



**bsi.**



**TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ KHOA HỌC QUỐC TẾ  
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG  
HƯỚNG TỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG**  
KỶ NIỆM 60 NĂM THÀNH LẬP VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG (1963 - 2023)

**PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE  
CONSTRUCTION SCIENCE AND TECHNOLOGY  
TOWARD SUSTAINABLE DEVELOPMENT  
CELEBRATING 60 YEARS OF IBST (1963 - 2023)**

**NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG  
HÀ NỘI - 11/2023**

Chịu trách nhiệm xuất bản: Ngô Đức Vinh  
Biên tập xuất bản và sửa bản in: Nguyễn Thị Thanh Huyền - Bùi Minh Thu  
Chế bản điện tử: Viện Khoa học công nghệ xây dựng, Bộ Xây dựng  
Phòng Chế bản - Nhà xuất bản Xây dựng  
Sáng tác bìa: Vũ Thị Bình Minh

**Được xuất bản bởi:**

***Viện Khoa học công nghệ xây dựng, Bộ Xây dựng***

Địa chỉ: Số 81 Trần Cung - Nghĩa Tân - Cầu Giấy - Hà Nội

Tel.: +84.24.37544196; Website: www. ibst.vn

và

***Nhà xuất bản Xây dựng***

Địa chỉ: Số 37 Lê Đại Hành - Hai Bà Trưng - Hà Nội

Tel: +84.24.39742371, Fax: +84.24.39741416; Website: www. nxbxaydung.com.vn

In 280 cuốn, khổ 20,5×29,5cm

ISBN: 978-604-82-7527-3

KHXB: 3622-2023/CXBIPH/01-526/XD ngày 18/10/2023

QĐXB: 160-2023/QĐ-XBXD ngày 23/10/2023

In tại: Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng số 10 Hoa Lư, Hai Bà Trưng, Hà Nội

Responsible for publishing: Ngô Duc Vinh  
Publication editing and proofreading: Nguyen Thi Thanh Huyen - Bui Minh Thu  
Digital prepress: Vietnam Institute for Building Science and Technology,  
MOC  
Publishing Department - Construction Publishing House  
Cover designing: Vu Thi Binh Minh

**Published by:**

***Vietnam Institute for Building Science and Technology, Ministry of Construction***

Address: 81 Tran Cung - Nghia Tan - Cau Giay - Hanoi

Tel.: +84.24.37544196; Website: www. ibst.vn

and

***Construction Publishing House***

Address: 37 Le Dai Hanh - Hai Ba Trung - Hanoi

Tel: +84.24.39742371, Fax: +84.24.39741416; Website: www. nxbxaydung.com.vn

Printed 280 copies, size 20,5×29,5cm

ISBN: 978-604-82-7527-3

Printing plan No: 3622-2023/CXBIPH/01-526/XD dated 18/10/2023

Printing decision No: 160-2023/QĐ-XBXD dated 23/10/2023

Printed at: Construction Publishing House printing workshop, 10 Hoa Lu, Hai Ba Trung, Hanoi

## LỜI NÓI ĐẦU

Nhân dịp kỷ niệm 60 năm ngày thành lập Viện Khoa học công nghệ xây dựng (1963 - 2023), được sự đồng ý và bảo trợ của Bộ Xây dựng, Viện Khoa học công nghệ xây dựng (IBST) cùng với Viện Bê tông Hoa Kỳ (ACI), Viện Tiêu chuẩn Anh (BSI) và Đại học Melbourne, Australia tổ chức Hội nghị Khoa học Quốc tế kỷ niệm 60 năm ngày thành lập Viện với chủ đề “Khoa học và công nghệ xây dựng hướng tới phát triển bền vững”.

Trong lịch sử 65 năm Ngành Xây dựng Việt Nam, Viện Khoa học công nghệ xây dựng đã có 60 năm xây dựng và phát triển. Viện đã từng bước lớn mạnh và khẳng định là một trong những đơn vị nghiên cứu và tư vấn hàng đầu của Ngành Xây dựng.

Hội nghị Khoa học quốc tế kỷ niệm 60 năm ngày thành lập Viện Khoa học công nghệ xây dựng nhằm giới thiệu các kết quả nghiên cứu, những tiến bộ kỹ thuật đã chuyển giao và áp dụng thành công trong những năm qua. Hội nghị là diễn đàn cho các nhà khoa học, chuyên gia, đối tác trao đổi chuyên môn, kinh nghiệm và cũng là cơ hội thúc đẩy hợp tác, phổ biến trong lĩnh vực xây dựng.

