

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GNSS-RTK TRONG THI CÔNG XÂY DỰNG NHÀ SIÊU CAO TẦNG Ở VIỆT NAM

TRẦN VIỆT TUẤN⁽¹⁾, ĐIỂM CÔNG TRANG⁽²⁾

⁽¹⁾Trường đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội

⁽²⁾Viện khoa học công nghệ xây dựng

Tóm tắt:

Nội dung của bài báo trình bày về kết quả nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS-RTK để bố trí thi công xây dựng công trình nhà siêu cao tầng ở Việt Nam. Cơ sở lý thuyết của giải pháp kỹ thuật này và kết quả đo đạc thực nghiệm nhằm đánh giá khả năng ứng dụng của công nghệ GNSS-RTK trong quá trình đảm bảo thi công các công trình xây dựng nhà cao tầng và siêu cao tầng ở nước ta.

1. Đặt vấn đề

Khi thi công các công trình nhà cao tầng theo phương pháp truyền thống, để đảm bảo độ thẳng đứng của công trình, người ta thường sử dụng các máy chiếu đứng (PZL) để chuyển toạ độ theo phương thẳng đứng lên các sàn thi công, sau đó tiến hành bố trí chi tiết trên tầng của toà nhà [4]. Đối với các công trình nhà siêu cao tầng, do ảnh hưởng của các yếu tố bên ngoài (nhiệt độ, gió .v.v.) và bản thân tải trọng công trình nên tại các tầng cao trong quá trình thi công phần thân công trình luôn bị dao động liên tục theo thời gian với biên độ rất lớn và hầu như không có quy luật. Ví dụ như tại công trình Land mark cao 81 tầng - 461 m tại thành phố Hồ Chí Minh, kết quả quan trắc cho thấy : trong một ngày đêm biên độ dao động của phần đỉnh toà nhà đạt giá trị 100 mm. Hoặc tại công trình toà nhà siêu cao tầng Burj Dubai Tower tại Du bai có chiều cao 818 m kết quả quan trắc tại vị trí có độ cao 605 m có biên độ dao động đạt giá trị 1,25m [5]. Do sự dao của công trình xảy ra liên tục với biên độ dao động rất lớn và không có quy luật nên không thể sử dụng các thiết bị và công nghệ truyền thống trong quá trình thi công để đảm bảo độ thẳng đứng của công trình.

Chính vì vậy mà cần phải nghiên cứu các giải pháp công nghệ và thiết bị đo đạc hiện đại đang

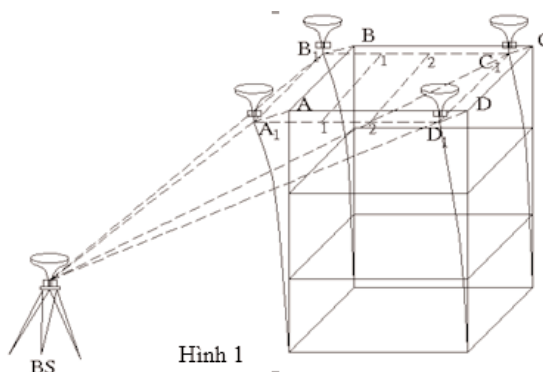
có tại Việt Nam nhằm đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cần thiết khi thi công các toà nhà siêu cao tầng ở nước ta.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS-RTK và máy toàn đạc điện tử để xác định vị trí thiết kế của các trục công trình nhà siêu cao tầng trong quá trình thi công

- Giả sử tại thời điểm t_1 vị trí toà nhà được xác định bởi các điểm (A,B,C, D) có toạ độ là $(x,y)_1$ như hình 1.

