



STUDY APPLICATION OF CONTINUOUSLY OPERATING REFERENCE SYSTEM IN ESTABLISHING MAP AND SETTING OUT ROAD CONSTRUCTION

Van Hien Le ^{*}, Minh Ngoc Le, Duc Cong Tran

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Article

Received: 23/03/2022

Revised: 25/04/2022

Accepted: 11/05/2022

Published online: 15/08/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.6.1>

** Corresponding author*

Email: hienlv@utc.edu.vn; Tel: +84981110910

Abstract. Continuously Operating Reference System (CORS) has been establishing with its density covering from Northern to Southern to apply for geodetic surveys in Vietnam. Currently, CORS station is studied to investigate its precision and how to apply it more effective in different areas, especially in construction survey. This paper studies ability of CORS application in establishing large-scale map and setting-out road construction. A real project of road construction is used to investigate the precision of CORS station in establishing the large-scale map and layout the central points of road in construction stage. CORS measurement results in experiment are compared to the accuracy technical standards of each item and other traditional methods to assess the precision of CORS measurement, then, the ability of CORS application could be proposed to use in road constructions. The results show that, the precision of CORS measurement satisfy to establish the larg-scale maps and layout the central points of road constructions. According to experiment, CORS application shows more effective than other traditional methods in measurement on side.

Keywords: CORS station, large-scale map, setting out road construction, surveying technical standards



NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG TRẠM THAM CHIẾU HOẠT ĐỘNG LIÊN TỤC TRONG KHẢO SÁT VÀ BỐ TRÍ TUYẾN ĐƯỜNG

Lê Văn Hiến*, Lê Minh Ngọc, Trần Đức Công

Trường Đại học Giao thông Vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 23/03/2022

Ngày nhận bài sửa: 25/04/2022

Ngày chấp nhận đăng: 11/05/2022

Ngày xuất bản online: 15/08/2022

<https://doi.org/10.47869/tcsj.73.6.1>

* Tác giả liên hệ

Email: hienlv@utc.edu.vn; Tel: +84981110910

Tóm tắt. Trạm tham chiếu hoạt động liên tục (trạm CORS) đã được xây dựng và đang hoàn thiện mật độ phủ trùm từ Bắc vào Nam để phục vụ cho công tác đo đạc trắc địa tại Việt Nam. Hiện nay, trạm CORS đang được nghiên cứu, khảo sát để ứng dụng hiệu quả trong các lĩnh vực đo đạc khác nhau, đặc biệt là lĩnh vực xây dựng công trình. Bài báo này nghiên cứu khả năng ứng dụng công nghệ trạm CORS trong khảo sát và bố trí tuyến đường. Một tuyến đường thuộc dự án thực tế đã được sử dụng để khảo sát độ chính xác của ứng dụng công nghệ trạm CORS trong công tác khảo sát thành lập bản đồ tỷ lệ lớn và công tác bố trí tuyến thuộc giai đoạn thi công. Kết quả đo bằng trạm CORS được đối sánh với tiêu chuẩn kỹ thuật quy định độ chính xác cho từng hạng mục tương ứng và các phương pháp đo đạc truyền thống để đánh giá độ chính xác, từ đó đề xuất khả năng ứng dụng công nghệ này trong khảo sát và bố trí tuyến đường. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, công nghệ đo bằng trạm CORS đảm bảo độ chính xác thành lập bản đồ tỷ lệ lớn và bố trí tuyến đường. Thông qua thực nghiệm, ứng dụng trạm CORS thể hiện rõ rệt tính hiệu quả của công tác đo ngoại nghiệp so với các phương pháp truyền thống.

Từ khóa: trạm tham chiếu hoạt động liên tục, bản đồ tỷ lệ lớn, bố trí tuyến đường, tiêu chuẩn kỹ thuật về đo đạc trắc địa.

© 2022 Trường Đại học Giao thông Vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công tác trắc địa phục vụ khảo sát và bố trí tuyến đường bao gồm hai nhiệm vụ chính là khảo sát thành lập bản đồ địa hình phục vụ cho các bước thiết kế, trong đó bước thiết kế kỹ

thuật yêu cầu bản đồ địa hình tỷ lệ lớn đến 1:500; và thực hiện bố trí chi tiết tuyến đường trong giai đoạn thi công. Nhiệm vụ của công tác trắc địa trong giai đoạn khảo sát tuyến đường thực hiện hai nội dung là thành lập lưới khống chế đường chuyên cấp 2 phục vụ khảo sát và đo vẽ chi tiết thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn. Độ chính xác giai đoạn khảo sát phải đảm bảo theo yêu cầu độ chính xác quy định theo Thông tư 68/2015/TT-BTNMT [1]. Công tác bố trí tuyến đường ở giai đoạn thi công phải đảm bảo độ chính xác quy định theo tiêu chuẩn kỹ thuật 22TCN 263-2000 về Quy trình khảo sát đường ô tô [2]. Các phương pháp đo, thiết bị đo được quy định trong các tiêu chuẩn kỹ thuật về khảo sát và thi công tuyến đường là ứng dụng máy toàn đạc điện tử và công nghệ GNSS [1].

