vào tháng 11/2014 và lần thứ hai vào tháng 12/2016. Chất đánh dấu là muối NaCl được đựng trong các bao nilon đục lỗ, khoảng từ 15-20 bao tùy theo độ dài của vùng khảo sát, mỗi bao 10 kg (khối lượng muối tăng lên để kéo dài thời gian quan trắc trên thực địa) đặt dọc theo mái đập thượng lưu xung quanh vị trí điểm rò trên hồ, đối xứng với điểm rò phía hạ lưu qua đỉnh đập. Mẫu nước thấm rò có thể tích 300 ml được thu thập theo thời gian tại các điểm rò để đo độ dẫn tại hiện trường và phân tích thành phần chất đánh dấu Cl^- (hình 3).



Hình 3. Bố trí thả chất đánh dấu liên thông ở đập phụ số 2 (trái) và đập phụ số 3 (phải).

Trong tất cả các thí nghiệm, độ dẫn được đo bằng thiết bị Hana HI98197 (Nhật Bản), nồng độ Cl^- được phân tích bằng thiết bị sắc ký ion ICS-1000 của hãng Dionex - USA. Ngưỡng phát hiện của quy trình phân tích đối với Cl^- và độ dẫn là 0,1 mg/l và 0,1 microS/cm.

Kết quả và thảo luận

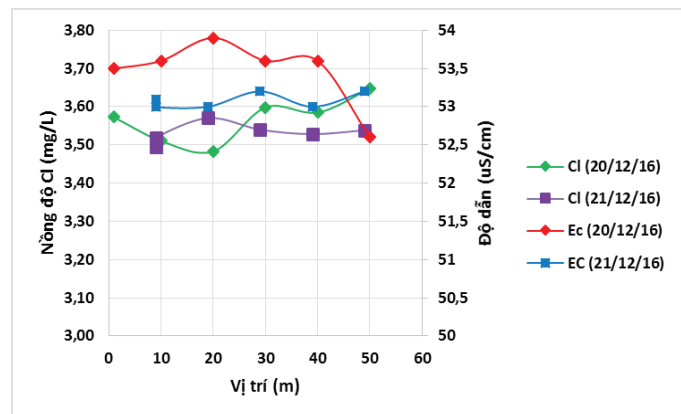
Xác định điểm rò trên hồ

Đập phụ số 2:

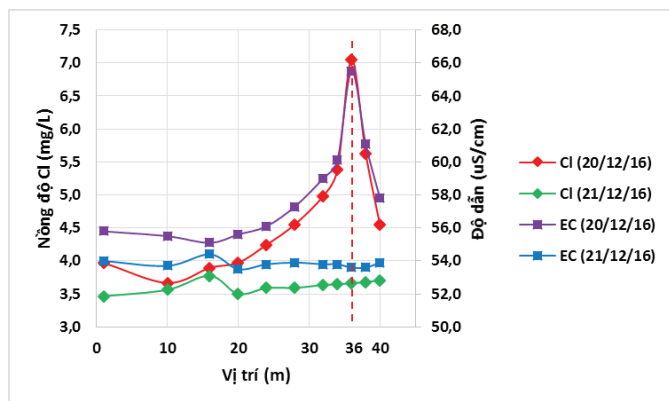
Chất đánh dấu được thả xuống hồ ngày 11/12/2016 dọc theo mái đập trong khoảng 50 m, đối xứng với điểm rò hạ lưu. Tuy nhiên, do điều kiện thời tiết xấu nên 10 ngày sau mới tiến hành lấy mẫu đợt thứ nhất và 11 ngày sau lấy đợt thứ hai. Khoảng thời gian từ khi thả chất đánh dấu đến khi quan trắc quá dài, chất đánh dấu bị pha loãng do khuếch tán, nồng độ chất đánh dấu và độ dẫn đo dọc theo mái đập giảm về giá trị phông (giá trị phông $\pm \sigma$), do đó không phát hiện được điểm rò trên hồ (hình 4). Để làm cơ sở cho các tính toán tiếp theo, điểm rò được giả định nằm trên đường vuông góc với thân đập tại cao trình 604 m, cách điểm rò xuất lộ hạ lưu khoảng 75 m.

Đập phụ số 3:

Chất đánh dấu được thả xuống hồ ngày 20/12/2016 dọc theo mái đập 40 m, cách mép nước 1 m. Mẫu quan trắc được thu thập tại vùng thả chất đánh dấu sau khi thả chất đánh dấu 4 h (ngày 20/12) và 25 h (ngày 21/12). Kết quả phân tích nồng độ chất đánh dấu (Cl^-) và độ dẫn của 2 đợt quan trắc được biểu diễn trên đồ thị hình 5.



Hình 4. Sau 10 đến 11 ngày thả chất đánh dấu, nồng độ chất đánh dấu Cl^- và độ dẫn dọc theo mái đập của đập phụ số 2 đã khuếch tán pha loãng trở về gần giá trị phông, do đó không xác định được điểm rò trên hồ. Giá trị phông của độ dẫn và nồng độ Cl^- là 53,5 uS/cm và 3,60 mg/l.



Hình 5. Phân bố nồng độ chất đánh dấu Cl^- và độ dẫn dọc theo mái đập của đập phụ số 3 được đo sau khi thả chất đánh dấu 4 h và 25 h. Giá trị phông của độ dẫn và nồng độ Cl^- là 54,0 uS/cm và 3,60 mg/l.

Phân bố độ dẫn và nồng độ Cl^- chất đánh dấu có đỉnh đạt giá trị cực đại là 66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ và 6,8 mg/l tại vị trí 36 m kể từ mốc ở lần quan trắc sau 4 h, và trở về giá trị phông ở lần quan trắc sau 25 h. Như vậy chất đánh dấu tập trung ở xung quanh điểm rò và sau 25 h thì khuếch tán hết. Từ đó xác định được vị trí trọng tâm điểm rò trên hồ của đập phụ số 3 ở khoảng cách 36 m tính từ mốc, từ cao trình 604 m. Từ kết quả trên, khoảng cách L giữa điểm rò trên hồ và điểm rò R3 dưới hạ lưu được xác định là 94 m.

Kết quả đánh dấu liên thông

Đánh dấu liên thông được tiến hành 2 lần vào năm 2014 và 2016.

Đập phụ số 2:

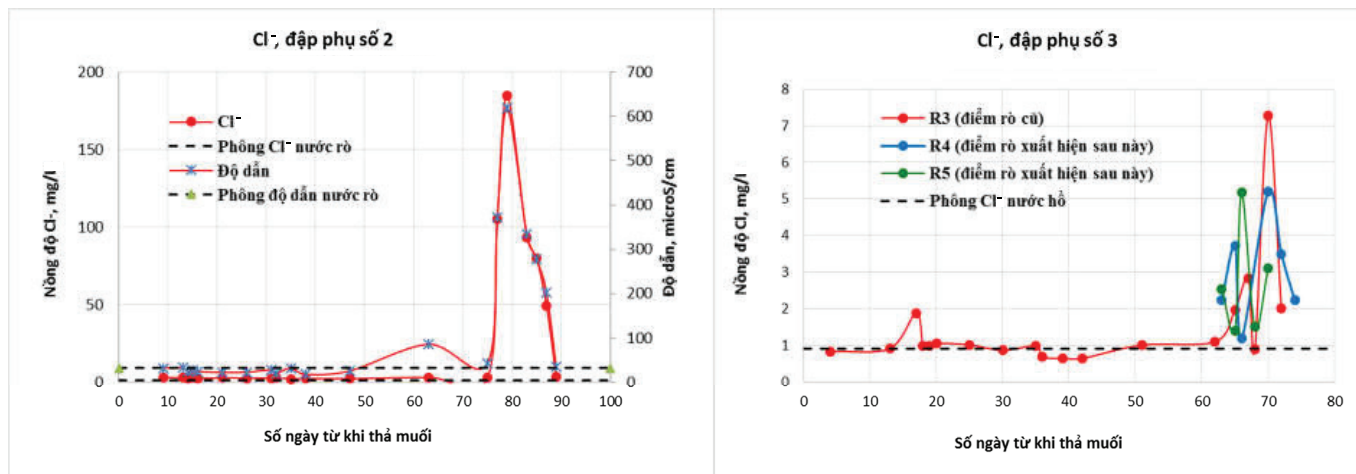
Tại đập phụ số 2 chỉ quan sát thấy 1 vùng thấm ướt,

dòng rò không chảy tập trung thành dòng. Việc lấy mẫu quan trắc được thực hiện bằng cách tạo hồ nông trên mặt đất vùng thấm ướt để thu gom mẫu nước rò. Cao trình nước hồ 604 m. Kết quả phân tích của thí nghiệm đánh dấu tháng 11/2014 cho thấy nồng độ Cl^- có 1 đỉnh đơn đạt cực đại 185 mg/l sau 79 ngày thả muối (hình 6, trái).

