



Tap chí khoa học  
**Kỹ thuật & Xây dựng**

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

ISSN 1859-350X

**Tổng biên tập**

PGS.TS.KTS. Phạm Trọng Thuật

**Tòa soạn**

Phòng Khoa học & Công nghệ  
Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội  
Km10, đường Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội  
ĐT: 024 3854 2521 Fax: 024 3854 1616  
Email: tapchikientruchn@gmail.com

Giấy phép số 268/GP-BTTTT ngày 27.5.2022  
của Bộ Thông tin và Truyền thông  
Thiết kế mỹ thuật và chế bản tại Phòng Khoa học và  
Công nghệ, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội  
In tại Công ty CP Đầu tư và Hợp tác quốc tế  
Nộp lưu chiếu: 8.2022

**Hội đồng khoa học**

PGS.TS. Lê Quân

*Chủ tịch Hội đồng*

PGS.TS. Phạm Trọng Thuật

GS.TS KOHATA YUKIHIRO

GS.TS. Nguyễn Việt Anh

PGS.TS. Nguyễn Tuấn Anh

TS. Ngô Thị Kim Dung

PGS.TS. Lê Anh Dũng

PGS.TS Vũ Hoàng Hiệp

TS. Lê Thị Minh Phương

*Thường trực Hội đồng*

**Biên tập và Trị sự**

TS. Nguyễn Công Giang

*Trưởng ban biên tập*

CN. Vũ Anh Tuấn

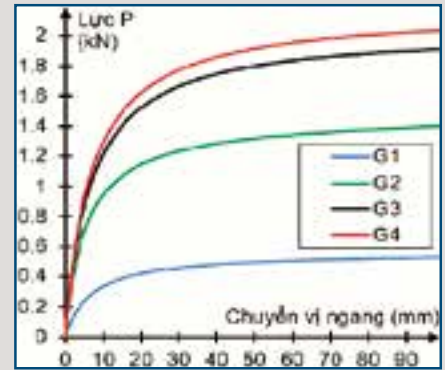
*Trưởng ban trị sự*

**Trình bày - Chế bản**

CN. Vũ Anh Tuấn

# Mục lục

Số 45/2022 - Tạp chí Khoa học Kiến trúc - Xây dựng

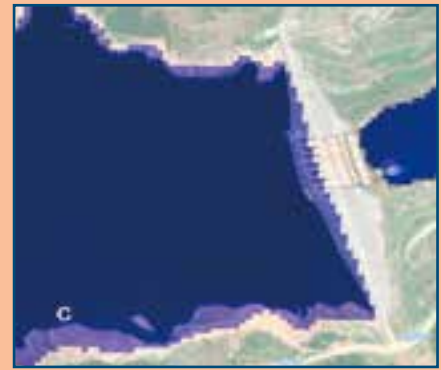


## Khoa học và công nghệ

- 4** Ảnh hưởng của giằng ngang tại thanh cánh chịu kéo đến ổn định tổng thể của giàn thép phẳng  
Vy Sơn Tùng, Nguyễn Như Hoàng
- 9** Giải pháp cho điểm kết nối nhà ga hồ Hoàn Kiếm và tuyến tàu điện ngầm số 2  
Nguyễn Công Giang, Nguyễn Xuân Phúc
- 14** Thiết kế phương án quan trắc độ lún các nhà máy điện gió thực nghiệm quan trắc nhà máy điện gió Hòa Bình 5  
Ngô Xuân Thế, Phạm Xuân Quyết
- 19** Mô hình 2D trong tính toán ổn định hố đào sâu cho dự án 6 tầng hầm tại trung tâm Hà Nội  
Nguyễn Ngọc Thanh, Phạm Đức Quang
- 25** Ứng dụng ảnh viễn thám planet phục vụ công tác quan trắc hồ chứa thủy lợi vừa và nhỏ  
Nguyễn Phương Dung, Nguyễn Quang Thanh
- 29** Vật liệu đắp nền đường và khả năng sử dụng cát nhiễm mặn để đắp nền đường ô tô tại Việt Nam  
Văn Viết Thiên Ân, Nguyễn Việt Phương, Bùi Phú Doanh, Hoàng Tùng
- 34** Tính toán khả năng chịu lực của cột liên hợp thép-bê tông trong điều kiện cháy theo tiêu chuẩn châu Âu  
Chu Thị Hoàng Anh, Chu Thị Bình
- 38** Phân tích nguyên nhân sự cố gãy, đổ cột điện bê tông ly tâm trong thiết kế  
Vũ Hoàng Hiệp, Đỗ Việt Hà, Phạm Minh Hà
- 43** Đánh giá khả năng chịu động đất của khung bê tông cốt thép theo phương pháp hệ số chuyển vị  
Nguyễn Anh Dũng, Nguyễn Vĩnh Sáng, Nguyễn Ngọc Thắng
- 48** Ảnh hưởng của hàm lượng cốt sợi thép trong bê tông đến ứng xử uốn của dầm bê tông cốt thép  
Lê Phước Lành, Nguyễn Văn Quang, Nguyễn Trung Hiếu
- 52** Sự suy giảm cường độ của bê tông sử dụng cho vỏ hầm Hải Vân 2 sau khi chịu tác dụng của nhiệt độ cao  
Nguyễn Tuấn Hiền, Nguyễn Hoàng Thanh Quý, Nguyễn Văn Thái
- 59** Khả năng chịu xoắn của dầm bê tông cốt thép: Đánh giá một số mô hình dự báo  
Dân Quốc Cường, Đặng Vũ Hiệp, Nguyễn Ngọc Phương
- 65** Một nghiên cứu thực nghiệm kiểm định và quan trắc cầu bằng thiết bị toàn đạc laser mặt đất  
Vũ Ngọc Quang, Vũ Đình Chiều, Phạm Thị Thanh Hòa
- 70** Nghiên cứu xác định cường độ chịu nén hiện trường của bê tông tường chắn theo tiêu chuẩn EN 13791:2020  
TS. Lê Văn Mạnh
- 75** Tổng quan về QCVN 18:2021/BXD quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn trong thi công xây dựng  
Phạm Minh Hà, Lê Trường Giang, Nguyễn Tuấn Ngọc Tú, Phan Phú Cường
- 80** Tổng quan về các tiêu chuẩn đánh giá kết cấu hiện hữu  
Phạm Phú Tình, Phạm Minh Hà
- 84** Phân tích khung phẳng có nút liên kết nửa cứng bằng phương pháp phân tử hữu hạn  
Trần Thị Thúy Vân, Nguyễn Hồng Cư, Trương Quang Tuấn
- 90** Hiệu quả nội bào dưỡng vữa xi măng cường độ cao  
Lê Thái Bình, Nguyễn Duy Hiếu
- 94** Đánh giá mức độ nguy hiểm của tòa nhà bê tông cốt thép hiện hữu theo TCVN 9381:2012  
Phạm Phú Tình, Phạm Minh Hà
- 99** Ảnh hưởng của lỗ khoét đến khả năng chịu lực của tiết diện thép tạo hình nguội khi uốn  
Phạm Ngọc Hiếu, Vũ Quốc Anh
- 103** Phương pháp thực hành khảo sát kết cấu bê tông cốt thép bị ăn mòn  
Vũ Hoàng Hiệp, Đặng Vũ Hiệp, Vũ Ngọc Anh
- 108** Dự báo khả năng chịu lực còn lại của dầm bê tông cốt thép bị ăn mòn dựa trên mô hình mạng nơ ron hồi quy tổng quát  
Đặng Vũ Hiệp, Vũ Hoàng Hiệp, Nguyễn Ngọc Tân, Nguyễn Ngọc Phương
- 112** Ứng dụng cốt pha nhôm trong thi công xây dựng  
Đào Minh Hiếu, Võ Văn Dân