Công nghệ trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS) được phát triển dựa trên nguyên lý của phương pháp GNSS-RTK và đã được ứng dụng phổ biến ở các nước phát triển trên thế giới. Mỹ là quốc gia đi đầu trong phát triển trạm CORS để phục vụ cho các mục đích khác nhau trong đó có đo đạc trắc địa. Một số nghiên cứu ứng dụng trạm CORS trong công tác quan trắc đã được thực hiện từ rất sớm. Chẳng hạn như nghiên cứu ứng dụng dữ liệu của các trạm CORS phân bố khắp thế giới để xây dựng mô hình chuyển dịch của lớp vỏ trái đất trên phạm vi toàn cầu. Một nghiên cứu khác của Snay (2008) đã sử dụng trạm CORS để phân tích sự thay đổi mực nước biển dọc theo bờ biển Mỹ và Canada với độ chính xác lên đến phần mười milimet [3]. Bên cạnh đó, hệ thống các trạm CORS đã được phát triển mạnh mẽ tại cộng đồng các nước EU. Ở Hungary, hệ thống trạm CORS đã được xây dựng với 35 trạm phân bố đều toàn bộ lãnh thổ phục vụ cho nhiều lĩnh vực khác nhau trong đời sống như nông nghiệp, quản lý thảm họa, trắc địa – bản đồ, quản lý môi trường, giao thông, viễn thông...[4]. Indonesia nghiên cứu phát triển hệ thống trạm CORS từ khá sớm ở khu vực Đông Nam Á, ứng dụng trong quản lý thảm họa, đặc biệt là động đất với 51 trạm CORS được xây dựng từ năm 2009 [5].

Ở Việt Nam, công nghệ trạm CORS bắt đầu được nghiên cứu xây dựng để ứng dụng từ năm 2010 bởi các đơn vị đo đạc tư nhân. Đến năm 2016, Bộ Tài nguyên và Môi trường khởi công dự án xây dựng hệ thống 65 trạm CORS phân bố rải đều toàn lãnh thổ Việt Nam để phục vụ cho công tác trắc địa-bản đồ, và hệ thống đã được hoàn thành vào năm 2020 [6]. Hiện nay, hệ thống trạm CORS quốc gia đang được thực nghiệm rộng rãi trong các lĩnh vực đo đạc để đánh giá độ ổn định, tính chính xác và nâng cao hiệu quả trong sử dụng. Một số nghiên cứu khoa học ứng dụng trạm CORS phục vụ một số nhiệm vụ cụ thể của trắc địa đã được thực hiện như quan trắc chuyển dịch công trình [7], quan trắc dịch động bãi thải của khai thác mỏ [8]... Nhóm tác giả đã thực hiện nghiên cứu ứng dụng trạm CORS trong thành lập lưới khống chế trắc địa phục vụ khảo sát tuyến hay thực nghiệm khảo sát độ chính xác trong bố trí tuyến. Tuy nhiên, các nghiên cứu về ứng dụng trạm CORS ở Việt Nam còn rất nhiều hạn chế, chưa có các tiêu chuẩn kỹ thuật cụ thể về ứng dụng công nghệ trạm CORS trong đo đạc. Bài báo này, nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu giải pháp tổng thể về khả năng ứng dụng trạm CORS phục vụ khảo sát và bố trí tuyến đường. Nội dung nghiên cứu tập trung khảo sát độ chính xác ứng dụng trạm CORS trong thành lập lưới khống chế đường chuyên cấp 2, đo vẽ chi tiết thành lập bản đồ tỷ lệ lớn và bố trí tuyến trong giai đoạn thi công tuyến đường.

2. TIÊU CHUẨN KỸ THUẬT VỀ ĐỘ CHÍNH XÁC THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH TỶ LỆ LỚN VÀ BỐ TRÍ TUYẾN

2.1. Tiêu chuẩn độ chính xác thành lập bản đồ địa hình (BĐĐH) tỷ lệ lớn

Độ chính xác thành lập BĐĐH tỷ lệ lớn phụ thuộc vào độ chính xác thành lập lưới khống chế đo vẽ và độ chính xác đo điểm chi tiết để thành lập BĐĐH.