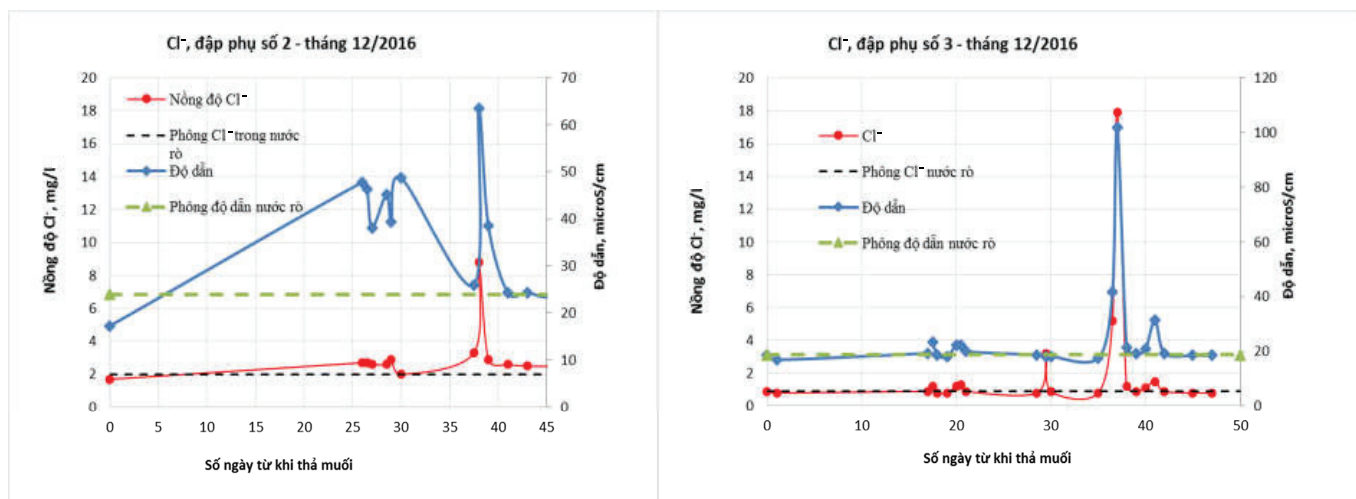
Thí nghiệm được lặp lại vào tháng 12/2016 cũng cho kết quả tương tự, phân bố chất đánh dấu thông qua nồng độ Cl^- có 1 đỉnh đơn đạt 8,8 mg/l sau 38 ngày thả chất đánh dấu (hình 7, trái). Các kết quả đo độ dẫn cũng phù hợp với kết quả phân tích Cl^- . Cao trình nước hồ trong khoảng 604 đến 605 m trong suốt quá trình quan trắc.

Đập phụ số 3:

Kết quả đánh dấu liên thông tại đập phụ số 3 vào tháng 11/2014 phát hiện được sự xuất hiện của chất đánh dấu tại cả



Hình 6. Phân bố nồng độ chất đánh dấu xuất hiện ở các điểm rò rỉ của đập phụ số 2 (trái) và đập phụ số 3 (phải) năm 2014.



Hình 7. Phân bố nồng độ chất đánh dấu xuất hiện ở các điểm rò rỉ R2 của đập phụ số 2 (trái) và R3 của đập phụ số 3 (phải) năm 2016. Tại thời điểm khảo sát các điểm R4, R5 không lấy được mẫu.

3 điểm rò xuất lộ R3, R4 và R5 với nồng độ cực đại tương ứng là 7,3 mg/l, 5,2 mg/l và 5,2 mg/l. Thời gian xuất hiện của các đỉnh không khác nhau nhiều, tương ứng là 70 ngày, 70 ngày và 66 ngày (hình 6, phải). Lưu lượng rò tại R3 đo được 0,1 l/phút tại cao trình nước hồ 604 m.

Thí nghiệm đánh dấu lặp lại vào tháng 12/2016 chỉ lấy được mẫu ở điểm rò cũ R3, hai điểm còn lại nước chỉ thấm ẩm bề mặt nên không lấy được mẫu. Kết quả đánh dấu tại R3 cho phân bố nồng độ Cl⁻ có dạng đỉnh đơn đạt giá trị cực đại 18,0 mg/l tại 37 ngày sau khi đặt chất đánh dấu. Độ rộng đỉnh từ 35 đến 38 ngày (hình 7, phải). Lưu lượng rò tại R3 đo được 0,6 l/phút tại cao trình nước hồ 604 m.

Các kết quả thí nghiệm và thông số tính toán được liệt kê trong bảng 1.

Bảng 1. Các thông số đặc trưng cho dòng thấm rò xác định từ kết quả đánh dấu.

Điểm rò	Năm	Lưu lượng rò, lít/phút	Thời gian di chuyển trung bình, ngày	Vận tốc di chuyển trung bình, m/ngày	Hệ số dẫn thủy lực vùng thấm rò K, cm/s	Thể tích bão hòa nước vùng thấm rò, m ³	Tiết diện bão hòa nước vùng thấm rò, m ²
Điểm rò R2, Đập phụ số 2	2014	0,1*	79	0,75	2,7.10 ⁻³	11,4**	0,15**
	2016	N/A	38	1,6	5,8.10 ⁻³	-	-
Điểm rò R3, Đập phụ số 3	2014	0,1	70	1,3	2,1.10 ⁻³	10,1	0,11
	2016	0,6	37	2,7	3,9.10 ⁻³	32,0	0,34
Điểm rò R4, Đập phụ số 3	2014	0,1*	70	1,3	2,1.10 ⁻³	10,1**	0,11**
Điểm rò R5, Đập phụ số 3	2014	0,1*	66	1,4	2,1.10 ⁻³	9,5**	0,10**

N/A: Không có số liệu vì nước rò chỉ đủ thấm ướt nên không đo được lưu lượng

*Lưu lượng giả định tương đương với điểm rò lân cận

**Kết quả tính dựa trên lưu lượng giả định

Các thông số đặc trưng cho dòng rò và vùng thấm rò bao gồm thời gian di chuyển trung bình, vận tốc di chuyển trung bình, hệ số dẫn thủy lực, thể tích bão hòa nước và tiết diện bão hòa nước được tính theo các công thức (2), (3), (5), (6) và (7).

Độ rỗng của vùng thấm rò được giả định là 30%. Ở các điểm rò thấm ướt không đo được lưu lượng, giá trị giả định được lấy tham khảo từ điểm lân cận là 0,1 l/phút.

Thảo luận

Từ kết quả quan trắc và các tính toán dựa trên số liệu đánh dấu có thể đưa ra các nhận xét về vùng rò và diễn tiến của dòng rò qua thân đập như sau:

- Đập phụ số 3 có 1 điểm vào trong hồ, cách vị trí mốc 36 m, từ cao trình 604 m, thể hiện ở đỉnh đơn trên đường cong đánh dấu (hình 5). Thí nghiệm đánh dấu trên hồ ở đập phụ

số 2 cần được tiến hành bổ sung trong điều kiện nước hồ đạt cao trình 604 m trở lên.

- Kết quả đánh dấu liên thông giữa hồ và điểm rò xuất lộ cho thấy diễn tiến của hiện tượng thấm tập trung, sau 25 tháng thời gian di chuyển trung bình của dòng rò ở cả 2 đập đều ngắn hơn đến 2 lần, tương đương với vận tốc di chuyển trung bình nhanh hơn khoảng 2 lần. Ở trường hợp đập phụ số 3, kết hợp với kết quả đo lưu lượng rò cho thấy thể tích bão hòa nước (thể tích rỗng hiệu dụng) tăng hơn 3 lần, từ 10,1 m³ đến 32,0 m³.

- Độ dẫn thủy lực trong vùng thấm rò xác định được trong tất cả các trường hợp đều ở mức 10⁻³ cm/s, cao hơn so với yêu cầu thiết kế là < 10⁻⁵ cm/s, và có xu hướng tăng, khoảng 2 lần trong thời gian 25 tháng.

Kết luận

Kỹ thuật đánh dấu đã được ứng dụng thử nghiệm khảo sát hiện tượng thấm rò trong các đập đất tại đập phụ số 2 và số 3 của thủy điện HT ở 2 thời điểm cách nhau khoảng 25 tháng. Bằng kỹ thuật đánh dấu theo dõi sự khuếch tán pha loãng, điểm rò trên hồ ở đập số 3 đã được xác định tại vị trí cách mốc 36 m, tại cao trình mực nước 604 m. Phân bố nồng độ chất đánh dấu tại các điểm rò xuất lộ xác định bằng kỹ thuật đánh dấu liên thông cho thấy hiện tượng thấm rò tập trung. Thời gian di chuyển trung bình của điểm rò R3, R4 và R5 tại đập số 3 năm 2014 là 70 ngày, 70 ngày và 66 ngày. Kết quả quan trắc sau đó 25 tháng vào năm 2016 cho thấy thời gian di chuyển tại R3 ngắn hơn, còn 37 ngày. Tại đập số 2, kết quả khảo sát cho thấy thời gian di chuyển của dòng thấm tập trung tại điểm rò R2 là 79 ngày năm 2014 và giảm xuống 38 ngày vào năm 2016.