# Contents

Number 45/2022 - Science Journal of Architecture & Construction



## Science and technology

- 4** Effects of lateral bracings at tension chord on the overall buckling of planar steel truss  
Vy Sơn Tùng, Nguyễn Như Hoàng
- 9** Solution for the connection point of Hoan Kiem lake station and metro line No.02  
Nguyễn Công Giang, Nguyễn Xuân Phúc
- 14** Design the procedure of settlement monitoring for wind power plants, experiment monitoring of Hoa Binh 5  
Ngô Xuân Thế, Phạm Xuân Quyết
- 19** 2D numerical modelling for stabilizing deep excavation of 6-basement construction in the central area of Hanoi  
Nguyễn Ngọc Thanh, Phạm Đức Quang
- 25** Application of Planet satellite imagery for monitoring medium-scale and small-scale reservoirs  
Nguyễn Phương Dung, Nguyễn Quang Thanh
- 29** Roadbed materials and using sea sand for roadbed construction in Vietnam  
Văn Viết Thiên Ân, Nguyễn Việt Phương, Bùi Phú Doanh, Hoàng Tùng
- 34** Calculation of load resistance of steel-concrete composite columns in fire condition according to Eurocode 4  
Chu Thị Hoàng Anh, Chu Thị Bình
- 38** Analyse the causes of concrete centrifugal electric poles breakdown in design  
Vũ Hoàng Hiệp, Đỗ Việt Hà, Phạm Minh Hà
- 43** Assessment of earthquake resistance of reinforced concrete frame by displacement coefficient method  
Nguyễn Anh Dũng, Nguyễn Vĩnh Sáng, Nguyễn Ngọc Thăng
- 48** The effect of steel fiber percentage in concrete on the flexural behavior of the reinforced concrete beam  
Lê Phước Lành, Nguyễn Văn Quang, Nguyễn Trung Hiếu
- 52** The strength reduction of concrete in Hai Van 2 tunnel lining after being affected by high temperature  
Nguyễn Tuấn Hiền, Nguyễn Hoàng Thanh Quý, Nguyễn Văn Thái
- 59** Torsional resistance of reinforced concrete beams: The assessment of predictive models  
Dân Quốc Cường, Đặng Vũ Hiệp, Nguyễn Ngọc Phương
- 65** An experiment study of inspection and monitoring bridge using ground laser scanner total station  
Vũ Ngọc Quang, Vũ Đình Chiêu, Phạm Thị Thanh Hòa
- 70** Research method evaluation of the compressive strength of concrete retaining wall as standard EN 13791:2020  
TS. Lê Văn Mạnh
- 75** Overview of the national technical regulations on safety in construction QCVN 18:2021/BXD  
Phạm Minh Hà, Lê Trường Giang, Nguyễn Tuấn Ngọc Tú, Phan Phú Cường
- 80** Overview on codes and standards for the assessment of existing structures  
Phạm Phú Tình, Phạm Minh Hà
- 84** Analysis for plane frames with semi-rigid connections using finite element method  
Trần Thị Thúy Vân, Nguyễn Hồng Cư, Trương Quang Tuấn
- 90** Effect of internal curing of high-strength cement mortar  
Lê Thái Bình, Nguyễn Duy Hiếu
- 94** Assessment of existing reinforced concrete buildings according to TCVN 9381:2012  
Phạm Phú Tình, Phạm Minh Hà
- 99** Influence of web holes on the sectional capacities of cold-formed steel channel sections under bending  
Phạm Ngọc Hiếu, Vũ Quốc Anh
- 103** Practical Methods to Investigate Corroded Reinforced Concrete Structures  
Vũ Hoàng Hiệp, Đặng Vũ Hiệp, Vũ Ngọc Anh
- 108** Prediction of the residual strength capacity of corroded reinforced concrete beams based on generalized regression neural network (GMN) model  
Đặng Vũ Hiệp, Vũ Hoàng Hiệp, Nguyễn Ngọc Tân, Nguyễn Ngọc Phương
- 112** Application of aluminum formwork in construction execution  
Đào Minh Hiếu, Võ Văn Dần