2.1.1. Tiêu chuẩn độ chính xác thành lập lưới khống chế đo vẽ

Theo quy định tại Thông tư 68/2015/TT-BTNMT thì lưới khống chế đo vẽ bao gồm: lưới khống chế đo vẽ mặt bằng cấp 1 đo bằng công nghệ GNSS đo tĩnh, đo tĩnh nhanh hoặc đo động và cấp 2 đo bằng máy toàn đạc điện tử, kinh vĩ điện tử. Lưới khống chế đo vẽ độ cao kỹ thuật được phát triển theo phương pháp thủy chuẩn hình học, phương pháp đo cao lượng giác hoặc công nghệ GNSS tĩnh. Yêu cầu độ chính xác của lưới khống chế đo vẽ là sai số trung phương xác định vị trí điểm khống chế mặt bằng cấp cuối cùng của lưới khống chế là 0,1mm tính theo tỷ lệ bản đồ cần thành lập; khu vực khó khăn có độ dốc địa hình $>15^{\circ}$ là 0,2mm tính theo tỷ lệ bản đồ. Sai số trung phương xác định điểm khống chế độ cao cấp cuối cùng không vượt quá 1/10 khoảng cao đều cơ bản ở vùng đồng bằng và 1/6 khoảng cao đều cơ bản ở vùng có độ dốc địa hình $>15^{\circ}$ [1]. Như vậy xét với vùng đồng bằng, với BĐĐH tỷ lệ lớn 1:1000, sai số trung phương vị trí mặt bằng điểm yếu nhất của lưới khống chế đo vẽ là 10cm và sai số trung phương độ cao yếu nhất với đường đồng mức 1m là 10cm. Đối với BĐĐH tỷ lệ 1:500, sai số trung phương vị trí mặt bằng điểm yếu nhất của lưới khống chế đo vẽ là 5cm và sai số trung phương độ cao yếu nhất với đường đồng mức 0,5m là 5cm.

2.1.2. Tiêu chuẩn độ chính xác đo vẽ điểm chi tiết

Sai số trung phương xác định vị trí mặt bằng điểm địa vật cố định, rõ nét so với điểm khống chế đo vẽ gần nhất không quá 0,3mm tính theo tỷ lệ bản đồ. Sai số trung phương đo vẽ độ cao địa hình so với điểm khống chế độ cao cấp cuối cùng không vượt quá 1/4 khoảng cao đều của đường đồng mức đối với địa hình bằng phẳng. Sai số về độ cao của các điểm đặc trưng địa hình không vượt quá 1/3 khoảng cao đều của đường đồng mức. Căn cứ vào giá trị chênh lệch về vị trí mặt bằng và độ cao của địa vật trên bản đồ so với kết quả kiểm tra để đánh giá độ chính xác của bản đồ. Giá trị chênh lệch cho phép không quá hai lần sai số trung phương đã nêu ở trên. Số lượng điểm có giá trị sai số lớn (70% đến 100% giá trị cho phép) không vượt quá 5% tổng số điểm kiểm tra [1]. Như vậy xét với vùng bằng phẳng, với thành lập BĐĐH tỷ lệ 1:1000, đường đồng mức 1m, sai số trung phương mặt bằng của điểm chi tiết không được vượt quá 30cm, sai số trung phương độ cao không được vượt quá 25cm. Đối với BĐĐH tỷ lệ 1:500 đường đồng mức 0,5m, sai số trung phương mặt bằng của điểm chi tiết không được vượt quá 15cm, sai số trung phương độ cao không được vượt quá 12,5cm.