Từ thời gian di chuyển trung bình của dòng thấm tập trung, kết hợp với số liệu quan trắc lưu lượng rò, các kết quả

tính toán ước lượng vận tốc di chuyển trung bình, độ dẫn thủy lực và thể tích vùng rò tập trung đã được tiến hành để làm cơ sở cho các đánh giá về hiện tượng thấm rò tiếp theo phục vụ cho công tác an toàn đập.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Internal Erosion of Existing Dams, Levees and Dikes, and their Foundation, Bulletin 1XX, CIGB, ICOLD 22, Jan 2013.
- [2] U.S. Federal Emergency Management Agency and Interagency Committee on Dam Safety (2017), *Evaluation and Monitoring of Seepage and Internal Erosion - Interagency Committee on Dam Safety*, Create Space Independent Publishing Platform.
- [3] Scott Ikard (2013), *Ph.D Thesis "Goelectric monitoring of seepage in porous media with engineering applications to earthen dams"*, Colorado School of Mines.
- [4] Robin Fell, Chi Fai Wan, John Cyganiewicz, and Mark Foster (2003), "Time for development of internal erosion and piping in embankment dams", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, **314**, pp.307-314.
- [5] Mark Foster, Robin Fell, and Matt Spannagle (2000), "The statistics of embankment dam failures and accidents", *Canadian Geotechnical Journal*, **37**, pp.1000-1024.
- [6] Iván A. Contreras, Samuel H. Hernández (2010), "Techniques for prevention and detection of leakage in dam and reservoirs", *30th Annual USSD Conference: Collaborative Management of Integrated Watersheds*, p.105.
- [7] A. Plata Bedmar, L. Araguas (2002), *Detection and Prevention of Leaks from Dams*, A.A. Balkema Publishers.
- [8] Werner Kass (1998), *Tracing Techniques in Hydrogeology*, A.A. Balkema Publishers.
- [9] Emilian Gaspar, Mircea Oncescu (1972), *Radioactive Tracers in Hydrology*, Elsevier.
- [10] H.J. Durnbraun (1976), "Zur Bestimmung der marturlichen Grundwasserstromung mit Tracers", *Atomkernenergie*, **4/4**, pp.130-132.
- [11] Stanley N. Davis, Glenn M. Thompson, Harold W. Bentley, Gary Stiles (1980), "Ground water tracers", *Groundwater*, **18**, pp.14-23.

Nghiên cứu đề xuất mô hình dự báo thời điểm có thể xảy ra tai biến địa chất trong thi công xây dựng công trình ngầm

Nguyễn Kế Tường¹, Nguyễn Quang Phích^{2*}

¹Trường Đại học Tôn Đức Thắng

²Trường Đại học Bình Dương

Ngày nhận bài 11/10/2017; ngày chuyển phản biện 16/10/2017; ngày nhận phản biện 28/11/2017; ngày chấp nhận đăng 4/12/2017

Tóm tắt:

Bài viết giới thiệu một mô hình lý thuyết cho phép dự báo thời điểm có thể xảy ra tai biến địa chất cho bài toán xây dựng công trình ngầm, trên cơ sở coi khối đất đá là môi trường lưu biến với các biểu hiện là đàn hồi - nhớt - dẻo lý tưởng. Thời gian có thể xảy ra tai biến địa chất được xác định là thời điểm khối đất đá xung quanh công trình ngầm chuyển từ trạng thái biến dạng ổn định đàn hồi - nhớt sang trạng thái đàn hồi - nhớt - dẻo. Dịch chuyển giới hạn tại thời điểm xuất hiện phá hủy là tương ứng với tiêu chuẩn ổn định đề xuất trong SNIP-II-94-80 của Nga, cũng như cấp ổn định cho công trình ngầm tiết diện lớn theo IAEG 2006. Như vậy, các kết quả nhận được từ nghiên cứu cho thấy sự phù hợp với các kết quả quan trắc thực tế và quy luật thực tế trong xây dựng công trình ngầm. Điều này cũng khẳng định sự cần thiết phải chú ý đến mô hình lưu biến và các quy luật thực tế trong công tác mô phỏng, dự báo.

Từ khóa: Công trình ngầm, mô hình lưu biến, thời điểm có thể xảy ra tai biến địa chất trong xây dựng công trình ngầm.

Chỉ số phân loại: 2.7

Đặt vấn đề

Trong thực tế xây dựng các công trình ngầm dân dụng, các hiện tượng phá hủy khối đất đá (tróc vỡ, tróc lở, sập lở, trượt lở, tụt lở...) thường có thể xảy ra vào thời điểm nhất định sau khi đào, nếu không có các biện pháp gia cố khối đất đá hoặc không lắp dựng kết cấu chống hợp lý và kịp thời sẽ gây ra nhiều thiệt hại về kinh tế. Các sự cố xảy ra có thể từ nhiều nguyên nhân khác nhau, nhưng nguyên nhân cơ bản nhất là biến động của điều kiện địa chất. Cũng vì vậy, thời điểm có thể xảy ra sự cố còn gọi là thời điểm xảy ra tai biến địa chất (rock mass failure-time of geo-hazards) [1]. Ngoài sự chi phối của điều kiện địa chất liên quan mật thiết với các biểu hiện cơ học của khối đất đá thì các yếu tố công nghệ thi công và hình dạng, kích thước của công trình ngầm cũng là các yếu tố ảnh hưởng quan trọng. Cũng vì vậy trong lĩnh vực xây dựng công trình ngầm thường nói đến thời gian ổn định không chống, hay thời gian lưu không (the stand up time) - là khoảng thời gian kể từ sau khi đào một khoảng công trình ngầm với kích thước nhất định nào đó, chưa có kết cấu chống hay kết cấu bảo vệ, cho đến thời điểm khoảng trống ngầm có thể bắt đầu mất ổn định (xuất hiện phá hủy...).

Mối tương quan giữa thời gian lưu không và khẩu độ không chống hữu hiệu của khoảng trống công trình ngầm

(chiều rộng hoặc khoảng cách từ gương đào đến vị trí lắp dựng kết cấu chống) được đề xuất lần đầu tiên trong cách phân loại khối đá của Lauffer (1958) [2] và sau này trong cách phân loại của Bieniawski (1973) [3], Barton (1974) [4]. Mối tương quan đó được sử dụng để thành lập, tính toán tổ chức chu kỳ đào, sao cho kết cấu chống tạm phải được hoàn chỉnh trước thời điểm có thể xảy ra phá hủy.

Mặc dù các phương pháp này đã và đang được sử dụng phổ biến ở Áo và trên thế giới, nhưng mối tương quan giữa các yếu tố hình học, cơ học và thời gian cho đến nay vẫn chủ yếu mang tính kinh nghiệm, đúc rút từ các kết quả quan trắc trong thực tế, ít nhiều mang tính chủ quan của từng tác giả, chưa được xây dựng trên cơ sở lập luận vật lý chặt chẽ.

Phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến thời gian ổn định không chống và các dạng của các sơ đồ phân loại theo Lauffer, Bieniawski và Barton, Ramamurthy (2007) [5] đã đề xuất biểu thức đơn giản sau để xác định thời gian ổn định không chống:

$$t_f = \frac{k_s \cdot M_{rj}}{S_u (p_0 + u_{sp})}$$

Trong đó, t_f là thời gian ổn định không chống (năm), M_{rj} là tỷ số mô đun của khối đá, phản ánh ảnh hưởng đồng thời của độ bền nén đơn trục σ_{cj} và mô đun tiếp tuyến E_{tj} của khối

*Tác giả liên hệ: nqphichhung@gmail.com

A model for the prediction of rock mass failure-time of geo-hazards in tunneling

Ke Tuong Nguyen¹, Quang Phich Nguyen^{2*}

¹Ton Duc Thang University

²Binh Duong University

Received 11 October 2017; accepted 4 December 2017

Abstract:

The paper introduces a theoretical model that allows the prediction of rock mass failure-time of geo-hazards in the construction of underground structures based on the modelling of rock mass with rheological model expressing the elastic-viscous plastic behaviors. The rock mass failure-time of geo-hazards in tunneling is defined as the time at which the rock mass or the ground around the underground excavation changes from the the viscous-elastic state to the elastic-viscous-plastic state. The critical displacement at the failure state corresponds to the proposed stability criteria in SNIP-II-94-80 of Russia as well as the stability ranking system of rock mass surrounding a large-scale underground excavation according to IAEG 2006. The results of the study show the suitability for the observed results in practice and the actual rule in underground construction. This also confirms the need to pay attention to the rheological model and the practical rules of simulation and prediction.

Keywords: Rheological models, rock mass failure-time of geo-hazards in tunneling, underground structures.

Classification number: 2.7

đá, xác định qua biểu thức: $M_{ij} = E_{ij} / \sigma_{cj}$; S_u là khẩu độ hữu hiệu (m); p_0 là ứng suất nguyên sinh (T/m^2), u_{sp} là áp lực nước ngầm (T/m^2), k_s là hằng số liên quan với đại lượng M_{ij} như trong bảng 1.

Bảng 1. Đề xuất giá trị của k_s theo Ramamurthy (2007).