# Một nghiên cứu thực nghiệm kiểm định và quan trắc cầu bằng thiết bị toàn đạc laser mặt đất

An experiment study of inspection and monitoring bridge using ground laser scanner total station

Vũ Ngọc Quang<sup>(1)</sup>, Vũ Đình Chiêu<sup>(2)</sup>, Phạm Thị Thanh Hòa<sup>(3)</sup>

## Tóm tắt

Bài báo nghiên cứu khả năng sử dụng máy quét laser mặt đất trong kiểm định, quan trắc chuyển dịch công trình cầu, một cách tiếp cận mới cho công tác kiểm định công trình. Nghiên cứu sử dụng một máy toàn đạc điện tử quét laser mặt đất, Topcon GTL-1000 để quét dữ liệu độ cao bề mặt dưới của một đoạn dầm cầu ngắn trong suốt quá trình kiểm định công trình bằng đồng hồ so trong hai trường hợp của sơ đồ tải trọng là: Không tải và tải trọng đúng tâm. Kết quả cho thấy máy quét toàn đạc laser mặt đất có thể trích xuất hàng ngàn điểm đo trên một bề mặt của kết cấu cần kiểm định với một độ chính xác cao. Kết quả thu nhận được không chỉ là độ võng tại một vài vị trí tương ứng với các điểm đơn trên kết cấu mà là cả một bề mặt võng của kết cấu. Cách tiếp cận đề xuất trong bài báo có thể được áp dụng trong các nhiệm vụ kiểm định thực tế và mang tới cho các kỹ sư khảo sát một công cụ hữu hiệu trong quan trắc ứng xử của kết cấu.

**Từ khóa:** VD: Máy quét laser mặt đất, Đám mây điểm, Kiểm định, Quan trắc cầu, Chuyển dịch, Độ võng, Topcon GTL

## Abstract

This paper studies the ability of a ground terrestrial laser scanner for inspection and monitoring displacement of the bridge, a new approach for works inspection. The study used a high accuracy laser scanner total station, Topcon GTL-1000 to acquire elevation data of the underside of a short span during bridge inspection by clock dial-micrometer in two cases of payload diagram including no loading and centric loading. The results showed that a ground laser scanner can extract thousands of points on the surface of the inspected structure with high accuracy. The results are not only deflection of several single points at different positions, but also a surface of deflection on the entire structure. The approach proposed in this paper can be applied in practical inspection tasks and brings surveyors an efficient tool for observing the behavior of the structure.

**Key words:** Ground laser scanner, Point cloud, Inspection, Bridge monitoring, Displacement, Deflection, Topcon GTL

(1) ThS, Giảng viên, khoa Công trình, Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, Email: quangvn@utt.edu.vn

(2) ThS, Giảng viên, khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, Email: chieuvd@nuce.edu.vn

(3) ThS, Giảng viên, khoa Trắc địa bản đồ và quản lý đất đai, ĐH Mô-Địa chất, Email: phamthithanhhoa@hmg.edu.vn