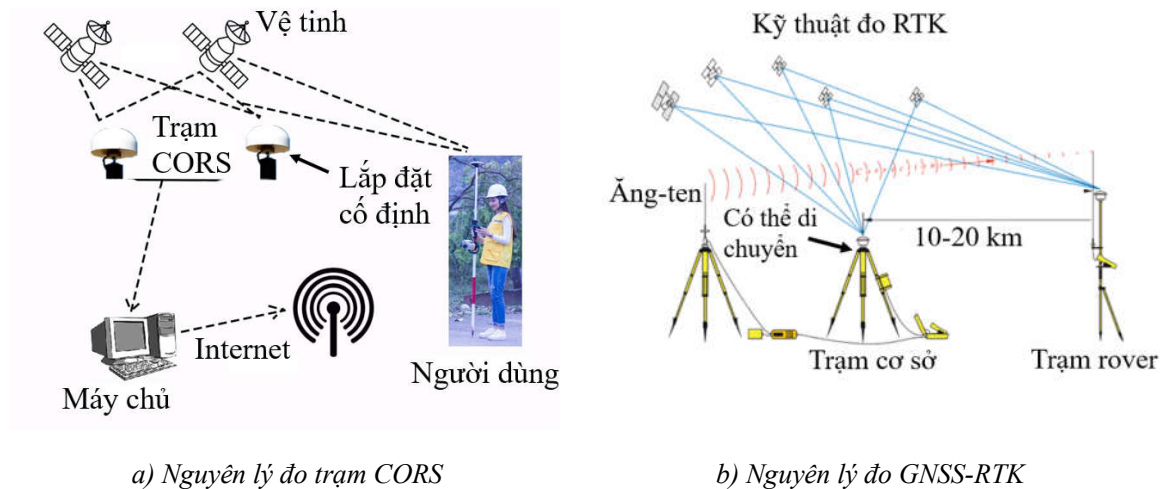
2.2. Tiêu chuẩn độ chính xác bố trí tim tuyến trong giai đoạn thi công

Tiêu chuẩn TCVN 9436-2012 quy định về độ chính xác thi công nền mặt đường ô tô với sai số cho phép vị trí tim tuyến đường so với thiết kế là 5cm đối với đường cao tốc và cấp I, II, III; không vượt quá 10cm đối với tuyến đường cấp IV, V, VI [2]. Nếu coi giai đoạn thiết kế không có sai số thì độ chính xác thi công tim tuyến ảnh hưởng bởi hai yếu tố là sai số bố trí trắc địa và sai số thi công. Áp dụng nguyên tắc ước tính ảnh hưởng bằng nhau, phương pháp, thiết bị đo đạc áp dụng trong bố trí tim tuyến đường phải đảm bảo sai số trung phương vị trí điểm bố trí không được vượt quá 3,5cm đối với tuyến đường cao tốc và 7,1cm với tuyến đường cấp IV, V, VI.

3. KHẢO SÁT ĐỘ CHÍNH XÁC ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TRẠM CORS TRONG ĐO VẼ THÀNH LẬP BĐĐH TỶ LỆ LỚN VÀ BỐ TRÍ TIM TUYẾN

3.1. Phương pháp đo trạm CORS

Công nghệ trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS) được xây dựng dựa trên nguyên lý của phương pháp đo GNSS-RTK. Điểm khác biệt cơ bản là, trong công nghệ trạm CORS, trạm cơ sở được xây dựng tại một điểm mốc cố định, lắp đặt máy thu GNSS để thu tín hiệu 24 giờ liên tục hàng ngày. Tín hiệu truyền từ trạm cơ sở đến các trạm đo được gửi thông qua công nghệ mạng không dây 3G hay 4G, do vậy, phạm vi kết nối giữa trạm cơ sở với trạm đo cho phép với khoảng cách hàng chục kilomet. Khi có nhiều hơn một trạm CORS được xây dựng trên một khu vực, các trạm CORS này liên kết với nhau tạo thành một mạng lưới trạm CORS. Vì vậy, có hai phương pháp đo cơ bản bằng trạm CORS gọi là đo CORS đơn và đo CORS mạng. Phương pháp đo CORS đơn về mặt nguyên lý giống như phương pháp đo GNSS-RTK, tuy nhiên, phạm vi đo cho phép của phương pháp đo CORS đơn là rộng hơn nhiều. Do vậy, nếu đảm bảo độ chính xác đo, phương pháp đo bằng trạm CORS được ứng dụng hiệu quả hơn phương pháp đo GNSS-RTK khi thực hiện trên thực địa. Hình 1 mô tả nguyên lý đo công nghệ trạm CORS và phương pháp đo GNSS-RTK.



Hình 1. Nguyên lý đo CORS và GNSS-RTK.

3.2. Phương pháp khảo sát độ chính xác đo trạm CORS ứng dụng trong thành lập BĐĐH tỷ lệ lớn và bố trí tim tuyến

Độ chính xác ứng dụng công nghệ trạm CORS trong thành lập BĐĐH và bố trí tim tuyến được khảo sát và đánh giá dựa trên các kết quả đo đạc thực nghiệm. Trước tiên, kết quả đo thực nghiệm bằng công nghệ trạm CORS được đối sánh với các tiêu chuẩn kỹ thuật quy định về độ chính xác trong thành lập BĐĐH với hai loại tỷ lệ lớn là 1:1000 và 1:500; và độ chính xác trong bố trí tim tuyến. Bên cạnh đó, độ chính xác ứng dụng trạm CORS cũng được đánh giá dựa trên độ lệch so với phương pháp truyền thống đã được quy định trong các tiêu chuẩn kỹ thuật là sử dụng máy toàn đạc điện tử hoặc đo GNSS tĩnh.

