



ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GPS PHỤC VỤ BỐ TRÍ TIM CÔNG TRÌNH CÓ ĐỘ CHÍNH XÁC CAO TRONG ĐIỀU KIỆN ĐỊA HÌNH ĐẶC BIỆT

Bùi Duy Quỳnh¹, Vũ Thặng²

Tóm tắt: Việc bố trí tim các công trình chuyên dụng có độ chính xác cao ra thực địa đòi hỏi phải có các phương pháp, qui trình và thiết bị đo phù hợp. Hiện nay, trên thực tế sử dụng các phương pháp truyền thống, thiết bị hiện đại nhưng chỉ áp dụng trong điều kiện thuận lợi. Trong các trường hợp đặc biệt (khoảng cách bố trí lớn, khả năng thông hướng kém...) thì các phương pháp và thiết bị này còn chưa được khai thác hết. Bài báo này đề cập đến việc xây dựng qui trình ứng dụng công nghệ GPS (Global Positioning System) phục vụ thi công các công trình có độ chính xác cao trong điều kiện đặc biệt.

Từ khóa: GPS; bố trí điểm.

Summary: The setting out with high precision into the field requires the methods, procedures and appropriate instrumentation. Currently, in fact using traditional methods, modern equipment but it applies only in favorable conditions. However, in special circumstances (distance great layout, poor user competency...), the methods and devices are limited or does not meet the requirements. This article refers to the construction process GPS (Global Positioning System) technology applications used in construction works with high precision in special conditions.

Keywords: GPS; Setting out.

Nhận ngày 6/6/2016, chỉnh sửa ngày 20/6/2016, chấp nhận đăng 20/8/2016



1. Đặt vấn đề

Các công trình chuyên dụng thường yêu cầu độ chính xác cao trong thi công xây dựng. Việc định vị các tim trục thường được áp dụng bằng các phương pháp truyền thống như giao hội góc, giao hội cạnh, tọa độ cực, giao hội góc cạnh...[1-2]. Những phương pháp trên thường sử dụng các thiết bị, máy móc đơn giản hoặc được áp dụng với các thiết bị hiện đại nhưng trong điều kiện thuận lợi như khả năng thông hướng tốt, khoảng cách ngắn. Còn trong điều kiện không có khả năng thông hướng, khoảng cách lớn thì các phương pháp và thiết bị này còn nhiều hạn chế. Công nghệ GPS ra đời đã được ứng dụng rộng rãi từ nhiều năm nay trong các lĩnh vực trắc địa công trình. Kỹ thuật đo và xử lý số liệu GPS trong Trắc địa công trình được qui định trong TCVN 9401-2012. Tuy nhiên, trong tiêu chuẩn cũng chưa đề cập đến công tác ứng dụng GPS vào bố trí điểm mặt bằng trong thi công công trình. Do đó việc nghiên cứu ứng dụng GPS trong công tác bố trí công trình và xây dựng qui trình ứng dụng tọa độ GPS trong việc bố trí điểm mặt bằng là hết sức cần thiết.



2. Các phương pháp bố trí điểm mặt bằng truyền thống

2.1 Phương pháp giao hội góc

Thiết bị để thực hiện là máy kinh vĩ. Điểm 1 được bố trí bằng cách đặt 2 máy đồng thời tại 2 điểm của lưới khống chế A và B, bố trí đồng thời góc β_A và β_B . Giao của hai hướng bố trí ta xác định được điểm 1 (Hình 1). Phương pháp này thích hợp khi bố trí điểm trên khoảng cách lớn, địa hình phức tạp. Tuy nhiên, nó đòi hỏi phải có sự thông hướng từ điểm đặt máy cho đến điểm bố trí, không thuận lợi cho việc đo thước thép.

Độ chính xác bố trí điểm 1 được xác định theo công thức (1)

¹ThS, Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng. E-mail: buiduyquynh@gmail.com.

²PGS.TS, Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng.

$$m_1 = \pm \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin(\beta_A + \beta_B)} \sqrt{S_{A1}^2 + S_{B1}^2} \quad (1)$$

trong đó: m_1 sai số bố trí điểm 1; m_β là sai số đo góc của máy kinh vĩ; β_A, β_B là góc bằng tại điểm A và B; S_{A1}, S_{B1} là khoảng cách từ điểm A, B đến điểm 1; $\rho'' = 206265$ là hằng số chuyển đổi giữa đơn vị đo góc và đo dài.