Ngày nhận bài: 15/03/2022

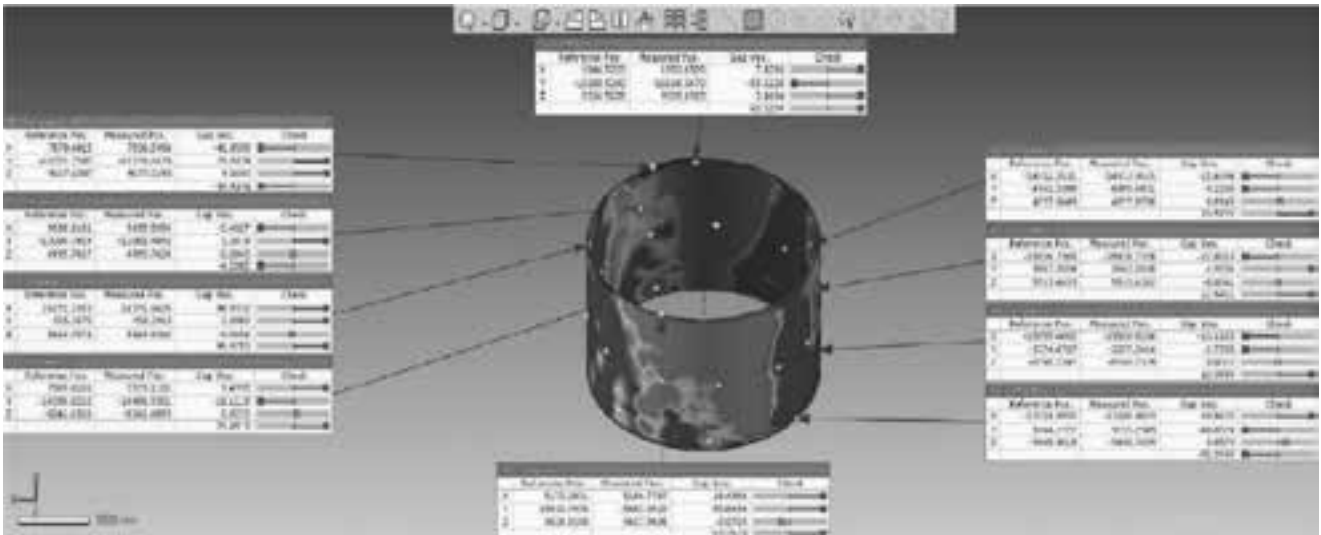
Ngày sửa bài: 05/04/2022

Ngày duyệt đăng: 5/7/2022

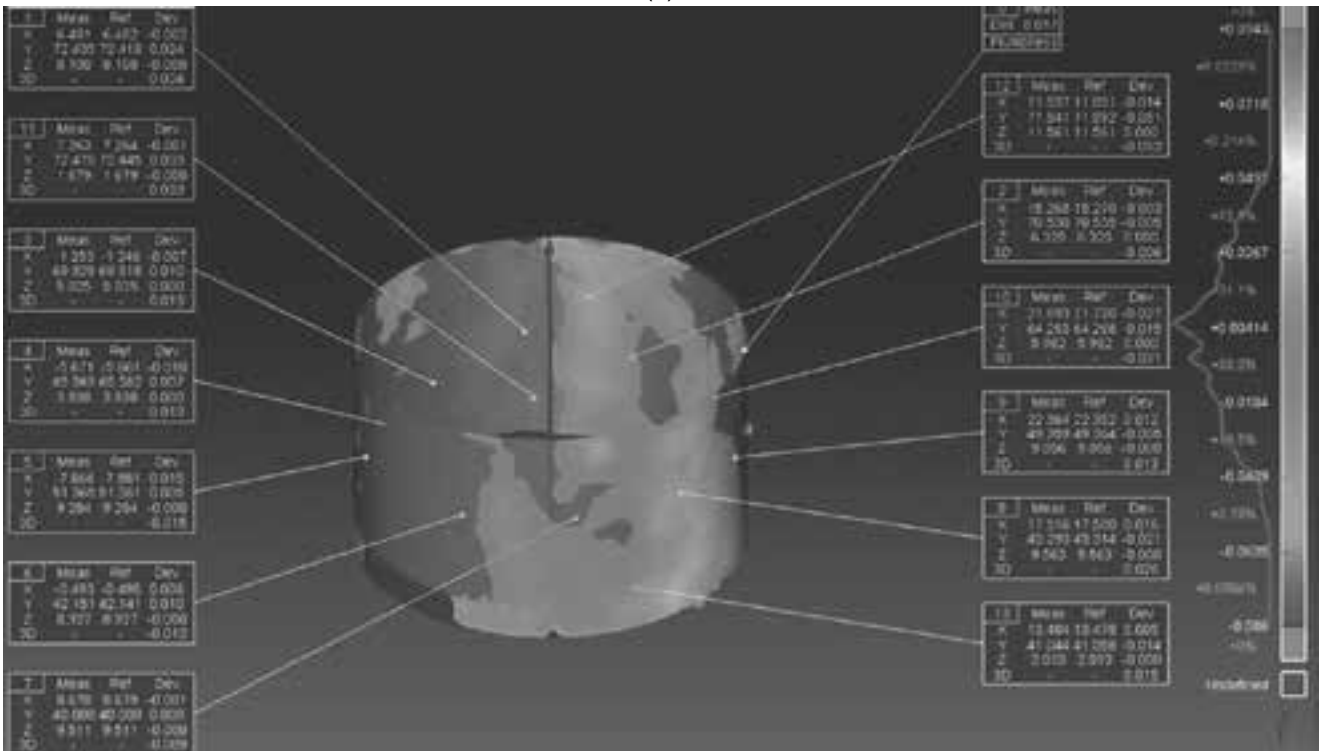
## 1. Tổng quan

Kiểm định và quan trắc là một yêu cầu quan trọng trước khi đưa công trình vào vận hành chính thức cũng như trong suốt quá trình sử dụng. Thông thường, các phương pháp truyền thống đòi hỏi hình thức tiếp cận trực tiếp để thực hiện các phép đo hay để gắn các thiết bị đo đạc chuyên dụng ở trên các cấu kiện. Đây là phương pháp đòi hỏi thời gian [1], đôi khi là có cả những yếu tố nguy hiểm kèm theo do hạn chế về điều kiện tiếp cận các kết cấu. Sự phát triển của các thiết bị hiện đại cho phép thực hiện các phép đo kiểm định, quan trắc không tiếp cận trực tiếp, mang lại cho các kỹ sư lựa chọn mới trong giải quyết các bài toán kiểm định và thiết bị quét laser mặt đất là một trong số đó. Thiết bị quét mặt đất (Ground laser scanner) ra đời đã được ứng dụng nhiều trong xây dựng mô hình 3D của các kết cấu hay của cả một công trình với hàng triệu điểm bề mặt được trích xuất, mang lại hình ảnh, mô hình chân thực nhất [2]. Mô hình bề mặt của kết cấu sẽ được hình thành bằng cách xây dựng các mạng lưới tam giác dày đặc dựa trên các đám mây điểm lên tới hàng nghìn điểm trên mỗi mét vuông diện tích của kết cấu [3]. Các số liệu đám mây điểm hỗ trợ nhanh chóng hình thành các bản vẽ hoàn công tổng thể của công trình hay kết cấu với các kích thước chi tiết nhất [4–6]. Các thiết bị quét mặt đất có khả năng thu nhận thông tin không gian của các đối tượng một cách độc lập hoặc kết hợp với các thiết bị chuyên dụng khác [7–9] cho các mục đích chuyên biệt với từng dạng công trình tương ứng. Các ứng dụng của GLS trong quan trắc, kiểm định công trình cầu bao gồm xây dựng mô hình 3D của các kết cấu, kiểm tra độ lệch của dầm, kiểm tra độ võng bề mặt trong các sơ đồ tải khác nhau. Các kết quả từ một số thiết bị quét mặt đất được đánh giá cao khi so sánh với một số phương pháp khác như I-Site TLS so sánh với phương pháp ảnh số, thiết bị Riegl LMS Z390i so với Leica TCR 1102 [10–12]. Ứng dụng trong phát hiện các hư hỏng bề mặt kết cấu của công trình có thể tham khảo trong nghiên cứu [13]. Đặc biệt, trong công trình nghiên cứu [14], số liệu từ thiết bị quét mặt đất sau khi xây dựng mô hình đã phát hiện chính xác tới 87% diện tích bề mặt bị hư hỏng. Bên cạnh đó, kết quả trong mô hình được xây dựng từ các đám mây điểm dày đặc cho phép đánh giá các điều kiện kỹ thuật của các công trình mang tính chất lịch sử một cách trực quan [15] hay phát hiện sự không liên tục, đứt gãy và chuyển dịch của các đập chắn có kiến trúc bằng đá [16], kiểm tra các kích thước hình học thuần túy của các cấu kiện [17–19]. Với các công trình kiến trúc lớn, có kết cấu phức tạp và có nhu cầu lưu giữ cho các mục đích phục dựng sau thời gian dài, thiết bị quét laser cũng là một giải pháp hiệu quả khi các bản vẽ hoàn công được xây dựng tới các chi tiết nhỏ nhất [20–22]. Trong phát triển và xây dựng hệ thống thông tin công trình (BIM), số liệu từ các máy quét laser mặt đất là không thể thiếu [23, 24]. Giải pháp này giúp giảm thời gian thực hiện các phép đo truyền thống, nâng cao độ chính xác xác định các yếu tố kỹ thuật và tối ưu hóa trong việc xây dựng các mô hình dự báo các rủi ro tiềm ẩn trong tương lai. Một số hình ảnh về ứng dụng thiết bị quét laser mặt đất trong việc thu thập số liệu thông tin để quan trắc và phân tích biến dạng công trình được thể hiện trong hình 1 (a),(b).