3.2.1. Khảo sát độ chính xác đo CORS trong thành lập BĐĐH

a) Độ chính xác đo CORS trong thành lập lưới khống chế mặt bằng phục vụ đo vẽ.

Mỗi điểm khống chế được đo CORS liên tục trong một khoảng thời gian (1 đến 2 phút) với tần số đo là 1Hz. Kết quả đo thu được tại mỗi điểm khống chế là một chuỗi dữ liệu đo. Độ chính xác đo lưới khống chế được đánh giá theo phương pháp đo nhiều lần của một đại lượng với sai số trung phương một lần đo tính theo các công thức Bessel:

- Sai số trung phương theo mặt phẳng:

+ Sai số trung phương thành phần:

$$m_X = \pm \sqrt{\frac{[v_X v_X]}{n-1}} \quad m_Y = \pm \sqrt{\frac{[v_Y v_Y]}{n-1}} \quad (1)$$

+ Sai số trung phương vị trí điểm mặt bằng:

$$m_P = \sqrt{m_X^2 + m_Y^2} \quad (2)$$

- Sai số trung phương về độ cao:

$$m_H = \pm \sqrt{\frac{[v_H v_H]}{n-1}} \quad (3)$$

Trong đó: $v_{X_i} = X_i - X_{TBC}$; $v_{Y_i} = Y_i - Y_{TBC}$; $v_{H_i} = H_i - H_{TBC}$; $i = 1 \div n$

Sai số trung phương (vị trí điểm và độ cao) được so sánh với tiêu chuẩn độ chính xác để đánh giá độ chính xác của phương pháp đo CORS [9].

b) Độ chính xác đo CORS trong đo điểm chi tiết

Các điểm chi tiết đặc trưng trên khu đo thực nghiệm được chọn và đánh dấu để khảo sát độ chính xác đo bằng công nghệ trạm CORS. Độ lệch giữa phương pháp đo CORS và sử dụng máy toàn đạc điện tử được tính theo các công thức sau:

$$dX_i = X_0 - X_i \quad dY_i = Y_0 - Y_i \quad (4)$$

$$dP_i = \sqrt{dX_i^2 + dY_i^2} \quad (5)$$

$$dH_i = H_0 - H_i \quad (6)$$

Trong đó: (X_0, Y_0, H_0) là tọa độ điểm chi tiết đo theo phương pháp truyền thống; (X_i, Y_i, H_i) là tọa độ điểm lưới đo theo phương pháp CORS. Giá trị độ lệch giữa hai phương pháp được so sánh với tiêu chuẩn kỹ thuật quy định độ chính xác trong đo điểm chi tiết.

3.2.2. Khảo sát độ chính xác đo CORS trong bố trí tìm tuyến

Các điểm tìm của một tuyến đường được thiết kế trên bình đồ tuyến và được bố trí ra ngoài thực địa theo phương pháp là đo CORS. Sau đó, các điểm tìm đã bố trí được đo lại tọa độ bằng phương pháp sử dụng toàn đạc điện tử. Độ lệch giữa tọa độ tìm tuyến thực tế so với tọa độ thiết kế được tính theo các công thức từ (4) đến (5) và đối sánh với sai số cho phép

trong bố trí tìm tuyến quy định trong tiêu chuẩn TCVN 9436-2012 để đánh giá độ chính xác bố trí tìm tuyến bằng phương pháp đo CORS [10].

4. THỰC NGHIỆM KHẢO SÁT ĐỘ CHÍNH XÁC

4.1. Mô tả khu vực thực nghiệm

Khu vực thực nghiệm được lựa chọn là một phần của Dự án Hệ thống xử lý nước thải Yên Xá, TP Hà Nội. Chiều dài tuyến thực nghiệm là khoảng 11 kilomet. Trên phạm vi thực nghiệm có hệ thống lưới khống chế trắc địa như sau:

- Lưới GPS hạng IV có 5 điểm và lưới DC1 có 3 điểm đã được thành lập bằng phương pháp GNSS tính sử dụng thiết bị đo là GPS U3 KOLIDA với thông số độ chính xác như sau: $\pm 3\text{mm} + 0,5\text{ppm}$.