M_{ij}	500	200	100	50
k_s	100	5	0,2	0,01

Biểu thức xác định thời gian ổn định không chống không phức tạp, nhưng việc xác định các tham số liên quan với biểu hiện khối đá thực tế rất không đơn giản.

Sử dụng mô hình lưu biến di truyền nhân Abel theo Erzhanov (1964) [6], mô hình kinh nghiệm của Bulychov (1982) [7], tiêu chuẩn được đề xuất để đánh giá ổn định công trình ngầm của Nga (1980) [8] và đề xuất về cấp ổn định cho công trình ngầm tiết diện lớn theo Lianjin và nnk (2006) [9], các tác giả Nguyễn Quang Phích (1987) [10] và Nguyễn Văn Mạnh, Nguyễn Quang Phích (2015) [11] đã xây dựng mô hình giải tích xác định thời gian ổn định không chống cho công trình ngầm. Các kết quả nhận được phản ánh hợp lý các quy luật đã được đề xuất của Lauffer, Bieniawski và Barton. Mô hình giải tích cho phép giải thích được các quy luật trên cơ sở lập luận khá chặt chẽ về mặt cơ học.

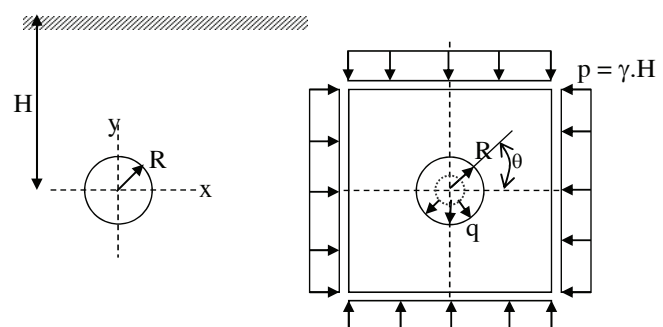
Tuy nhiên, do tính đa dạng của các khối đất đá về mặt cơ học, không có mô hình duy nhất nào có thể phản ánh mọi quy luật đặc trưng cho các khối đất đá khác nhau, do vậy để làm rõ hơn nữa về cơ sở bài toán biên dự báo thời gian ổn định không chống hay thời điểm xảy ra tai biến địa chất, trong bài này giới thiệu một cách chi tiết phương pháp dự báo lý thuyết thông qua một mô hình lưu biến tổng quát nhưng đơn giản, bao hàm đầy đủ các biểu hiện đàn hồi - nhớt - dẻo lý tưởng.

Nội dung nghiên cứu

Mô hình bài toán và các điều kiện về khối đá

Nói chung các công trình ngầm thường được xây dựng ở độ sâu nào đó kể từ mặt đất. Nghiên cứu quy luật biến đổi cơ học trong khối đất đá vây quanh công trình ngầm bằng phương pháp giải tích thường được khảo sát theo sơ đồ như trên hình 1.

Công trình ngầm nằm ngang, có tiết diện tròn, bán kính R , bố trí ở độ sâu H kể từ mặt đất đến tâm công trình, được mô phỏng thành bài toán biên là một không gian vô hạn, có khoảng trống, chịu tác động nén ở xa vô cùng bởi áp lực thủy tĩnh $p = \gamma \cdot H$, với γ là dung trọng trung bình của khối đất đá. Trong trường hợp chú ý đến kết cấu chống, hay bảo vệ, thì trên biên trong của khoảng trống được mô phỏng thêm áp lực q , phản ánh phản lực từ phía kết cấu chống.



Hình 1. Sơ đồ và các điều kiện biên tổng quát của bài toán.

Đây là sơ đồ bài toán đơn giản nhất hay được sử dụng để phân tích các vấn đề mang tính cơ bản, nhưng cho phép có thể phát triển để nghiên cứu với các mô hình cơ học khác nhau về khối đất đá và để làm cơ sở cho việc xây dựng các lời giải số cho bài toán phức tạp hơn, như trong các trường hợp phức tạp về hình học, các điều kiện biên, các mô hình cơ học.

Xuất phát từ thực tế là, các biểu hiện cơ học của các khối đất đá rất đa dạng, phức tạp và phụ thuộc vào thời gian; mặt khác các quá trình thi công xây dựng công trình ngầm cũng là các quá trình thay đổi theo thời gian, hay bị chi phối bởi yếu tố thời gian, nên để khảo sát ảnh hưởng của yếu tố thời gian cần thiết phải chú ý đến mô hình lưu biến và các tiêu chuẩn phá hủy phù hợp với loại mô hình này.

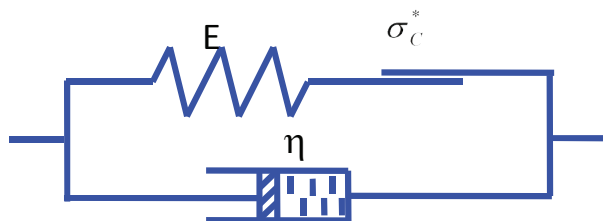
Với các trang thiết bị nghiên cứu ngày càng hiện đại và chính xác, cho đến nay, các biểu hiện lưu biến của khối đất đá đã được nghiên cứu nhiều và minh họa bằng các mô hình lưu biến phức tạp khác nhau. Một số mô hình cũng như các kết quả nghiên cứu về yếu tố thời gian trong cơ học đất đá có thể tham khảo trong các tài liệu [6, 7, 12-22]. Các kết quả nghiên cứu cho thấy tính đa dạng và phức tạp của các dạng biểu hiện lưu biến và vấn đề mô phỏng chúng. Với các phương tiện nghiên cứu thực nghiệm ngày càng hiện đại, hy vọng sẽ có các kết quả cho phép có được các mô hình gần biểu hiện thực của các vật liệu địa chất trong tương lai.

Trong nghiên cứu này, biểu hiện cơ học của khối đất đá phụ thuộc vào thời gian được mô phỏng bằng mô hình lưu biến có các biểu hiện đàn hồi - nhớt - dẻo lý tưởng (như trên hình 2), bao gồm mô hình đàn hồi HOOKE ghép nối tiếp với mô hình dẻo lý tưởng SAINT VENNANT và ghép song song với mô hình nhớt NEWTON. Đặc điểm về biểu hiện cơ học của mô hình này ở trạng thái nén đơn trục là:

- Khi tác dụng cơ học chưa đạt đến giới hạn chảy (hay giới hạn dẻo) σ_p^* , hay giới hạn bền σ_C^* , mô hình có biểu hiện biến dạng đàn hồi - nhớt;

- Sau khi tác dụng cơ học đạt được giới hạn chảy, biểu hiện của mô hình là đàn hồi - nhớt - dẻo.

Để phân tích quá trình biến đổi cơ học, tách các thành



Hình 2. Mô hình lưu biến.

phần ứng suất tổng thể ra hai thành phần là các thành phần ứng suất tĩnh và các thành phần ứng suất động:

- Các thành phần ứng suất tĩnh (static), tác dụng lên phần mô hình HOOKE nối tiếp với SAINT VENNANT;

- Các thành phần ứng suất động (kinematic - dynamic), tác dụng lên phần mô hình nhớt NEWTON.

Ký hiệu các thành phần ứng suất tĩnh và động, lần lượt với các chỉ số trên là s và d, khi đó có mối quan hệ:

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ij}^s + \sigma_{ij}^d \quad (1)$$

Giới hạn dẻo, hay giới hạn phá hủy của khối đá được xác định từ các kết quả thí nghiệm đá và các phương pháp tính chuyển đổi khác nhau. Trong nghiên cứu này, giới hạn dẻo được chọn theo tiêu chuẩn dẻo của DRUCKER-PRAGER (1952) [23] có dạng:

$$(J_2^s)^{\frac{1}{2}} - \alpha_1 I_1^s - \alpha_2 = 0 \quad (2)$$

$$\text{Trong đó: } J_2^s = \frac{1}{6} [(\sigma_\theta^s - \sigma_r^s)^2 + (\sigma_r^s - \sigma_z^s)^2 + (\sigma_z^s - \sigma_\theta^s)^2]$$

là bất biến thứ hai của ten xơ lệch ứng suất tĩnh; $I_1^s = \sigma_\theta^s + \sigma_r^s + \sigma_z^s$ là bất biến thứ nhất của ten xơ ứng suất tĩnh; α_1, α_2 lần lượt là các hằng số vật liệu.

Để đơn giản hóa việc khảo sát lý thuyết, khối đất đá được giả thiết là môi trường không chịu nén thể tích (hệ số Poisson $\mu = 0,5$). Như vậy, với các giả thiết đã nêu trên, trạng thái ứng suất nguyên sinh trong khối đá là thủy tĩnh, với áp lực ban đầu là:

$$p = \rho \cdot g \cdot H = \gamma \cdot H = \sigma_v = \sigma_h \quad (3)$$

Trong đó, ρ là khối lượng thể tích của khối đá; g là gia tốc trọng trường; H là độ sâu bố trí đường hầm, kể từ mặt đất (giả thiết là bằng phẳng) đến tâm đường hầm; σ_v, σ_h là các thành phần ứng suất chính theo phương thẳng đứng (chỉ số v) và theo phương nằm ngang (chỉ số h).