Về mặt tổng quan, có thể thấy rằng thiết bị quét mặt đất có rất nhiều ưu điểm trong công tác quan trắc và kiểm định [22]. Tuy nhiên, với các phép đo đặc thù như kiểm định và quan trắc cầu, với yêu cầu độ chính xác rất cao thì với mỗi thiết bị mới đều cần phải có những



(a)



(b)

Hình 1. GIS phục vụ phân tích biến dạng tank chứa dầu thô Nhà máy lọc dầu Nghi Sơn (NEH Engineering Survey & Mapping)

đánh giá, nghiên cứu, thực nghiệm nhằm khẳng định tính khả thi của giải pháp.

## 2. Nguyên tắc hoạt động

Các thiết bị máy quét laser về cơ bản sử dụng một trong hai phương pháp để xác định yếu tố khoảng cách bao gồm phương pháp đo xung và phương pháp đo pha. Trong khi phương pháp đo xung có thể mạnh về phạm vi đo đạc và giảm nhiễu thì phương pháp đo pha có ưu thế về độ chính xác và tốc độ thu nhận tín hiệu, một yêu cầu rất cao trong các phép đo quan trắc và kiểm định. Một ví dụ điển hình về thiết bị quét theo phương pháp đo xung có thể kể đến Topcon GLS-2000 với khoảng cách quét lên tới 500m tốc độ quét là 120,000 điểm trên mỗi giây và độ chính xác xác định yếu tố khoảng cách lên tới 3.5mm. Đại diện cho phương pháp đo

pha là Faro FocusS 150 thì khoảng cách giảm chỉ còn 150m nhưng mật độ điểm lên tới 976,000 điểm trên giây và độ chính xác lên tới 1mm với khoảng cách 25m [25]. Ngoài các thiết bị trên thì còn rất nhiều thiết bị quét của các hãng khác nhau như Leica, Trimble...

Về nguyên tắc hoạt động, các thiết bị có các thông số kỹ thuật khác nhau, sử dụng phương pháp đo khác nhau nhưng về nguyên tắc thì có thể nói hệ thống đo khoảng cách trong máy quét chính là yếu tố then chốt. Các thành phần tọa độ không gian của đối tượng cần quét xác định thông qua các yếu tố khoảng cách, góc định hướng và góc đứng hoặc góc thiên đỉnh (Hình 2)

Các giá trị khoảng cách từ vị trí máy quét tới các điểm đo đối với phương pháp đo xung và đo pha được xác định tương ứng với các công thức 1 và 2 như sau : [26, 27].

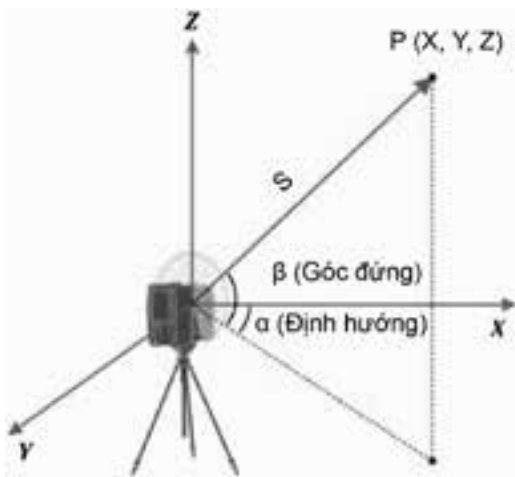
$$S = \frac{1}{2} \cdot c \cdot t \quad (1)$$

$$s = \frac{1}{2} (N \cdot \lambda + \lambda \frac{\Delta \varphi}{2\pi}) \quad (2)$$

Ba thành phần tọa độ được xác định qua công thức cơ bản trong bài toán trắc địa như trong công thức 3. Trong trường hợp có nhiều trạm quét, các đám mây điểm được ghép với nhau bằng các điểm khống chế trên kết cấu hoặc các trạm quét có tọa độ, độ cao trong một hệ thống nhất như một hệ lưới khống chế.

$$\begin{aligned} X_p &= S \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha \\ Y_p &= S \cdot \cos \beta \cdot \sin \alpha \\ Z_p &= S \cdot \cos \beta \end{aligned} \quad (3)$$

Cần lưu ý rằng, hệ tọa độ ở đây là hệ tọa độ của máy quét. Các máy quét cũng có thể được cài đặt trên hệ tọa độ cục bộ của công trình hoặc hệ tọa độ chung trên cơ sở các điểm khống chế khác.



Hình 2. Nguyên tắc hoạt động của máy quét laser [25]



Hình 3. Topcon GTL-1000



Hình 4. Quan trắc, kiểm định công trình cầu

### 3. Thực nghiệm và kết quả

Nghiên cứu sử dụng thiết bị Topcon GTL-1000, một thiết bị có khả năng quét không gương lên tới 800m với độ chính xác  $(2+2\text{ppm.D})\text{mm}$  và  $(1+2\text{ppm.D})\text{mm}$  khi có gương, hiển thị đo khoảng cách tới 0.1mm [28]. Về cấu tạo, GTL-1000 là thiết bị hai trong một, là sự kết hợp của một máy toàn đạc điện tử robotic và một máy quét Laser Scan 3D (Hình 3).