- Lưới DC2 gồm có 32 điểm, đã được thành lập bằng phương pháp sử dụng toàn đạc điện tử DTM-552 đo góc-cạnh với độ chính xác đo góc là $\pm 1''$, độ chính xác đo cạnh là $\pm 2\text{mm} + 2.\text{ppm}$.

Thiết bị sử dụng đo thực nghiệm là hệ thống trạm CORS của Cục đo đạc bản đồ, với máy thu GPS 2 tần số E-Survey E300 với sai số đo động về mặt bằng là $8\text{mm} + 0,5\text{ppm}$ và độ cao là $15\text{mm} + 0,5\text{ppm}$. Máy toàn đạc điện tử Leica TCR703 được sử dụng để đo điểm chi tiết, với các sai số đo góc $\pm 3''$ và sai số đo cạnh là $\pm 2 + 2.\text{ppm} \times D$ (mm).

4.2. Công tác đo trên thực địa

Lưới khống chế (các cấp) được đo bằng công nghệ CORS xác định trong hệ tọa độ VN-2000, với chế độ đo được lựa chọn là đo liên tục với tần số thu nhận dữ liệu là 1Hz (1 dữ liệu/1 giây). Tại một điểm đo, thời gian thu nhận dữ liệu liên tục là 2 phút (120 dữ liệu tọa độ). Dữ liệu đo được là tọa độ của các điểm xác định theo 3 phương X, Y, H [9].

Trên khu vực thực nghiệm, lựa chọn 100 điểm chi tiết đặc trưng dọc theo sông Tô Lịch, bao gồm: các điểm địa vật rõ nét, ở các vị trí thông thoáng thuận tiện cho đo CORS như: mép đường, mép vỉa hè, mép sông... và các điểm ở các vị trí đặc biệt như dưới tán cây to, góc nhà, gần các trạm điện... có đặc điểm chung là gây khó khăn trong quá trình thu tín hiệu đo CORS.



(a) Đo bằng TĐĐT



(b) Đo bằng CORS

Hình 2. Công tác đo điểm chi tiết trên thực địa.

Công tác đo điểm chi tiết được thực hiện qua 2 bước:

Bước 1: Đo điểm chi tiết bằng phương pháp sử dụng máy toàn đạc điện tử TCR703 từ các điểm DC2 theo phương pháp tọa độ cực. Sử dụng gương đơn đặt tại các điểm chi tiết, có kẹp sào gương để cân gương trước khi đo để hạn chế tối đa sai số lệch tâm gương.

Bước 2: Sử dụng trạm CORS đo điểm chi tiết. Máy thu GNSS đặt trên sào gương, có sử dụng kẹp sào để cân máy thu tại các điểm đo chi tiết. Mỗi điểm chi tiết được đo 2 lần (2 trị đo) với tần số thu tín hiệu 1Hz.

4.3. Kết quả đánh giá độ chính xác

4.3.1. Đánh giá độ chính xác thành lập BĐĐH

Tiêu chuẩn độ chính xác thành lập BĐĐH với 2 loại tỷ lệ lớn là 1:1000 và 1:500 được sử dụng để đánh giá độ chính xác đo CORS. Sai số trung phương lớn nhất cho phép của từng hạng mục thống kê trong bảng sau:

Bảng 1. Sai số trung phương lớn nhất cho phép trong thành lập BĐĐH.

Tỷ lệ BĐĐH	Thành lập lưới khống chế đo vẽ		Đo điểm chi tiết	
	Sai số mặt bằng m_P (m)	Sai số độ cao m_H (m)	Sai số mặt bằng m_P (m)	Sai số độ cao m_H (m)
1:1000	$\pm 0,100$	$\pm 0,100$	$\pm 0,300$	$\pm 0,250$
1:500	$\pm 0,050$	$\pm 0,050$	$\pm 0,150$	$\pm 0,125$

a) Đánh giá độ chính xác thành lập lưới khống chế đo vẽ

Mỗi điểm lưới khống chế được đo liên tục với tần số 1Hz trong thời gian 2 phút (120 dữ liệu tọa độ). Sai số trung phương xác định tọa độ và độ cao các điểm lưới khống chế được tính theo các công thức từ (1) đến (3), kết quả thu được như sau: sai số vị trí điểm mặt bằng lớn nhất là $m_{P_{max}} = \pm 0,035m$; sai số trung phương độ cao là $m_{H_{max}} = \pm 0,040m$. Có thể thấy rằng, phương pháp đo CORS đảm bảo độ chính xác thành lập lưới khống chế phục vụ đo vẽ BĐĐH tỷ lệ lớn 1:500 [9].