Hội nghị Khoa học Quốc tế đã nhận được sự hưởng ứng, tham gia viết bài nhiệt tình của các chuyên gia và các nhà nghiên cứu trong và ngoài nước. Các báo cáo tham gia Hội nghị đã được lựa chọn và công bố trong Tuyển tập Hội nghị.

Tuyển tập Hội nghị có 80 báo cáo của các tác giả đến từ Việt Nam, Hoa Kỳ, Australia, Nhật Bản, Hàn Quốc, CHLB Đức, CH Séc, Ấn Độ, Singapore và Đài Loan. Các báo cáo công bố trong Tuyển tập Hội nghị tập trung vào các lĩnh vực: Kết cấu và Công nghệ xây dựng, Bê tông và Vật liệu xây dựng, An toàn cháy, Ăn mòn và Bảo vệ công trình, Thí nghiệm và Kiểm định xây dựng; Môi trường, Biến đổi khí hậu và Phát triển bền vững, Hạ tầng kỹ thuật, Đô thị thông minh và Tiết kiệm năng lượng; Địa kỹ thuật và Trắc địa công trình, Tiêu chuẩn và Quy chuẩn xây dựng. Các báo cáo này phản ánh sinh động những kết quả nghiên cứu, hợp tác triển khai, tổng kết tiến bộ kỹ thuật đã áp dụng trong những năm vừa qua.

Để có Tuyển tập và tổ chức Hội nghị thành công, Ban Khoa học và Ban Tổ chức Hội nghị Khoa học Quốc tế kỷ niệm 60 năm ngày thành lập Viện Khoa học công nghệ xây dựng xin chân thành cảm ơn các tổ chức, các chuyên gia, các nhà nghiên cứu đã tham gia viết bài cho Hội nghị. Ban Khoa học và Ban Tổ chức xin trân trọng cảm ơn sự ủng hộ và bảo trợ của Bộ Xây dựng, sự phối hợp tổ chức của Viện Bê tông Hoa Kỳ (ACI), Viện Tiêu chuẩn Anh (BSI) và Đại học Melbourne, Australia; xin cảm ơn sự đóng góp của các nhà tài trợ; cảm ơn những nỗ lực đóng góp của các chuyên gia, các nhà khoa học, các thành viên Ban Khoa học, Ban Tổ chức và Ban Thư ký Hội nghị; xin cảm ơn Nhà Xuất bản Xây dựng, Bộ Xây dựng đã xuất bản Tuyển tập Hội nghị.

Trong quá trình biên tập, in ấn Tuyển tập và tổ chức Hội nghị, khó tránh khỏi những thiếu sót, hạn chế, Ban Khoa học và Ban Tổ chức Hội nghị rất mong nhận được sự cảm thông và ý kiến góp ý của các quý vị, bạn đọc.

**BAN KHOA HỌC & BAN TỔ CHỨC**

**Hội nghị Khoa học Quốc tế**

**Khoa học và công nghệ xây dựng hướng tới phát triển bền vững**

**Kỷ niệm 60 năm ngày thành lập Viện KHCN Xây dựng**

## PREFACE

*To celebrate the 60th Anniversary (1963 - 2023) of the Vietnam Institute for Building Science and Technology (IBST), and with the consent and sponsorship of the Vietnam Ministry of Construction (MoC), IBST has collaborated with the American Concrete Institute (ACI), the British Standards Institute (BSI), and the University of Melbourne, Australia, to organize an International Conference with the theme of "Construction Science and Technology toward Sustainable Development."*

*Over the 65-year history of Vietnam's Construction Industry, IBST has gone through 60 years of growth and development. The Institute has gradually grown and firmly established itself as one of the leading research and consulting units in the Construction Industry.*

*The International Conference celebrating the 60th Anniversary of IBST aims to introduce research results and technical advances that have been successfully transferred and applied in recent years. The conference is a forum for scientists, experts, and partners to exchange expertise and experience, and is also an opportunity to promote cooperation and dissemination in the field of construction.*

*The Conference has received enthusiastic responses and participation from experts and researchers both domestically and abroad. The papers submitted to the Conference have been carefully selected and published in the Conference Proceedings.*