Với giả thiết đường hầm nằm ở độ sâu đủ lớn ($H \gg R$) và dài ($L \gg R$), có thể đưa vấn đề nghiên cứu các quy luật biến đổi cơ học trong khối đá về bài toán biến dạng phẳng, đối xứng tâm, trong hệ tọa độ độc cực, như trên hình 1.

Các phương trình cơ bản

Với các điều kiện và mô hình bài toán đã giới thiệu, trong khối đất đá xung quanh đường hầm sẽ không xuất hiện các thành phần ứng suất tiếp. Khi đó ba thành phần ứng suất pháp chính là ứng suất pháp tiếp tuyến, ứng suất pháp hướng tâm và ứng suất pháp hướng trục, lần lượt được biểu diễn qua các chỉ số dưới là θ, r, z ở dạng tổng của các thành phần ứng suất tĩnh (s) và động (d) như sau:

$$\begin{aligned}\sigma_\theta &= \sigma_\theta^s + \sigma_\theta^d \\ \sigma_r &= \sigma_r^s + \sigma_r^d \\ \sigma_z &= \sigma_z^s + \sigma_z^d\end{aligned}\quad (4)$$

Do khối đất đá được giả thiết là không chịu nén thể tích, nên các thành phần biến dạng thể tích, biến dạng thẳng tiếp tuyến, biến dạng thẳng hướng tâm và biến dạng thẳng dọc trục hàm, lần lượt với các chỉ số dưới v, θ, r, z có dạng:

$$\begin{aligned}\varepsilon_v &= \varepsilon_\theta + \varepsilon_r + \varepsilon_z = 0 \\ \varepsilon_z &= 0\end{aligned}\quad (5)$$

Từ đó có:

$$\varepsilon_\theta = -\varepsilon_r \quad (6)$$

Xuất phát từ các mối quan hệ quen biết cho mô hình KELVIN, có thể biểu diễn mối liên hệ giữa các thành phần ứng suất pháp chính và các thành phần biến dạng dài chính như sau [24]:

$$\begin{aligned}\sigma_\theta - \sigma &= 2G\varepsilon_\theta + 2\eta\dot{\varepsilon}_\theta \\ \sigma_c^* \sigma_r - \sigma &= 2G\varepsilon_r + 2\eta\dot{\varepsilon}_r \\ \sigma_z &= \frac{1}{2}(\sigma_\theta + \sigma_r) = \sigma\end{aligned}\quad (7)$$

Nếu tách riêng ra các thành phần ứng suất tĩnh và động nhận được:

$$\begin{aligned}\sigma_\theta^s - \sigma^s &= 2G\varepsilon_\theta \\ \sigma_r^s - \sigma^s &= 2G\varepsilon_r \\ \sigma_z^s &= \sigma^s = \sigma_z = \frac{1}{2}(\sigma_\theta^s + \sigma_r^s) = \frac{1}{2}(\sigma_\theta + \sigma_r)\end{aligned}\quad (8)$$

và

$$\begin{aligned}\sigma_\theta^d &= \eta\dot{\varepsilon}_\theta \\ \sigma_r^d &= 2\eta\dot{\varepsilon}_r \\ \sigma_z^d &= 0\end{aligned}\quad (9)$$

Trong các phương trình (7), (8), (9), các tham số G và η lần lượt là mô đun trượt và độ nhớt (động) của khối đá.

Khối đá xung quanh đường hầm sẽ chuyển từ trạng thái đàn hồi - nhớt sang trạng thái đàn hồi - nhớt - dẻo, khi các thành phần ứng suất tĩnh trên biên đạt tiêu chuẩn (2). Từ các kết quả phân tích, tiêu chuẩn (2) được đưa về dạng:

$$\sigma_\theta^{s*} - \frac{1+3\alpha_1}{1-3\alpha_1} \sigma_r^{s*} - \frac{2\alpha_2}{1-3\alpha_1} = 0 \quad (10)$$

Chú ý là, thông thường, điều kiện bền MOHR-COULOM vẫn được sử dụng, qua phương trình:

$$\sigma_c^* \sigma_\theta^{s*} - k_p \sigma_r^{s*} - \sigma_c^* = 0 \quad (11)$$

với:

$$k_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \quad \text{và} \quad \sigma_p^* = \sigma_c^* = 2 \frac{c \cdot \cos \varphi}{1 - \sin \varphi} \quad (12)$$

Trong đó, φ là góc ma sát trong; c là lực dính kết đơn vị; $\sigma_p^* = \sigma_c^*$ là độ bền nén đơn trục của khối đá, trong trường hợp này cũng có thể hiểu là giới hạn chảy hay giới hạn dẻo của khối đá. Chỉ số p có nghĩa là dẻo, C có nghĩa là nén (đơn trục), các dấu (*) biểu thị trạng thái giới hạn dẻo hay giới hạn bền.

So sánh (10) với (12), với giả thiết các tiêu chuẩn này là tương đương trong bài toán được xét, thì có thể xác định các tham số cơ học theo tiêu chuẩn DRUCKER-PRAGER từ tiêu chuẩn bền MOHR-COULOMB, qua các biểu thức:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \frac{k_p - 1}{3(k_p + 1)} = \frac{\sin \varphi}{3} \\ \alpha_2 &= \frac{\sigma_c^*}{k_p + 1} = \frac{\sigma_c^*(1 - \sin \varphi)}{2}\end{aligned}\quad (13)$$

Trong trạng thái đàn hồi - nhớt - dẻo, các thành phần ứng suất luôn thỏa mãn điều kiện (10) và (12). Từ phương trình (8), có chú ý đến các giả thiết về trạng thái dẻo (11), có được các mối quan hệ giữa các thành phần ứng suất và biến dạng như sau:

$$\begin{aligned}\sigma_\theta^* - k_p \sigma_r^* - \sigma_c^* &= 2\eta(k_p + 1)\dot{\varepsilon}_\theta \\ \sigma_\theta^* - k_p \sigma_r^* - \sigma_c^* &= -2\eta(k_p + 1)\dot{\varepsilon}_r\end{aligned}\quad (14)$$

Giữa các thành phần ứng suất động và biến dạng vẫn tuân theo quy luật (9), nghĩa là:

$$\begin{aligned}\sigma_\theta^d &= \eta\dot{\varepsilon}_\theta \\ \sigma_r^d &= 2\eta\dot{\varepsilon}_r \\ \sigma_z^d &= 0\end{aligned}\quad (15)$$

Tuy nhiên, ở đây không tiến hành phân tích quá trình biến dạng sau khi xuất hiện trạng thái hóa dẻo, vì để xác định thời gian ổn định không chống hay thời gian có thể xảy ra tai biến địa chất chỉ cần chú ý đến thời điểm khối đá chuyển từ trạng thái đàn hồi nhớt (ổn định) sang trạng thái dẻo.

Về tiêu chuẩn ổn định cho các công trình ngầm không chống

Thực tế, trong xây dựng công trình ngầm cho thấy có ba dạng mất ổn định là:

- Sau khi đào, đến một thời điểm nào đó xung quanh khoảng trống ngầm xuất hiện các hiện tượng tróc lở, sập lở các tầng đá vào khoảng trống, nếu không chống giữ kịp thời.

- Dịch chuyển của khối đá tăng theo thời gian, không xảy ra hiện tượng phá hủy, nhưng dịch chuyển gây thay đổi lớn kích thước của khoảng trống ngầm.

- Kết hợp cả hai dạng gây mất ổn định trên.

Đến nay, để đánh giá mức độ ổn định của khối đá xung quanh các khoảng trống ngầm, có nhiều tiêu chuẩn và giả thiết khác nhau.

Thuận tụy về mặt cơ học, khối đá sẽ chuyển sang trạng thái phá hủy, nếu tiêu chuẩn phá hủy bị vi phạm, ví dụ theo các thuyết bền khác nhau, như DRUCKER-PRAGER, MOHR-COULOMB, HOEK-BROWN...

Trong xây dựng công trình ngầm, dịch chuyển của khối đá là đại lượng dễ quan trắc, theo dõi trong quá trình thi công. Thực tế cho thấy, khi dịch chuyển trên biên đạt được giá trị nào đó, hoặc quy luật phát triển của dịch chuyển có biến động thì sẽ dẫn đến trạng thái phá hủy khối đá. Theo phân loại khối đá của Nga, SNIP II-94-80 [8] khối đá được phân loại theo giá trị dịch chuyển lớn nhất trong thời gian tồn tại. Ngoài ra trong [9] cũng sử dụng dịch chuyển cực đại trên biên khoảng trống để xếp loại khối đá theo cấp ổn định (stability ranking). Nếu chấp nhận quan điểm này, có thể giả thiết rằng, khối đá sẽ chuyển sang trạng thái mất ổn định, nếu:

$$U_{\max} - U^* = 0 \quad (16)$$

Trong đó, $U_{\max}$ là dịch chuyển lớn nhất trên biên, có thể tính được bằng lý thuyết hoặc đo được trong quá trình thi công; U^* là giá trị dịch chuyển giới hạn, theo lý thuyết hoặc kinh nghiệm. Khi $U_{\max} < U^*$ thì khối đá ở trạng thái ổn định.