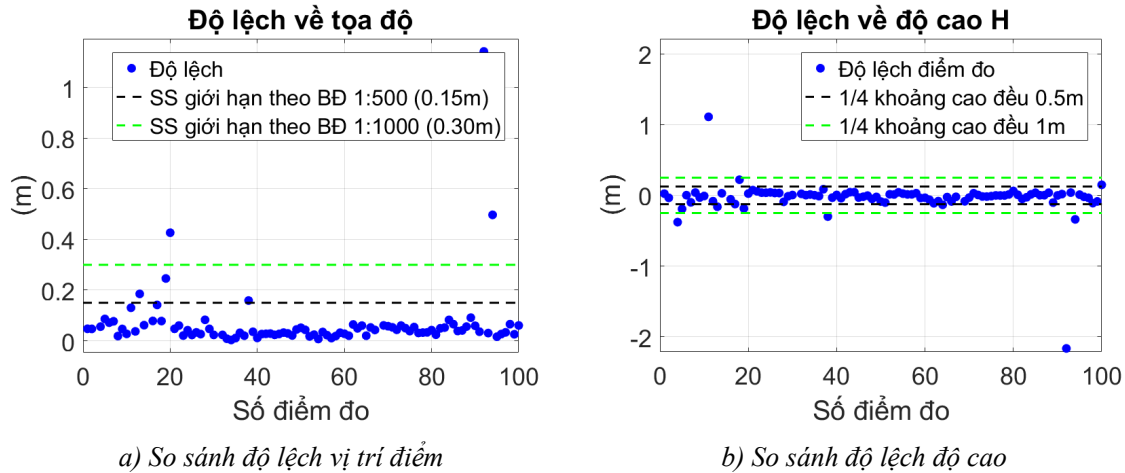
b) Đánh giá độ chính xác đo điểm chi tiết

Số lượng 100 điểm chi tiết đặc trưng trên khu vực thực nghiệm được đánh dấu trên thực địa và tiến hành đo bằng hai phương pháp là đo CORS và đo bằng máy toàn đạc điện tử. Kết quả tọa độ và độ cao các điểm chi tiết theo hai phương pháp được dùng để tính độ lệch theo các công thức (4) đến (6). Sau đó, độ lệch được so sánh với quy định về sai số ở Bảng 1 và được thể hiện trong biểu đồ Hình 3. Thống kê về giá trị độ lệch cho thấy rằng:

- Về mặt bằng: số lượng độ lệch nhỏ hơn quy định sai số mặt bằng lớn nhất của BĐĐH tỷ lệ 1:500 là 94/100, tương đương 94%; và BĐĐH tỷ lệ 1:1000 là 97/100, tương đương với 97%.

- Về độ cao: số lượng độ lệch nhỏ hơn quy định sai số độ cao lớn nhất (1/4 khoảng cao đều) với đường đồng mức 0,5m là 88/100 (tương ứng 88%), với đường đồng mức 1m là 95/100 (tương ứng 95%).

Từ kết quả đánh giá độ chính xác đo các điểm chi tiết cho thấy rằng, phương pháp đo CORS có thể đảm bảo độ chính xác đo tọa độ các điểm chi tiết thành lập BĐĐH tỷ lệ 1:500 và đảm bảo độ chính xác đo độ cao với đường đồng mức 1m.



Hình 3. Biểu đồ độ lệch giữa phương pháp đo CORS và toàn đạc điện tử.

4.3.2. Đánh giá độ chính xác bố trí tim tuyến

Một tim tuyến thiết kế với 21 cọc chi tiết được bố trí ra ngoài thực địa bằng phương pháp đo CORS. Sau đó, tọa độ mặt bằng của 21 cọc chi tiết được đo lại bằng máy toàn đạc điện tử để tính độ lệch theo các công thức (4) và (5). Giá trị độ lệch được so sánh với quy định TCVN 9436-2012 về tiêu chuẩn độ chính xác bố trí tim tuyến với sai số giới hạn bố trí tim tuyến đường cao tốc, cấp I, II, III là $\pm 3,5\text{cm}$; sai số giới hạn bố trí tim tuyến đường cấp IV, V, VI là $\pm 7,1\text{cm}$.