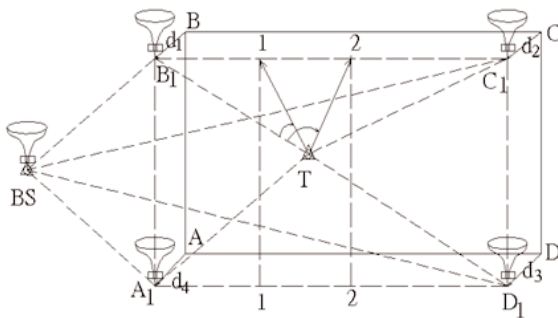
- Tại thời điểm t_2 do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh, các điểm (A,B,C, D) di chuyển đến vị trí (A_1, B_1, C_1, D_1) có toạ độ tức thời $(x,y)_2$.



Hình 1

- Nếu sử dụng công nghệ GNSS-RTK với trạm base đặt tại điểm BS và các trạm rove đặt tại các điểm (A₁, B₁, C₁, D₁) ta sẽ xác định được các giá trị tọa độ tức thời của các điểm này tại thời điểm t₂ tức là các giá trị (x,y)₂.

- Nếu trên sàn thi công của tầng thứ n đặt một máy toàn đạc điện tử ở một vị trí bất kỳ (điểm T) và sử dụng phương pháp giao hội nghịch góc - cạnh đến các điểm (A₁, B₁, C₁, D₁) sẽ xác định được tọa độ của điểm T tại thời điểm t₂, từ đó có thể xác định được các yếu tố bố trí điểm 1 và 2 (là các điểm trục công trình cần bố trí trên các sàn thi công) bằng phương pháp tọa độ cực từ điểm T (hình 2)



Hình 2

Khi thực hiện phương pháp bố trí nhà siêu cao tầng dựa vào công nghệ GNSS-RTK cần phải đưa bổ sung một số giải pháp kỹ thuật sau đây:

- Cần phải tính chuyển kết quả đo GNSS-RTK tại thời điểm t₂ về hệ tọa độ thiết kế và thi công công trình theo phương pháp tính chuyển qua hệ tọa độ địa diện chân trời với gốc của hệ địa diện có độ cao trùng với độ cao móng công trình [1].

- Khi tính các yếu tố bố trí điểm 1 và 2 từ điểm M cần bổ sung các số hiệu chỉnh chiều dài cạnh bố trí do độ nghiêng của sàn công trình tại thời điểm t₂. Giá trị góc nghiêng γ của sàn thi công thứ n được xác định trực tiếp bằng các cảm biến đo nghiêng gắn trực tiếp trên công trình.

2.2. Xác định yêu cầu độ chính xác cần thiết bố trí hệ trục công trình trong bố trí thi công

nhà siêu cao tầng.

Theo TCXD VN 11-17: yêu cầu độ chính xác bố trí các điểm 1 và 2 thuộc hệ thống trục công trình trên các sàn thi công là: sai số trung phương tương hỗ bố trí hai trục công trình kề nhau (1-1) và (2-2) là

$$m_{th} \leq \pm 5 \text{ mm}$$

Mặt khác ta đã biết: $m_{th} = m_1\sqrt{2} = m_2\sqrt{2}$

Do đó sai số trung phương bố trí điểm 1 và 2 được xác định theo công thức

$$m_p = \frac{m_{th}}{\sqrt{2}} = \pm 3.5 \text{ mm} \quad (1)$$

Sai số bố trí điểm trục công trình m_p có thể được xác định theo công thức

$$m_p^2 = m_T^2 + m_{bt}^2 \quad (2)$$

Trong đó: - m_{bt} là sai số đo các đại lượng bố trí bằng máy toàn đạc điện tử

- m_T là sai số xác định tọa độ trạm máy T, nguồn sai số này phụ thuộc vào độ chính xác của công nghệ GNSS-RTK khi xác định được các đại lượng chuyển dịch do dao động d_i của của nhà siêu cao tầng từ thời điểm t₁ sang t₂ (hình 2)