Độ chính xác của phương pháp phụ thuộc vào sai số bố trí các góc bằng và góc giao hội tại điểm 1.

2.2 Phương pháp giao hội cạnh

Dụng cụ để thực hiện là thước thép. Tại mốc A và B được chọn làm tâm, quay các cung với bán kính lần lượt là S_{A1}, S_{B1} . Giao của hai cung chính là điểm 1 (Hình 2). Phương pháp này được thực hiện rất nhanh. Tuy nhiên, nó chỉ được áp dụng khi cạnh bố trí ngắn hơn độ dài thước thép và thực hiện trên địa hình bằng phẳng, quang đãng.

Độ chính xác bố trí điểm 1 được xác định theo các công thức (2) và (3)

$$m_1 = \pm m_s \sqrt{\frac{S_{A1} \cdot S_{B1}}{\sqrt{2P(P - S_{A1})(P - S_{B1})(P - S_{AB})}}} \quad (2)$$

$$m_1^2 = \frac{2 \cdot m_s^2}{\sin^2 \gamma} \quad (3)$$

trong đó: m_s là sai số đo bằng thước thép; $2P$ là chu vi của tam giác; γ là góc tại đỉnh 1.

Độ chính xác của phương pháp phụ thuộc vào sai số bố trí cạnh, độ lớn của góc tại đỉnh 1 và khoảng cách từ điểm góc đến điểm bố trí.

2.3 Phương pháp tọa độ cực

Bản chất của phương pháp này là bố trí góc bằng và khoảng cách ngang. Dựa vào hai điểm khống chế A và B để xác định điểm 1 thông qua các yếu tố bố trí góc β và khoảng cách S . Phương pháp này được áp dụng trong điều kiện có tầm ngắm từ điểm khống chế đến điểm bố trí. Khi khoảng cách bố trí ngắn có thể dùng thước thép, còn khi khoảng cách dài thì dùng máy toàn đạc điện tử. Đây cũng là phương pháp được cài đặt sẵn trong một số loại máy toàn đạc điện tử thông dụng hiện nay (chương trình Setting out). Các yếu tố bố trí được tính tự động sau khi nhập tọa độ các điểm khống chế và điểm bố trí.

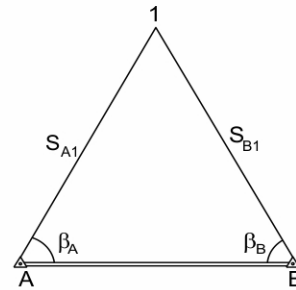
Độ chính xác bố trí điểm 1 được xác định theo công thức (4)

$$m_1 = \pm \sqrt{m_s^2 + S^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho} \right)^2} \quad (4)$$

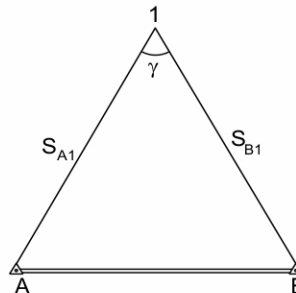
trong đó: m_s là sai số đo thước thép; m_β là sai số đo góc của máy.

Độ chính xác của phương pháp phụ thuộc vào sai số bố trí góc bằng, bố trí cạnh và khoảng cách từ điểm góc đến điểm bố trí.

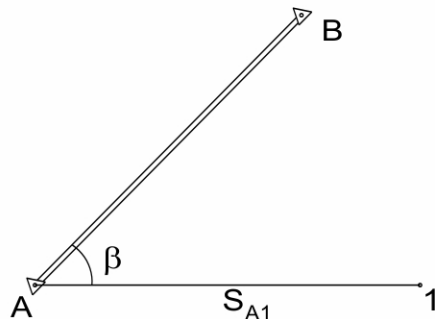
Hiện nay các phương pháp trên vẫn được áp dụng với các thiết bị, máy móc đơn giản truyền thống hoặc các thiết bị hiện đại nhưng trong điều kiện thuận lợi. Còn trong điều kiện đặc biệt như không có khả năng thông hướng, khoảng cách bố trí lớn, độ cao các vùng khác nhau thì các phương pháp và thiết bị này còn nhiều hạn chế. Tuy nhiên, nếu sử dụng tọa độ GPS để bố trí điểm mặt bằng sẽ khắc phục được những hạn chế trên.