Kết quả đo đạc thực nghiệm chỉ ra rằng, có 100% giá trị độ lệch nhỏ hơn 7,1cm, 71,4% giá trị độ lệch nhỏ hơn 3,5cm. Điều này có nghĩa rằng, phương pháp đo CORS có thể đảm bảo độ chính xác bố trí tim tuyến đường cấp IV, V, VI, và cần khảo sát thêm ứng dụng trong bố trí đường cao tốc, cấp I, II, III.

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ nghiên cứu lý thuyết và đánh giá kết quả đo đạc thực nghiệm, nhóm nghiên cứu đưa ra một số kết luận như sau:

- Phương pháp đo bằng trạm tham chiếu hoạt động liên tục (CORS) đảm bảo độ chính xác thành lập lưới khống chế phục vụ đo vẽ BĐĐH tỷ lệ lớn;
- Trong đo điểm chi tiết thành lập bản đồ tỷ lệ lớn (1:500, 1:1000) phương pháp đo CORS có thể đảm bảo độ chính xác đo tọa độ mặt bằng của các điểm, và đảm bảo độ chính xác đo độ cao với đường đồng mức cơ bản 1m.
- Trong giai đoạn thi công tuyến đường, phương pháp đo CORS đảm bảo độ chính xác bố trí tim tuyến đường các cấp IV, V, VI và cần khảo sát thêm độ chính xác ứng dụng trạm CORS trong bố trí tuyến đường cấp cao hơn như đường cao tốc, cấp I, II, III.

Quá trình thực nghiệm cho thấy rằng, công nghệ đo bằng trạm CORS thể hiện tính hiệu quả cao so với các phương pháp truyền thống ứng dụng trong đo đạc. Tuy nhiên, cần thiết thực nghiệm thêm phương pháp này đối với điều kiện địa hình khó khăn hơn, từ đó đưa ra những quy định cụ thể trong tiêu chuẩn kỹ thuật về ứng dụng công nghệ trạm CORS trong khảo sát và thi công công trình.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải (ĐH GTVT) trong đề tài mã số T2020-CT-015 và T2022-CT-004.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Tài nguyên & Môi trường, Thông tư Số 68/2015/TT-BTNMT về Quy định kỹ thuật đo đạc trực tiếp địa hình phục vụ thành lập bản đồ địa hình và cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ 1 :500, 1 :1000, 1 :2000, 1 :5000, 2015.
- [2]. Bộ Giao thông Vận tải, Tiêu chuẩn ngành 22 TCN 263:2000 về Quy trình khảo sát đường ô tô, 2000.
- [3]. R. A. Snay, T. Soler, Continuously Operating Reference Station (CORS) : History, Applications, and Future Enhancements, *Journal of Surveying Engineering*, 134 (2008) 95-104. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9453\(2008\)134:4\(95\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(2008)134:4(95))
- [4]. S. Rozsa, A. Kenyeres, Near-real Time Estimation of Integrated Water Vapour from GNSS Observations in Hungary, AGU Fall Meeting Abstracts, 2010.
- [5]. H. Z. Abidin, F. H. Adiyanto, I. Meilano, H. Andreas, The Applications of GPS CORS in Indonesia: Status, Project and Limitation, in Conference: FIG Congress, Australia, 2010.
- [6]. Các trạm định vị vệ tinh chính thức vận hành. <https://monre.gov.vn/Pages/mang-luoi-cac-tram-dinh-vi-ve-tinh-chinh-thuc-van-hanh.aspx>, truy cập ngày 21 tháng 3 năm 2022.
- [7]. Diêm Công Huy, Ứng dụng công nghệ trạm GNSS/CORS trong quan trắc chuyển dịch phục vụ đánh giá tai biến công trình do biến đổi khí hậu ở Việt Nam, *Tạp chí KHCN Xây dựng*, 3 (2019) 53-58.
- [8]. Nguyễn Mạnh Cường, Nghiên cứu khả năng ứng dụng công nghệ CORS trong quan trắc dịch động bãi thải, Đề tài khoa học cấp Bộ Công Thương, 2018.
- [9]. Lê Minh Ngọc, Lê Văn Hiến, Trần Đức Công, Đánh giá độ chính xác thành lập đường chuyền cấp 2 bằng công nghệ trạm tham chiếu hoạt động liên tục trong công tác khảo sát tuyến đường, *Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải*, 67 (2018) 24–32.
- [10]. Lê Minh Ngọc, Lê Văn Hiến, Trần Đức Công, Khảo sát độ chính xác bố trí tìm tuyến đường bằng công nghệ trạm tham chiếu hoạt động liên tục, *Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải*, 71 (2020) 70–79. <https://doi.org/10.25073/tcsj.71.2.2>