Với mô hình cơ học sử dụng trong bài viết này cho khối đá, giả thiết rằng, khối đá còn là ổn định, chừng nào còn có biểu hiện đàn hồi - nhót. Khối đá bắt đầu mất ổn định, nếu nó bắt đầu chuyển sang trạng thái đàn hồi - nhót - dẻo. Ở đây, sử dụng tiêu chuẩn bền DRUCKER-PRAGER, với giả thiết rằng khối đá chuyển sang trạng thái phá hủy (dẻo) khi các thành phần ứng suất tĩnh thỏa mãn tiêu chuẩn DRUCKER-PRAGER (2), với các tham số được xác định dựa vào tính tương đương so với tiêu chuẩn MOHR-COULOMB. Như vậy, tiêu chuẩn này mang ý nghĩa cơ học.

Kết quả

Quá trình biến đổi cơ học trong khối đất đá

Kết quả phân tích quá trình biến đổi cơ học trong khối đất đá với sơ đồ phân tích và các biểu hiện cơ học đã trình bày cho thấy, quá trình biến đổi cơ học diễn ra theo thời gian. Ban đầu khối đá ở trạng thái đàn hồi nhót, sau đó, khi các thành phần ứng suất tĩnh thỏa mãn điều kiện bền (2), khối đá chuyển sang trạng thái đàn hồi - nhót - dẻo. Khi đó vùng đàn hồi - nhót - dẻo sẽ lan truyền dần từ biên khoảng trống ngầm vào sâu trong khối đá, cho đến khi đạt được trạng thái cân bằng cuối cùng.

Tuy nhiên, với mục tiêu là xác định thời điểm khối đá bắt đầu chuyển từ trạng thái đàn hồi - nhót sang trạng thái đàn hồi - nhót - dẻo, được gọi là thời gian ổn định không chống (stand up time), nên ở đây không đề cập đến các quy luật biến đổi cơ học sau thời điểm này. Trong thực tế, kết cấu chống có thể được lắp dựng sao cho quá trình biến dạng dẻo không hình thành. Bài toán được giải bằng tích phân trực tiếp hệ các phương trình vi phân được đưa về dạng đơn giản, hoặc theo nguyên lý tương tự đàn hồi với đàn hồi nhót, cũng còn gọi là nguyên lý Volterra [24].

Trong trạng thái đàn hồi - nhót, cùng với quá trình biến dạng, các thành phần ứng suất tĩnh tăng dần, thành phần ứng suất động giảm dần, tuân theo quy luật:

$$\begin{aligned} \sigma_{\theta}^s &= p \left[1 \pm \left(1 - e^{-\frac{r}{r_0}} \right) \cdot \frac{R^2}{r^2} \right] \\ \sigma_r^s &= p \\ \sigma_z^s &= p \end{aligned} \quad (17)$$

Các thành phần ứng suất động biến đổi theo quy luật:

$$\begin{aligned} \sigma_{\theta}^d &= \pm p e^{-\frac{r}{r_0}} \cdot \frac{R^2}{r^2} \\ \sigma_r^d &= 0 \\ \sigma_z^d &= 0 \end{aligned} \quad (18)$$

Các thành phần ứng suất toàn phần là không đổi theo thời gian:

$$\begin{aligned} \sigma_{\theta} &= p \left[1 \pm \frac{R^2}{r^2} \right] \\ \sigma_r &= p \\ \sigma_z &= p \end{aligned} \quad (19)$$

Chuyển vị hay dịch chuyển hướng tâm U_a của các điểm trên biên (hay chu tuyến) của khoảng trống ngầm được xác định theo biểu thức:

$$U_a = \frac{p \cdot R}{2G} \left(1 - e^{-\frac{r}{r_0}} \right) \quad (20)$$

Trong các biểu thức (17), (18), (20), đại lượng $t_0 = \eta / G$ được gọi là thời gian từ biến.

Kết quả nhận được cho thấy, các thành phần ứng suất toàn phần là không đổi hay cố định, nhưng các thành phần ứng suất tĩnh và động biến đổi theo thời gian, với xu thế thành phần ứng suất tĩnh tăng dần, còn thành phần ứng suất động giảm dần, cho đến khi trạng thái cân bằng được hình thành.

Xác định thời điểm có thể xảy ra tai biến địa chất

Như đã giả thiết ở các mục trước, khối đá bắt đầu chuyển sang trạng thái dẻo (đàn hồi - nhớt - dẻo) khi các thành phần ứng suất tĩnh thỏa mãn tiêu chuẩn bền (10). Gọi t^* là thời gian xảy ra tai biến địa chất, khi đó tại thời điểm này, các thành phần ứng suất tĩnh trên biên khoảng trống nhận các giá trị:

$$\begin{aligned}\sigma_{\theta}^{s*} &= p \left[1 + \left(1 - e^{-t^*/t_0} \right) \right] \\ \sigma_r^{s*} &= p \\ \sigma_z^{s*} &= p\end{aligned}\quad (21)$$

Các thành phần ứng suất này thỏa mãn điều kiện bền, nghĩa là thế vào (10), ta có:

$$p \left[1 + \left(1 - e^{-t^*/t_0} \right) \right] - \frac{1 + 3\alpha_1}{1 - 3\alpha_1} p \left[1 - \left(1 - e^{-t^*/t_0} \right) \right] - \frac{2\alpha_2}{1 - 3\alpha_1} = 0 \quad (22)$$

Hay:

$$p \left[1 + \left(1 - e^{-t^*/t_0} \right) \right] - k_p p \left[1 - \left(1 - e^{-t^*/t_0} \right) \right] - \sigma_c^* = 0 \quad (23)$$

Giải (23) theo t^* nhận được:

$$t^* = t_0 \ln \frac{k_p + 1}{2 - \sigma_c^*/p} \quad (24)$$

Cũng tại thời điểm này, dịch chuyển giới hạn trên biên khoảng trống ngầm đạt giá trị:

$$U_a^* = \frac{p.R}{2G} \left(1 - e^{-t^*/t_0} \right) = \frac{p.R}{2G} \left(1 - \frac{k_p + 1}{2 - \sigma_c^*/p} \right) = \frac{p.R}{2G} \frac{k_p - 1 + \sigma_c^*/p}{2 - \sigma_c^*/p} \quad (25)$$

Đại lượng chuyển vị hay dịch chuyển giới hạn U_a^* trên biên khoảng trống ngầm nhận được ở biểu thức (25) sẽ được sử dụng làm tiêu chuẩn cảnh báo trong quá trình đo đạc, quan trắc dịch chuyển khi thi công, phù hợp với các tiêu chuẩn đánh giá ổn định công trình ngầm không chống theo SNIP-II-94-80 của Nga [8] và đề xuất đánh giá ổn định công trình ngầm theo cấp ổn định [9].

Nhận xét và kết luận

Từ kết quả nhận được, cũng như các kết quả nghiên cứu

đã công bố trong một số công trình nghiên cứu khác [10, 11, 24] cho thấy, hoàn toàn có thể dự báo được “thời điểm xảy ra tai biến địa chất” [1] hay thời gian ổn định không chống trong thi công xây dựng công trình ngầm, trên cơ sở nghiên cứu bài toán về quy luật biến đổi cơ học trong khối đất đá thông qua các mô hình lưu biến và tiêu chuẩn thích hợp về ổn định công trình ngầm, như qua các biểu thức (24) và (25). Đương nhiên, để có thể phát triển hướng nghiên cứu này, cần thiết phải có được các thiết bị thí nghiệm có khả năng phân tích được sự phụ thuộc vào thời gian của các biểu hiện cơ học của khối đất đá.

Mô hình đã sử dụng chỉ mang tính chất minh họa, việc lựa chọn mô hình cho từng loại đất đá (ví dụ CAM-CLAY, các mô hình phi tuyến...) phụ thuộc vào kết quả phân tích biểu hiện cơ học cụ thể.