Từ (2) ta thấy: nếu đặt điều kiện để giá trị m_T ≤ 10% m_p thì ta có

$$m_T = \frac{m_{bt}}{k} \quad (3)$$

Và
$$m_{bt} = \frac{m_p k}{\sqrt{1+k^2}} \quad (4)$$

Với k là hệ số giảm độ chính xác và thường lấy k = 2

Thay giá trị m_p = ± 3.5 mm vào công thức (3) và (4) ta có

$$m_{bt} = \pm 3.1 \text{ mm} ; m_T = \pm 1.5 \text{ mm}$$

Như vậy: các đại lượng chuyển dịch d_i gây ra do dao động của công trình được xác định bằng

công nghệ GNSS - RTK cần được xác định với độ chính xác $m_d = \pm 1.5$ mm và điểm trục công trình trên các sàn thi công được bố trí với độ chính xác $m_p = \pm 3.5$ mm. Nếu lấy sai số giới hạn bằng hai lần sai số trung phương ta có : sai số giới hạn xác định đại lượng chuyển dịch d_i là:

$$m_f = \pm 3 \text{ mm}$$

3. Kết quả đo đạc và tính toán thực nghiệm

Để đánh giá khả năng ứng dụng của công nghệ GNSS-RTK trong bố trí thi công nhà siêu cao tầng, chúng tôi đã tiến hành đo đạc tại khu vực Viện khoa học - công nghệ xây dựng vào ngày 17/5/2019 với hệ thống máy thu của hãng Trimble: GNSS R8S có gắn gương chuyên dụng 360° (hình 3).



Hình 3

Đầu tiên thành lập một mạng lưới trắc địa bao gồm 11 điểm được xây dựng theo mô hình sau:

- Các điểm A, B, C, D là 4 điểm xác định vị trí của công trình tại thời điểm t_1

- Tại thời điểm t_2 do dao động của công trình các điểm (A, B, C, D) dịch chuyển đi một khoảng cách d_i đến các vị trí (A_1, B_1, C_1, D_1) như (hình 2). Khoảng cách d_i được xác định chính xác bằng thước thép với độ chính xác $m_s = \pm 0.5$ mm.

- Điểm T là một điểm đặt máy toàn đạc điện tử trên mặt sàn thi công

- Điểm 1 và 2 là các điểm trục công trình cần

bố trí;

- Dùng máy toàn đạc điện tử TCR-1201 (độ chính xác đo góc cạnh là: $m_\beta = \pm 1''$; $m_S = \pm 1,5$ mm) và thước thép đo góc và cạnh trong lưới; xử lý số liệu trong hệ tọa độ giả định được coi là hệ tọa độ thiết kế và thi công của công trình.

Dùng 04 máy thu GNSS R8S (Trimble): 01 máy đặt tại điểm BS là điểm trạm base đã có tọa độ và độ cao trong hệ tọa độ VN-2000; 03 máy thu GNSS 8S đặt tại các điểm (A, B, C) đo theo chế độ đo GNSS-RTK (trạm rove). Tần suất thu tín hiệu là 1s. Thời gian thu tín hiệu là 10 phút

Sau đó chuyển các trạm rove sang các điểm (A_1, B_1, C_1) thu tín hiệu 10 phút. Trong thời gian này sử dụng máy toàn đạc điện tử đo giao hội nghịch góc - cạnh từ ba điểm (A_1, B_1, C_1) để xác định tọa độ tức thời của điểm trạm máy T tại thời điểm t_2 và tiến hành bố trí điểm 1 và 2 dựa theo số liệu thiết kế.

- So sánh hiệu tọa độ các điểm (A, B,C) và (A_1, B_1, C_1) đo bằng công nghệ GNSS-RTK với khoảng cách đo thước thép sẽ đánh giá được độ chính xác của công nghệ GNSS-RTK để phát hiện chuyển dịch của công trình nhà siêu cao tầng do dao động gây ra giữa hai thời điểm t_1 và t_2 .