*The Conference Proceedings include 80 papers by authors from Vietnam, the United States, Australia, Japan, Korea, Germany, the Czech Republic, India, Singapore, and Taiwan. The papers published in the Conference Proceedings focus on the fields of: Structure and Construction Technology, Concrete and Construction Materials, Fire Safety, Corrosion and Building Protection, Construction Testing and Inspection, Environment, Climate Change and Sustainable Development, Infrastructure Engineering, Smart Cities and Energy Efficiency; Geotechnical Engineering and Construction Surveying, Construction Standards and Regulations. These papers vividly reflect the results of research, cooperation and implementation, and summarize technical advances applied in recent years.*

*Contributing to the success of the Conference, the Scientific Committee and the Organizing Committee of the International Conference celebrating the 60th Anniversary of IBST would like to extend our sincere gratitude to organizations, experts, and researchers who have participated in writing papers for the Conference. The Scientific Committee and the Organizing Committee would also like to express our appreciation for the support and sponsorship from the Ministry of Construction, as well as for the collaborative organizational efforts from the American Concrete Institute (ACI), the British Standards Institute (BSI) and the University of Melbourne, Australia; Special thanks go to our sponsors and the dedicated experts, scientists, and members of the Scientific Committee, Organizing Committee and Conference Secretariat; The organizers would also like to express our gratitude to the Construction Publishing House (MoC) for publishing the Conference Proceedings.*

*During the Proceedings editing and publishing, as well as the Conference organizing process, it is difficult to avoid shortcomings and limitations. The Scientific Committee and the Conference Organizing Committee hope to receive your understanding and feedback.*

**SCIENTIFIC COMMITTEE & ORGANIZING COMMITTEE**  
**International Conference**  
**Construction Science and Technology toward Sustainable Development**  
**Celebrating 60 years of IBST**

## **BAN KHOA HỌC**

### **Trưởng ban:**

- TS. Lê Quang Hùng, Hội Bê tông Việt Nam
- TS. Nguyễn Hồng Hải, Viện Khoa học công nghệ xây dựng

### **Phó trưởng ban:**

- PGS. TS. Trần Chung, Hiệp hội các Nhà đầu tư CTGT đường bộ Việt Nam
- PGS.TS. Cao Duy Tiến, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- TS. Nguyễn Đại Minh, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- TS. Đinh Quốc Dân, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- TS. Nguyễn Thanh Bình, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- TS. Cao Duy Khôi, Viện Khoa học công nghệ xây dựng

### **Ủy viên:**

- GS. TSKH. Nguyễn Văn Liên, Bộ Xây dựng
- PGS. TS. Nguyễn Bá Kế, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- GS. TS. Nguyễn Tiến Dích, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- GS. TSKH. Nguyễn Đăng Bích, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- GS. TS. Phan Quang Minh, Trường ĐH Xây dựng HN
- PGS. TS. Phạm Minh Hà, Bộ Xây dựng
- PGS. TS. Vũ Ngọc Anh, Bộ Xây dựng
- PGS. TS. Lê Trung Thành, Viện Vật liệu Xây dựng
- PGS. TS. KTS. Lê Quân, Trường ĐH Kiến trúc HN
- PGS. TS. Nguyễn Xuân Chính, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- PGS.TS. Đoàn Thế Tường, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- TS. Trần Bá Việt, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- Prof. Dr. -Ing. Habil. Heinz Konietzky, TU Bergakademie Freiberg, Germany
- Prof. T. K. Hai, Nanyang Technological University, Singapore
- Prof. Yukio Tamura, Tokyo Polytechnic University, Japan
- Assist. Prof. Thang Pham Quyet, University of Texas Rio Grande Valley, USA
- TS. Hoàng Minh Đức, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- TS. Trần Huy Tấn, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- TS. Diêm Công Huy, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- ThS. Nguyễn Sơn Lâm, Viện Khoa học công nghệ xây dựng

## SCIENTIFIC COMMITTEE

### Co-Chairmen:

- Dr. Le Quang Hung, Vietnam Concrete Association
- Dr. Nguyen Hong Hai, Vietnam Institute for Building Science and Technology (IBST)

### Deputy Chairmen:

- Assoc. Prof. Tran Chung, Vietnam Association of Road Systems Investors
- Assoc. Prof. Cao Duy Tien, IBST
- Dr. Nguyen Dai Minh, IBST
- Dr. Dinh Quoc Dan, IBST
- Dr. Nguyen Thanh Binh, IBST
- Dr. Cao Duy Khoi, IBST