Kết hợp các kết quả nghiên cứu bằng các mô hình số, mô hình kinh nghiệm và mô hình giải tích cho thấy, với các công cụ nghiên cứu hiện nay, với các trang thiết bị hiện có ở nước ta, có thể xây dựng được các mô hình chú ý đến các biểu hiện lưu biến của đất đá, các yếu tố liên quan với công nghệ thi công theo các tiêu chuẩn ổn định khác nhau. Kết hợp một cách hợp lý giữa các mô hình lý thuyết, mô hình kinh nghiệm và các phương pháp mô phỏng hiện đại, chắc chắn có thể dự báo được các tai biến địa chất cũng như thời điểm có thể xảy ra tai biến địa chất trong xây dựng công trình ngầm một cách thỏa đáng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Mufundirwa, Y. Fujii (2010), *Prediction of rock mass failure-time of geo-hazards*, Proc. of the ISRM European Rock Mechanics Symposium, Lausanne, pp.567-570.
- [2] H. Lauffer (1958), “Gebirgsklassifizierung für den Stollenbau”, *Geologie und Bauwesen*, **24**, pp.46-51.
- [3] Z.T. Bieniawski (1973), “Engineering classification of jointed rock masses”, *Trans S. Afr. Inst. Civ. Engrs.*, **15**, pp.335-344.
- [4] N.R. Barton, R. Lien, J. Lunde (1974), “Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support”, *Rock Mech.*, **6(4)**, pp.189-239.
- [5] T. Ramamurthy (2007), “A realistic approach to estimate stand-up time”, *11th Congress of the International Society for Rock Mechanics*, London, pp.757-760.
- [6] Ж.С. Ержанов (1964), *Теория ползучести горных пород и ее приложения*, Алма-Ата: Наука, 115 с.
- [7] Н.С. Булычев (1982), *Механика подземных сооружений*, М.: Недра, 270 с.
- [8] СНиП II-94-80 (1980), “Подземные горные выработки”, *Утверждены постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 31 декабря 1980 г. № 232*.
- [9] T. Lianjin, L. Panfeng, Z. Zhouyuan (2006), “Stability ranking system of rockmass surrounding a large-scale underground excavations”, *IAEG Paper*, **360**, pp.1-6.

- [10] Nguyen Quang Phich (1987), *Theoretische Betrachtungen zum Lauffer-Diagramm in der Geomechanik (Theoretical Consideration of Lauffer's Rock Mass Classification in Geomechanics)*, Beitrag zur Gebirgsmechanik, Freiburger Forschungshefte A740, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. S. 48-56.
- [11] Van Manh Nguyen, Quang Phich Nguyen (2015), "Analytical solution for estimating the stand-up time of the rock mass surrounding tunnel", *Tunnelling and Underground Space Technology*, **47**, pp.10-15.
- [12] H.E. Loonen (1962), *Theoretische Berechnung der um einen zylinderischen Hohlraum in einem visko-elastisch-plastischem Medium auftretenden Spannungen und Verschiebungen*, Central Proefstation in Limburg.
- [13] A. Salustowicz (1965), *Der Gebirgsdruck auf den Streckenausbau als Funktion der Zeit*, Ländertreffen des internationalen Büros für Gebirgsmechanik. Akademie-Verlag.
- [14] P. Fritz (1984), "An analytical solution for axisymetrics tunnel problems in elasto-viscoplastic media", *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, **8**, pp.325-342.
- [15] N. Cristescu (1989), *Rock Rheology*, Kluwer Academic Pub., 336 p.
- [16] N.D. Cristescu, U. Hunsche (1998), *Time Effects in Rock Mechanics*, Wiley, 342p.
- [17] Nguyen Quang Phich (1994), "Ein rheonomes Enfestigungsmodell zur Deutung der mechanischen Verhalten von Geomaterialien (A rheological model with strain - softening for discribing of mechanical behaviors of geomaterials)", *Geotechnik*, pp.15-20.
- [18] Dương Đức Hùng, Nguyễn Quang Phích (1996), "Một lớp mô hình biểu hiện từ biến của vật liệu địa chất", *Tuyển tập các công trình khoa học, tập XXI*, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
- [19] Dương Đức Hùng, Nguyễn Quang Phích (1997), *Vấn đề mô hình hoá các tính chất cơ học của vật thể rắn*, Hội nghị Cơ học đá toàn quốc 1997, Hà Nội.
- [20] N.D. Cristescu (2009), *Time Effects in Rock Mechanics*, Proceedings of the SEM Annual Conference June 1-4, Albuquerque New Mexico USA©2009 Society for Experimental Mechanics Inc.
- [21] Jindrich Šancer, Martin Štrejbar, Aneta Malenáková (2011), "Effects of Cyclic Loading on the Rheological Properties of Sandstones", *Cent. Eur. J. Geosci.*, **3(2)**, pp.207-214.
- [22] Lang Liu, Ge-ming Wang, Jian-hong Chen, Shan Yang (2013), "Creep experiment and rheological model of deep saturated rock", *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, **23**, pp.478-483.
- [23] D. Drucker, W. Prager (1952), *Soil Mechanics and Plastic Analysis or Limit Design*, Quarterly of Applied Mathematics.
- [24] Nguyễn Quang Phích (2007), *Cơ học đá*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

QUY ĐỊNH VỀ BÀI VIẾT ĐĂNG TẢI TRÊN TẠP CHÍ

Yêu cầu chung

Bài viết gửi đăng trên Tạp chí phải là bài viết nguyên thủy (chưa được công bố trước đó). Tác giả không được gửi đăng bài viết trên các tạp chí khác cho đến khi có quyết định xét duyệt của Ban Biên tập.

Bài báo dài không quá 10 trang (bao gồm cả bảng biểu, ghi chú, tài liệu tham khảo và phụ lục); font chữ: Times New Roman; cỡ chữ 13; khổ giấy A4, lề trên 2 cm, lề dưới 2 cm, lề trái 3 cm, lề phải 2 cm.

Bài viết gửi về Tòa soạn dưới dạng file mềm và bản in; có thể gửi trực tiếp đến Tạp chí (Phòng 507, số 113 Trần Duy Hưng, Cầu Giấy, Hà Nội) hoặc qua hòm thư điện tử, địa chỉ: khcnvn@most.gov.vn.

Tên bài báo

- Tên bài báo được viết bằng tiếng Việt và tiếng Anh, trên trang đầu của bài báo, không gạch chân hay viết nghiêng.

- Tên bài báo phải ngắn gọn, rõ ràng và phù hợp với nội dung bài báo.

- Phía dưới tên bài báo là tên tác giả không viết chức danh và học hàm, học vị. Nếu có nhiều tác giả làm việc ở các cơ quan khác nhau thì tên tác giả được đánh số (^{1,2...}) ở phía trên. Dấu hoa thị (*) chỉ tác giả liên hệ, được viết ở cuối trang đầu tiên của bài báo.

Tóm tắt

Tóm tắt bằng tiếng Việt và tiếng Anh. Nêu được mục đích, phương pháp nghiên cứu chính, kết quả nghiên cứu và kết luận chủ yếu. Từ khoá bằng cả tiếng Việt và tiếng Anh theo thứ tự alphabet. Chỉ số phân loại (theo hướng dẫn).

Dẫn nhập/đặt vấn đề

Định nghĩa vấn đề, tóm lược vấn đề nghiên cứu đã được công bố trong và ngoài nước, nêu mục tiêu nghiên cứu và giải thích sự lựa chọn đề tài và mục tiêu nghiên cứu để thấy được tính thời sự, tính khoa học và sự cần thiết của vấn đề nghiên cứu.

Đối tượng và phương pháp

Đối tượng nghiên cứu cần trình bày tiêu chuẩn lựa chọn, đặc điểm đối tượng nghiên cứu.

Phương pháp nghiên cứu cần nêu rõ cách tiếp cận nghiên cứu, loại hình nghiên cứu, phương pháp đo lường, công thức tính cỡ mẫu, phương pháp xử lý số liệu, mô tả kỹ các kỹ thuật tiến hành trong nghiên cứu; các quan điểm, lập luận, ý kiến tranh luận, các dẫn chứng...

Kết quả

Trình bày đầy đủ, khách quan các kết quả thu được sau nghiên cứu, các kết quả này phải phục vụ cho mục tiêu nghiên cứu. Các số liệu phải chính xác và khớp với nhau.

Phần kết quả nghiên cứu chỉ trình bày các kết quả nghiên cứu của đề tài, không giải thích, so sánh và bàn luận.

Bàn luận

Chủ yếu bàn luận các vấn đề liên quan đến mục tiêu đề tài.

Nhận xét, đánh giá một cách khách quan các kết quả nghiên cứu, có so sánh với các tác giả khác để khẳng định hoặc phủ định những hiểu biết đã có, qua đó nêu được những điểm mới và đóng góp của đề tài.

Dự báo hướng nghiên cứu tiếp và khả năng ứng dụng các kết quả nghiên cứu vào thực tiễn.

Kết luận

Nêu kết quả nghiên cứu chủ yếu của đề tài có tính khái quát liên quan đến mục tiêu nghiên cứu, đề xuất các vấn đề tiếp tục nghiên cứu.

Chú thích và tài liệu tham khảo

Chú thích được đánh số theo thứ tự xuất hiện (^{1,2,3...}) và được trình bày ngay ở cuối trang viết (footnote). Các tài liệu tham khảo được đánh số theo thứ tự xuất hiện để chỉ dẫn chúng được trích dẫn ở đâu trong bài báo. Số thứ tự được đánh trong ngoặc vuông, ví dụ: [3] với 1 hoặc [2, 5, 7-9] với nhiều số chỉ dẫn.

Tác giả (Năm xuất bản), "Tên tài liệu được trích dẫn", *Tên nguồn*, **tập (số)**, pp<trang đầu-trang cuối>

Tác giả: là tác giả/các tác giả của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

Năm xuất bản: năm xuất bản của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

Tên tài liệu được trích dẫn: là tên bài báo, chương/phần sách...