- So sánh tọa độ điểm 1 và 2 được xác định bằng công nghệ GNSS- RTK với tọa độ thiết kế để đánh giá độ chính xác bố trí các trục công trình trên các sàn thi công nhà siêu cao tầng bằng hệ GNSS-RTK kết hợp với máy toàn đạc điện tử

3.1. Khảo sát độ chính xác phát hiện chuyển dịch do dao động của nhà siêu cao tầng bằng công nghệ GNSS-RTK

Để đánh giá về khả năng ứng dụng của công nghệ GNSS- RTK chúng tôi sử dụng từng nhóm kết quả đo RTK trong 1 phút thu tín hiệu (60 trị đo) giữa hai thời điểm thu tín hiệu t_1 và t_2 và xử lý số liệu theo các thuật toán đã trình bày trong [3] và so sánh với chuyển dịch thực d_i đo bằng thước thép có kết quả như bảng 1

Trong bảng 1: cột (6) là khoảng cách d_1 tính từ kết quả đo GNSS-RTK giữa hai thời điểm t_1 và t_2

cột (7) là khoảng cách d_1 đo bằng thước thép. nếu coi khoảng cách d_1 đo bằng thước thép có độ chính xác cao hơn đo bằng GNSS-RTK thì ta có thể đánh giá độ chính xác đo khoảng cách dịch chuyển d_1 bằng GNSS-RTK theo công thức

$$m_d = \frac{\sqrt{[\Delta\Delta]}}{n} \quad (5)$$

Với n là số lần đo GNSS-RTK. Sử dụng công thức (5) và số liệu tính toán trong bảng 1 để tính ta có:

$$m_{d1} = \pm 2.0 \text{ mm}$$

Bằng phương pháp tính tương tự với kết quả đo thực nghiệm GNSS-RTK tại các điểm (B-B₁), (C-C₁) chúng tôi cũng tính được độ chính xác đo phát hiện chuyển dịch d_2, d_3 như sau:

$$m_{d2} = \pm 1.7 \text{ mm}$$

$$m_{d3} = \pm 2.1 \text{ mm}$$

So sánh với các chỉ tiêu kỹ thuật đo dao động của nhà siêu cao tầng tính theo các công thức (2), (3), (4) ta thấy: công nghệ GNSS-RTK hoàn toàn đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cần thiết khi xác định chuyển dịch do dao động của toà nhà siêu cao tầng giữa hai thời điểm t_1 và t_2 trong

quá trình thi công xây dựng công trình.

3.2. Khảo sát độ chính xác bố trí chi tiết công trình nhà siêu cao tầng bằng hệ thống GNSS-RTK và máy toàn đạc điện tử

Để đánh giá khả năng bố trí các trục chi tiết công trình trên các sàn thi công nhà siêu cao tầng, chúng tôi đã sử dụng máy toàn đạc điện tử TCR-1201 đo giao hội nghịch góc - cạnh từ các trạm rove đặt tại các điểm (A₁, B₁, C₁) tại thời điểm t_2 để xác định tọa độ tức thời của trạm máy T, sau đó tính các yếu tố bố trí điểm 1 và 2 theo phương pháp tọa độ cực dựa vào tọa độ thiết kế của điểm cần bố trí (hình 2). Kết quả đo thử nghiệm được so sánh với giá trị tọa độ thiết kế của điểm đó và cho như (bảng 2)

Trong bảng 2: giá trị độ lệch tổng hợp ΔS tại cột (7) được tính theo công thức:

$$\Delta S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (6)$$

Từ kết quả so sánh trong bảng 2 cho thấy: khi sử dụng hệ thống GNSS-RTK kết hợp với máy toàn đạc điện tử sẽ cho phép bố trí các điểm chi tiết trên các sàn thi công với độ chính xác đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cần thiết trong bố trí thi công nhà siêu cao tầng.

4. Kết luận và kiến nghị

- Khi bố trí thi công trong xây dựng nhà siêu cao tầng, cần phải xét đến sự dao động của các sàn thi công trên công trình do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh gây ra nhằm đưa ra và áp