Topcon GTL-1000 có thể ứng dụng trong nhiều lĩnh vực bao gồm quan trắc và kiểm định kết cấu (Hình 4).

Nhóm tác giả đã sử dụng thiết bị Topcon GTL-1000 để quét nhịp cầu P13-P14 thuộc dự án xây dựng tuyến đường bộ trên cao dọc đường vành đai 2, đoạn từ cầu Vĩnh Tuy đến Ngã tư sở theo hình thức hợp đồng BT. Quy trình thực hiện được thể hiện trong Hình 5.

Kết quả xác định độ võng bằng đồng hồ so với tải trọng đúng tâm trong bảng 1

**Bảng 1: Độ võng tải trọng thử nhịp P13-P14 (CCU-HUCE)**

Ký hiệu	Vị trí	Tb	Độ võng	Ghi chú
V1	Cánh dầm phải tuyến	507.33	5.07	Tải trọng đúng tâm
V2	Đáy dầm phải tuyến	458.00	4.58	
V3	Đáy dầm trái tuyến	445.00	4.45	
V4	Cánh dầm trái tuyến	499.00	4.99	

Đồng thời với quá trình kiểm tra độ võng bằng đồng hồ so, một máy quét laser GTL-1000 được vận hành để thu thập sự thay đổi các thành phần tọa độ không gian (đặc biệt là cao độ) của dầm cầu trong quá trình kiểm tra độ võng trong hai trường hợp là không tải và tải trọng đúng tâm. Sơ đồ bố trí thiết bị đo võng (Hình 6).

Kết quả quét mặt dưới dầm cầu khi không có tải và có tải sau khi quét được xử lý bằng phần mềm Rithm của và có thể tương thích với các phần mềm Revit, Recap, sketchup... Hình ảnh quét đại diện thể hiện trong hình 7a, b

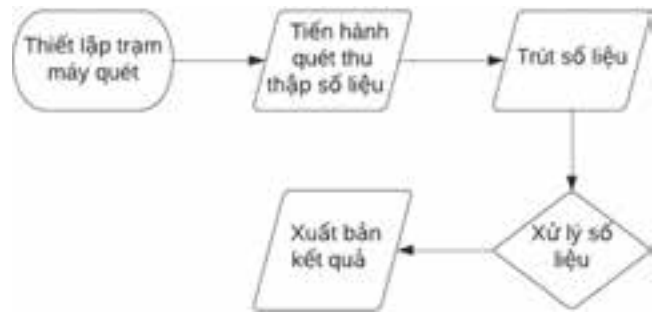
Để so sánh với kết quả xác định độ võng của dầm cầu bằng đồng hồ so, 4 điểm ở vị trí giữa theo chiều dọc của dầm được chọn để xác định sự thay đổi cao độ trong hai trường hợp không tải và sơ đồ tải đúng tâm. Kết quả xác định độ võng tương ứng với các vị trí trong bảng 2.

**Bảng 2: Kết quả xác định độ võng bằng số liệu quét laser**

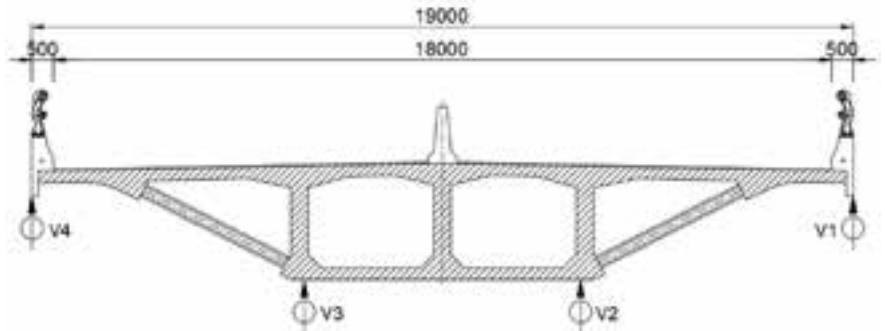
Ký hiệu	Vị trí	Độ cao không tải	Độ cao có tải đúng tâm	Độ võng khi tải đúng tâm (mm)
V1A	Cánh dầm phải tuyến	8.1362	8.1303	5.90
V2A	Đáy dầm phải tuyến	6.2732	6.2705	2.70
V3B	Đáy dầm trái tuyến	6.2342	6.2315	2.70
V4C	Cánh dầm trái tuyến	8.1462	8.1425	3.70

Kết quả xác định độ võng thông qua độ cao của điểm quét trên mô hình đám mây điểm Point cloud tại các vị trí là tương đương với kết quả thu nhận từ đồng hồ so về mặt vị trí võng lớn nhất, nhỏ nhất. Tuy nhiên, về mặt giá trị của các giá trị độ võng thì đang lệch 0.83mm với vị trí võng lớn nhất và 1.75mm với vị trí võng nhỏ nhất, giá trị lệch lớn nhất là 1.88mm.