Tên nguồn có thể là tên tạp chí, tên sách, hay tên tài liệu gốc của tài liệu được trích dẫn (phần này được in nghiêng).

Tập (số): dành cho nguồn trích là tạp chí, sách hoặc các xuất bản phẩm khác (phần này in đậm).

Trang đầu-trang cuối là số thứ tự các trang phản ánh nơi cư trú của tài liệu được trích dẫn trong tài liệu nguồn.

Chú ý: nếu có ≥ 2 tài liệu tham khảo do cùng 1 tác giả/nhóm tác giả, cùng năm công bố, thì các tài liệu tham khảo này cần được đánh dấu a, b... sau năm xuất bản (ví dụ: 1986a).

Nếu có một số tài liệu tham khảo trong cùng 1 bài báo được trích dẫn có số trang khác nhau thì cần trích dẫn thêm số trang, ví dụ: Kitchen (1982, p 39).

Các yêu cầu khác

- Bài viết không đạt yêu cầu, Tòa soạn không trả lại bản thảo.

- Bài viết chỉ được đăng khi phản biện nhận xét về chất lượng bài báo đồng ý cho đăng.

- Bản quyền: tác giả đồng ý trao bản quyền bài viết (bao gồm cả phần tóm tắt) cho Ban Biên tập Tạp chí.

PHÂN LOẠI LĨNH VỰC KHOA HỌC

1. Khoa học tự nhiên

- 1.1. Toán học và thống kê
- 1.2. Khoa học máy tính và thông tin
- 1.3. Vật lý
- 1.4. Hóa học
- 1.5. Khoa học trái đất
- 1.6. Khoa học sự sống
- 1.7. Khoa học môi trường
- 1.8. Khoa học nano
- 1.9. Khoa học tính toán
- 1.10. Các lĩnh vực khoa học tự nhiên khác

2. Khoa học kỹ thuật và công nghệ

- 2.1. Kỹ thuật dân dụng: kỹ thuật kiến trúc; kỹ thuật xây dựng; kỹ thuật kết cấu và đô thị; kỹ thuật giao thông vận tải; kỹ thuật thủy lợi; kỹ thuật địa chất công trình
- 2.2. Kỹ thuật điện, kỹ thuật điện tử, kỹ thuật thông tin
- 2.3. Kỹ thuật cơ khí, chế tạo máy
- 2.4. Kỹ thuật hóa học
- 2.5. Kỹ thuật vật liệu và luyện kim
- 2.6. Kỹ thuật y học
- 2.7. Kỹ thuật môi trường
- 2.8. Công nghệ sinh học công nghiệp
- 2.9. Công nghệ nano
- 2.10. Kỹ thuật thực phẩm và đồ uống
- 2.11. Các lĩnh vực khác của khoa học kỹ thuật và công nghệ

3. Khoa học y - dược

- 3.1. Y học cơ sở
- 3.2. Y học lâm sàng
- 3.3. Y học dự phòng
- 3.4. Dược học
- 3.5. Các lĩnh vực khác của Y - dược học

4. Khoa học nông nghiệp

- 4.1. Trồng trọt
- 4.2. Chăn nuôi
- 4.3. Thú y
- 4.4. Lâm nghiệp
- 4.5. Thủy sản
- 4.6. Công nghệ sinh học trong nông nghiệp, thủy sản
- 4.7. Các lĩnh vực khác của khoa học nông nghiệp

5. Khoa học xã hội và nhân văn

- 5.1. Tâm lý học
- 5.2. Kinh tế và kinh doanh
- 5.3. Khoa học giáo dục
- 5.4. Xã hội học
- 5.5. Pháp luật
- 5.6. Khoa học chính trị
- 5.7. Địa lý kinh tế và xã hội
- 5.8. Thông tin đại chúng và truyền thông
- 5.9. Lịch sử và khảo cổ học
- 5.10. Ngôn ngữ học và văn học
- 5.11. Triết học, đạo đức và tôn giáo
- 5.12. Nghiên cứu về khu vực và quốc tế
- 5.13. Các lĩnh vực khác của khoa học xã hội và nhân văn

TẠP CHÍ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

Vietnam Journal of Science and Technology - MOST

Volume 60 - Number 3 - March 2018

Tuổi U-Pb zircon LA-ICP-MS và thành phần đồng vị Hf trong andesit khu vực đèo Rù Rì - Nha Trang và ý nghĩa địa chất.

Nguyễn Hữu Trọng, Lê Tiến Dũng, Phạm Trung Hiếu

Nghiên cứu, đánh giá khả năng ngập lụt vùng cửa sông ven biển tỉnh Quảng Ngãi do siêu bão.

Vũ Văn Ngọc, Trương Văn Bốn

Cấu trúc tuổi và sự phát triển của cá phèn trắng - *Polynemus dubius* Bleeker, 1851 (Polynemidae) ở hạ lưu hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai.

Nguyễn Xuân Đồng

Tích lũy sinh học của Dioxin/Furan trong sữa mẹ tại các khu vực gần sân bay quân sự Biên Hòa.

Nguyễn Hùng Minh, Nguyễn Thị Minh Huệ, Nguyễn Văn Thường, Phạm Thị Ngọc Mai

Hiệu ứng phối hợp ống nano các bon và graphite trong tính chất nhiệt của tấm dán tản nhiệt Bucky.

Nguyễn Thị Hồng Thắm, Tiêu Tư Doanh, Ngô Võ Kế Thành, Đỗ Hữu Quyết

Nghiên cứu thực nghiệm hiệu quả gia cường dầm bê tông cốt thép chịu xoắn bằng vật liệu tấm sợi các bon CFRP.

Nguyễn Trung Hiếu, Lý Trần Cường

Nghiên cứu hệ số chuyển đổi vận tốc xung siêu âm theo phương pháp đo góc về phương pháp đo xuyên.

Lê Phước Lành, Chu Tiến Dũng, Nguyễn Thị Thu Hiền

Nghiên cứu tạo xanthan khối lượng phân tử thấp bằng phương pháp chiếu xạ.

Trần Minh Quỳnh, Nguyễn Văn Bình, Trần Xuân An

Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ và tốc độ dòng khí đến tính chất lớp phủ nhựa PA11 bảo vệ kim loại chế tạo bằng phương pháp tăng sôi.

Tương Thị Nguyệt Ánh, Trần Hùng Thuận, Nguyễn Thu Trang, Thái Thị Xuân Trang, Uông Văn Vương

Ứng dụng kỹ thuật đánh dấu khảo sát dòng rò thấm qua thân đập đất.

Nguyễn Hữu Quang, Lê Văn Sơn, Huỳnh Thị Thu Hương, Nguyễn Hồng Phan, Nguyễn Trọng Oánh, Lưu Hữu Phi

Nghiên cứu đề xuất mô hình dự báo thời điểm có thể xảy ra tai biến địa chất trong thi công xây dựng công trình ngầm.

Nguyễn Kế Tường, Nguyễn Quang Phích

1 U-Pb zircon LA-ICP-MS and Hf composition in andesite of Ru Ri pass - Nha Trang and its geological significance.

Huu Trong Nguyen, Tien Dung Le, Trung Hieu Pham

7 Research and evaluation of flooding possibility in Quang Ngai estuarial areas due to super-typhoon.

Van Ngoc Vu, Van Bon Truong

11 Age and growth structure of *Polynemus dubius* Bleeker, 1851 (Polynemidae) in the Saigon-Dongnai lower course system.

Xuan Dong Nguyen

17 Bioaccumulation of Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and Polychlorinated dibenzofurans (PCDD/Fs) in the maternal milk of mothers living in vicinity of Bien Hoa airbase.

Hung Minh Nguyen, Thi Minh Hue Nguyen, Van Thuong Nguyen, Thi Ngoc Mai Nguyen

23 Synergetic effects from carbon nanotubes and graphite platelets on thermal properties of Bucky thermal pad.

Thi Hong Tham Nguyen, Tu Doanh Tieu, Vo Ke Thanh Ngo, Huu Quyet Do

29 Experimental study on the strengthening efficiency of reinforced concrete beams under torsion using CFRP sheets.

Trung Hieu Nguyen, Tran Cuong Ly

36 The conversion factor of ultrasonic pulse velocity from angle testing to direct testing.

Phuoc Lanh Le, Tien Dung Chu, Thi Thu Hien Nguyen

41 Preparation of low molecular weight xanthan by gamma radiation degradation.

Minh Quynh Tran, Van Binh Nguyen, Xuan An Tran

45 Preparation and properties of PA11 powder coating on metal using the fluidized bed method.

Thi Nguyet Anh Tuong, Hung Thuan Tran, Thu Trang Nguyen, Thi Xuan Trang Thai, Van Vuong Uong

50 Application of tracer technique in investigation of leakage in earthen dam.

Huu Quang Nguyen, Van Son Le, Thi Thu Huong Huynh, Hong Phan Nguyen, Trong Oanh Nguyen, Huu Phi Luu

58 A model for the prediction of rock mass failure-time of geo-hazards in tunneling.

Ke Tuong Nguyen, Quang Phich Nguyen