Bảng 1: Phân tích kết quả đo GNSS-RTK xác định chuyển dịch giữa điểm A và A₁

STT	TỌA ĐỘ ĐO GNSS-RTK				(d ₁) _t (mm)	(d ₁) _d (mm)	Δ (mm)
	Điểm A		Điểm A1				
(1)	X(m) (2)	Y(m) (3)	X(m) (4)	Y(m) (5)	(6)	(7)	(8)
1	2328533.591	581781.789	2328533.453	581781.6273	212.7	211.0	1.7
2	2328533.589	581781.788	2328533.453	581781.630	207.8	211.0	3.2
3	2328533.590	581781.789	2328533.453	581781.630	208.8	211.0	2.2
4	2328533.589	581781.789	2328533.452	581781.630	210.6	211.0	0.4
5	2328533.589	581781.790	2328533.452	581781.631	209.7	211.0	1.3
6	2328533.588	581781.790	2328533.449	581781.630	211.8	211.0	0.8
7	2328533.587	581781.789	2328533.449	581781.629	211.6	211.0	0.6
8	2328533.588	581781.7901	2328533.450	581781.627	214.1	211.0	3.1
9	2328533.593	581781.7889	2328533.452	581781.628	213.9	211.0	2.9

Bảng 2: So sánh tọa độ điểm trực công trình bố trí trên các sàn thi công

Tọa độ thiết kế điểm 1		Tọa độ bố trí điểm 1		Độ lệch ΔX (mm)	Độ lệch ΔY (mm)	Độ lệch ΔS (mm)
X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2328550.541	581755.531	2328550.539	581755.530	2.0	1.0	2.2
Tọa độ thiết kế điểm 2		Tọa độ bố trí điểm 2		Độ lệch ΔX (mm)	Độ lệch ΔY (mm)	Độ lệch ΔS (mm)
X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
23285507.53	581732.134	2328550.751	581732.134	2.0	0.0	2.0

dụng các giải pháp kỹ thuật cần thiết để đảm bảo các yêu cầu và chỉ tiêu kỹ thuật trong thi công xây dựng các công trình nhà siêu cao tầng.

- Hệ GNSS-RTK kết hợp với gương 360⁰ và máy toàn đạc điện tử cho phép xác định tọa độ tức thời của các điểm đo GNSS-RTK trên công trình ở thời điểm t_i , từ đó có thể xác định được các yếu tố bố trí với độ chính xác cần thiết nhằm đảm bảo vị trí thiết kế của các kết cấu xây dựng, cho phép nâng cao hiệu quả của công tác trắc địa trong thi công xây dựng nhà siêu cao tầng ở Việt Nam

Kiến nghị: cần tiếp tục nghiên cứu ứng dụng các thiết bị, công nghệ hiện đại và các giải pháp kỹ thuật để nâng cao khả năng ứng dụng và tính hiệu quả của công tác trắc địa trong lĩnh vực thi công xây dựng nhà cao tầng và siêu cao tầng ở nước ta.○

Tài liệu tham khảo

[1]. Trần Viết Tuấn (2005), “Nghiên cứu

Summary

Study of application of GNSS-RTK technology in construction of super high-rise buildings in VietNam

Tran Viet Tuan, Hanoi University of Mining and Geology

MSc. Diem Cong Trang, Vietnam institute for science science and technology

The content of the article presents the research results of GNSS-RTK technology application to arrange construction of super high-rise buildings in Vietnam. Theoretical basis of this technical solution and experimental measurement results are to assess the applicability of GNSS-RTK technology in the process of ensuring the construction of high-rise and super high-rise buildings in our country.○

phương pháp tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS về hệ tọa độ thi công công trình”, *Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất số 11/7-2005*, tr. 80-83, Hà Nội.

[2]. Trần Viết Tuấn, Diêm Công Huy (2015), “Nghiên cứu xác định hiện tượng vặn xoắn của công trình trong thi công xây dựng các công trình có chiều cao lớn”, *Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ số 23*, Hà Nội.

[3]. Trần Viết Tuấn, Diêm Công Trang (2018), “Khảo sát độ chính xác của công nghệ GNSS -RTK trong một số dạng công tác trắc địa công trình”, *Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ số 37*, Hà Nội. Я.А. 4.Сундаков (1972), *Геодезическне работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий*, недра, Москва.

[5]. William F.Baker, D.Stanton Korista, Lawrence C.Novak (2008), “Engineering the World’s Tallest -Burj Dubai”, CTBUH 2008.○