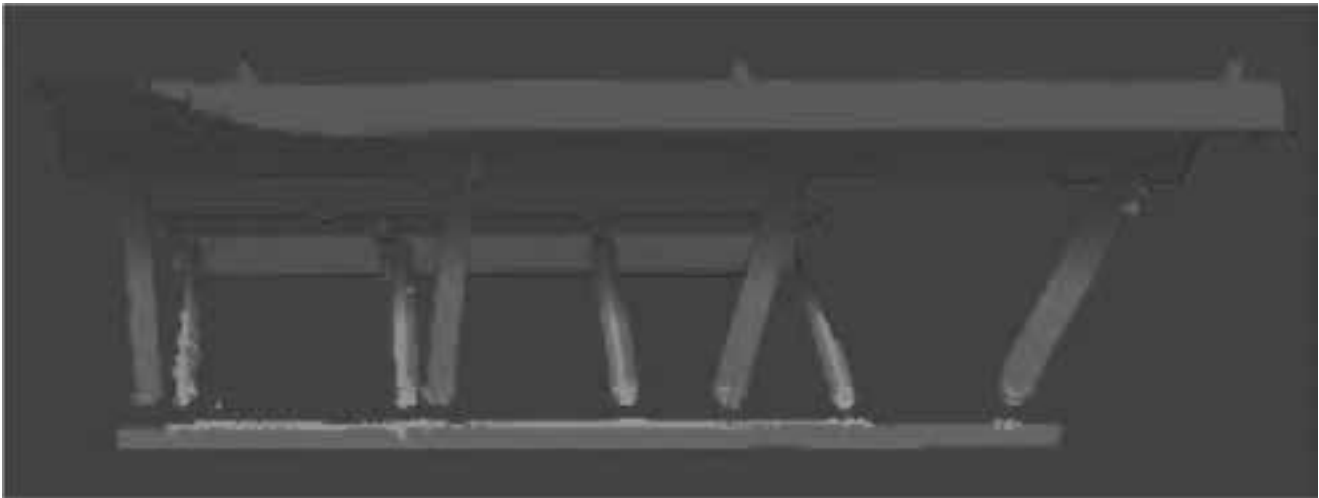
Nguyên nhân của các giá trị độ lệch này có thể là do các thiết bị đồng hồ so đọc giá trị nhiều nhiều lần và lấy trung



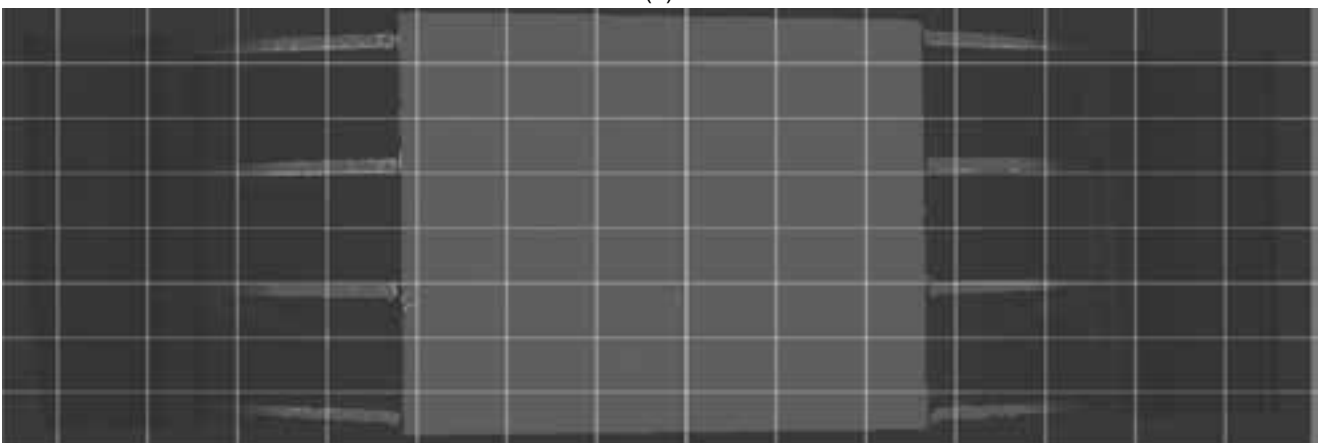
Hình 5: Quy trình thực hiện



Hình 6. Bố trí thiết bị đo võng bằng đồng hồ so (CCU-HUCE)



(a)



(b)

Hình 7. Point cloud trên Autodesk Recap

binh còn thiết bị GTL-1000 lại quét tức thời lên tới trăm nghìn điểm trên mỗi giây, chưa tính đến giá trị biên độ dao động trong quá trình kiểm định. Các thiết bị quét hoạt động giống như một thiết bị toàn đạc điện tử nên chịu ảnh hưởng sai số từ một số nguồn khác như định tâm máy, định hướng, sai số điểm khống chế, ghép mô hình.... Ngoài ra, vị trí các điểm chọn không được đánh dấu bằng các gương phản xạ chuyên dụng do mục tiêu ban đầu là đo đạc, kiểm định không tiếp xúc trực tiếp.

#### 4. Kết luận và thảo luận

Kết quả thực nghiệm quét laser mặt đất bằng thiết bị GTL-1000 đạt được hiệu quả cao về năng suất lao động, tiết kiệm thời gian và đáp ứng tính đa mục tiêu chỉ với một tác vụ quét.

Công tác vận hành thiết bị không đòi hỏi nhiều nhân lực, chỉ cần một kỹ sư có thể vận hành cho cả một công trình lớn nhờ quy trình quét đơn giản.

Các thực nghiệm cần được tiếp tục thực hiện với phương pháp quét khác nhau như đặt các gương phản xạ chuyên dụng hay thay đổi với thiết bị quét sử dụng phương pháp đo pha để nâng cao độ chính xác định các đại lượng đo.

#### 5. Lời cảm ơn

Các tác giả chân thành cảm ơn công ty NEH-Engineering Survey and Mapping đã cung cấp nhưng tư liệu, hình ảnh thực cho báo cáo và kỹ sư Nguyễn Như Tuấn Anh, công ty Topcon Singapore Positioning PTE.LTD đã giúp đỡ trong việc thu thập số liệu cho quá trình nghiên cứu, thực nghiệm./.