### Members:

- Prof. DSc. Nguyen Van Lien, Ministry of Construction (MoC)
- Assoc. Prof. Nguyen Ba Ke, IBST
- Prof. Nguyen Tien Dich, IBST
- Prof. DSc. Nguyen Dang Bich, IBST
- Prof. Phan Quang Minh, Hanoi University of Civil Engineering
- Assoc. Prof. Pham Minh Ha, MoC
- Assoc. Prof. Vu Ngoc Anh, MoC
- Assoc. Prof. Le Trung Thanh, Vietnam Institute for Building Materials
- Assoc. Prof. Arch. Le Quan, Hanoi Architectural University
- Assoc. Prof. Nguyen Xuan Chinh, IBST
- Assoc. Prof. Doan The Tuong, IBST
- Dr. Tran Ba Viet, IBST
- Prof. Dr. -Ing. Habil. Heinz Konietzky, TU Bergakademie Freiberg, Germany
- Prof. Tan Kang Hai, Nanyang Technological University, Singapore
- Prof. Yukio Tamura, Tokyo Polytechnic University, Japan
- Assist. Prof. Pham Quyet Thang, University of Texas Rio Grande Valley, USA
- Dr. Hoang Minh Duc, IBST
- Dr. Tran Huy Tan, IBST
- Dr. Diem Cong Huy, IBST
- M.Eng. Nguyen Son Lam, IBST

## BAN TỔ CHỨC

**Trưởng ban:**

- TS. Nguyễn Hồng Hải, Viện Khoa học công nghệ xây dựng

**Phó trưởng ban:**

- TS. Đinh Quốc Dân, Viện Khoa học công nghệ xây dựng (thường trực)
- TS. Nguyễn Thanh Bình, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- TS. Cao Duy Khôi, Viện Khoa học công nghệ xây dựng

**Thành viên:**

- TS. Nguyễn Nam Thắng, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- ThS. Nguyễn Thị Thùy Vân, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- ThS. Nguyễn Thị Thanh Hoài, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- TS. Hoàng Minh Đức, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- TS. Trần Huy Tấn, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- ThS. Ưông Hồng Sơn, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- TS. Hoàng Mạnh, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- ThS. Nguyễn Đình Dinh, Viện Khoa học công nghệ xây dựng

## BAN THƯ KÝ

**Trưởng ban:**

- TS. Hoàng Mạnh, Viện Khoa học công nghệ xây dựng

**Phó trưởng ban:**

- TS. Phạm Anh Tuấn, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- ThS. Nguyễn Đình Dinh, Viện Khoa học công nghệ xây dựng

**Thành viên:**

- CN. Nguyễn Thị Thu Hà, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- ThS. Lại Vi Bình Ta Nhi, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- CN. Đậu Thị Linh, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- CN. Phạm Thị Thu Hà, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- CN. Nguyễn Hồng Hạnh, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- ThS. Vũ Cao Anh, Viện Khoa học công nghệ xây dựng
- KS. Nguyễn Thế Vinh, Viện Khoa học công nghệ xây dựng

## ORGANIZING COMMITTEE

**Chairman:**

- Dr. Nguyen Hong Hai, IBST

**Deputy Chairmen:**

- Dr. Dinh Quoc Dan, IBST
- Dr. Nguyen Thanh Binh, IBST
- Dr. Cao Duy Khoi, IBST

**Members:**

- Dr. Nguyen Nam Thang, IBST
- M.Eng. Nguyen Thi Thuy Van, IBST
- M.Eng. Nguyen Thi Thanh Hoai, IBST
- Dr. Hoang Minh Duc, IBST
- Dr. Tran Huy Tan, IBST
- M.Eng. Uong Hong Son, IBST
- Dr. Hoang Manh, IBST
- M.Eng. Nguyen Dinh Dinh, IBST

## SECRETARIAT

**Chairman:**

- Dr. Hoang Manh, IBST

**Deputy Chairmen:**

- Dr. Pham Anh Tuan, IBST
- M.Eng. Nguyen Dinh Dinh, IBST

**Members:**

- Ms. Nguyen Thi Thu Ha, IBST
- M.Eng. Lai Vi Binh Ta Nhi, IBST
- Ms. Dau Thi Linh, IBST
- Ms. Pham Thi Thu Ha, IBST
- Ms. Nguyen Hong Hanh, IBST
- M.Eng. Vu Cao Anh, IBST
- Eng. Nguyen The Vinh, IBST