#### Tài liệu tham khảo

1. P. Tang and B. Akinci. Formalization of workflows for extracting bridge surveying goals from laser-scanned data. *Automation in Construction*, Vol. 22, 306–319, 2012.
2. B. Riveiro, P. Morer, P. Arias, and I. De Arteaga. Terrestrial laser scanning and limit analysis of masonry arch bridges. *Construction and Building Materials*, Vol. 25, 1726–1735, 2011.
3. B. Riveiro, P. Morer, P. Arias, and I. De Arteaga. Terrestrial laser scanning and limit analysis of masonry arch bridges. *Construction and Building Materials*, Vol. 25, 1726–1735, 2011.
4. I. Gumilar, T. Hawaari, T.P. Sidiq, and A. Lukmanulhakim. As-built drawing generation of LFM building ITB using terrestrial laser scanner. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Institute of Physics Publishing, 2020.
5. R.J. Ross, B.K. Brashaw, and S.J. Anderson. Use of Laser Scanning Technology to Obtain As-Built Records of Historic Covered Bridges, 2012.
6. I. Lubowiecka, J. Armesto, P. Arias, and H. Lorenzo. Historic bridge modelling using laser scanning, ground penetrating radar and finite element methods in the context of structural dynamics. *Engineering Structures*, Vol. 31, 2667–2676, 2009.
7. I. Lubowiecka, J. Armesto, P. Arias, and H. Lorenzo. Historic bridge modelling using laser scanning, ground penetrating radar and finite element methods in the context of structural dynamics. *Engineering Structures*, Vol. 31, 2667–2676, 2009.
8. B. Muhammad Shumail Farooq and D.D. Tran Ph Brian Lines Ph D Michael Panethiere PE. An Approach to Bridge Inspection Using 3D Laser Scanners and Digital Photographs. 2017.
9. C. Zhang, D. Arditi, and Z. Chen. DOCUMENTATION AND VISUALIZATION OF AN AS-BUILT TUNNEL BY COMBINING 3D LASER SCANNING AND WEB MAPPING. In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. pp. 139–144, 2013.
10. D. Lichti, S. Gordon, M. Stewart, J. Franke, and M. Tsakiri. Comparison of Digital Photogrammetry and Laser Scanning Vision-Based Deformation and Crack Monitoring in Bridges View project. Vol. Vol. 00, 39–44, 2002.
11. B. Riveiro, H. González-Jorge, M. Varela, and D. V. Jauregui. Validation of terrestrial laser scanning and photogrammetry techniques for the measurement of vertical underclearance and beam geometry in structural inspection of bridges. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, Vol. 46, 784–794, 2013.
12. T. Lovas, A. Barsi, L. Dunai, et al. Terrestrial Laserscanning in Deformation Measurements of Structures. In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. pp. 527–532, 2008.
13. L. Zhao, J. Mbachu, B. Wang, Z. Liu, and H. Zhang. Installation Quality Inspection for High Formwork Using Terrestrial Laser Scanning Technology. *Symmetry*, Vol. 14, 1–31, 2022.
14. G. Teza, A. Galgaro, and F. Moro. Contactless recognition of concrete surface damage from laser scanning and curvature computation. *NDT and E International*, Vol. 42, 240–249, 2009.
15. J.A. Pawłowicz. The TLS technique as a way of identification and measurement of damaged elements of a historic sacral building.
16. A. Riquelme, M. Cano, R. Tomás, and A. Abellán. Identification of Rock Slope Discontinuity Sets from Laser Scanner and Photogrammetric Point Clouds: A Comparative Analysis. In: *Procedia Engineering*. pp. 838–845. Elsevier Ltd, 2017.
17. T.P. Kersten, H. Sternberg, and K. Mechelke. Geometrical Building Inspection by Terrestrial Laser Scanning Determination of Intensity-Based Stochastic Models for Terrestrial Laser Scanners Utilising 3D-Point Clouds View project. In: *FIG working week in Eilat, Israel 2*. pp. 1–6, 2009.
18. L. Zhao, J. Mbachu, B. Wang, Z. Liu, and H. Zhang. Installation Quality Inspection for High Formwork Using Terrestrial Laser Scanning Technology. *Symmetry*, Vol. 14, 2022.
19. P. Arias, B. Riveiro, J. Armesto, and M. Solla. TERRESTRIAL LASER SCANNING AND NON PARAMETRIC METHODS IN MASONRY ARCHES INSPECTION. In: *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. pp. 39–44, 2010.
20. M. Tkáč, P. Mesároš, and T. Mandičák. Terrestrial laser scanning - Effective technology for creating building information models. *Pollack Periodica*, Vol. 13, 61–72, 2018.
21. M. Przyborski and P. Tysiąc. As-built inventory of the office building with the use of terrestrial laser scanning. In: *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2018.
22. C. Wu, Y. Yuan, Y. Tang, and B. Tian. Application of terrestrial laser scanning (Tls) in the architecture, engineering and construction (aec) industry. *Sensors*, Vol. 22, 1–32, 2022.
23. H. Sadikin, A. Hernandi, A. Yusup Saptari, et al. The Study of Terrestrial Laser Scanning (TLS) Survey for Three-Dimensional (3D) Building Documentation (7621) The Study of Terrestrial Laser Scanning (TLS) Survey for Three-Dimensional (3D) Building Documentation. In: *FIG Working Week*. pp. 1–18, 2015.
24. A. Aryan, F. Bosché, and P. Tang. Planning for Terrestrial Laser Scanning in Construction: A Review.
25. C. Wu, Y. Yuan, Y. Tang, and B. Tian. Application of terrestrial laser scanning (Tls) in the architecture, engineering and construction (aec) industry. 2022.
26. A. Berberan, I. Ferreira, E. Portela, et al. Overview on Terrestrial Laser Scanning As a Tool for Dam Overview on Terrestrial Laser Scanning As a Tool. In: *6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON DAM ENGINEERING*. pp. 1–11, 2011.
27. U. Stilla and B. Jutzi. Book Review. In: *Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing*, 2008.
28. Topcon. GTL-1000 Laser Scanner Total Station., [https://www.topcon.co.jp/en/positioning/products/product/3dscanner/GTL-1000\\_E.html](https://www.topcon.co.jp/en/positioning/products/product/3dscanner/GTL-1000_E.html).