Hình 1. Bố trí điểm theo phương pháp giao hội góc



Hình 2. Bố trí điểm theo phương pháp giao hội cạnh



Hình 3. Bố trí điểm theo phương pháp tọa độ cực



3. Bố trí điểm bằng tọa độ GPS có tính yếu tố hoàn nguyên

Thực chất đây là phương pháp bố trí gần đúng nhưng sử dụng tọa độ GPS. Dụng cụ là máy GPS 1 tần hoặc 2 tần, thước thép. Quy trình của phương pháp được thể hiện dưới Hình 4.

Quy trình cụ thể bố trí điểm sử dụng tọa độ GPS có tính yếu tố hoàn nguyên như sau:

Bước 1: Xây dựng lưới khống chế thi công cho công trình bằng công nghệ GPS.

Bước 2: Tiến hành bình sai lưới trong hệ VN2000.

Bước 3: Bình sai trong hệ tọa độ địa diện chân trời với điểm gốc là một điểm trong hệ tọa độ công trình.

Bước 4: Dựa vào tọa độ thiết kế của điểm cần bố trí, xác định 2-3 điểm có tọa độ gần trùng với tọa độ điểm cần bố trí.

Bước 5: Bố trí 2-3 điểm gần đúng (sau đây gọi là điểm T_1 , T_2 và T_3) bằng TĐĐT hoặc GPS cầm tay ra ngoài thực địa.

Bước 6: Xác định tọa độ chính xác của 2-3 điểm trên bằng GPS.

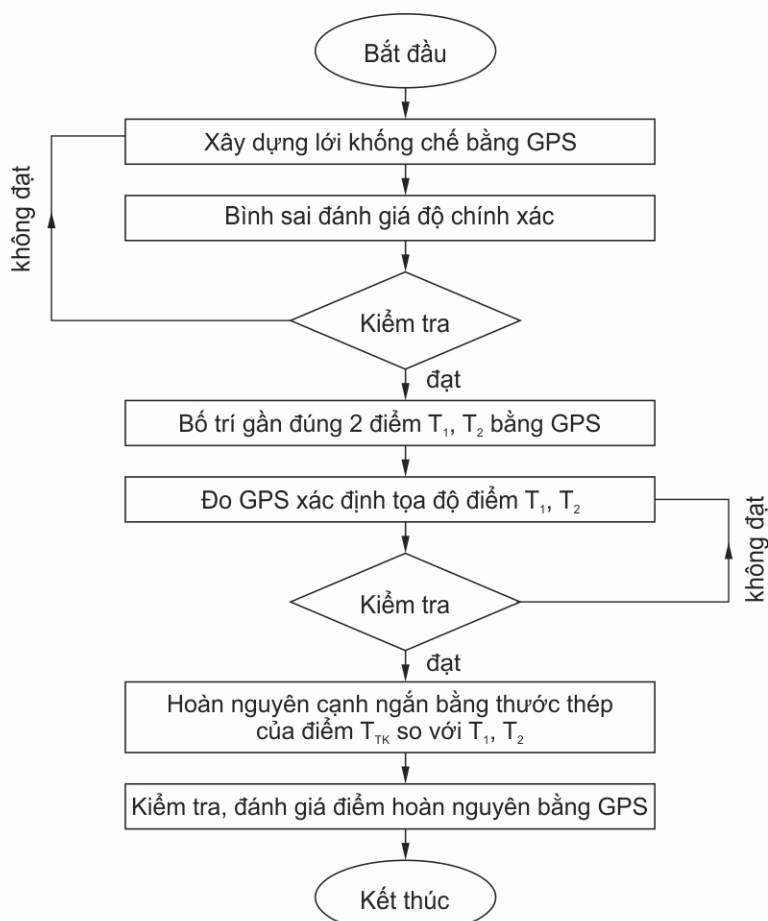
Bước 7: Dựa vào tọa độ chính xác của 2-3 điểm (T_1 , T_2 và T_3) đã xác định ở trên, tính toán các yếu tố hoàn nguyên theo phương pháp giao hội cạnh ngắn.

Bước 8: Tiến hành giao hội cạnh để xác định điểm cần bố trí (sau đây gọi là điểm T_{TK}). Cố định bằng cọc gỗ hoặc dấu mốc trên nền bê tông.

Bước 9: Đo GPS kiểm tra lại tọa độ điểm hoàn nguyên T_{TK} .

Bước 10: So sánh với tọa độ thiết kế và đánh giá độ chính xác.

Bước 1 và 2 có thể không thực hiện nếu hệ thống lưới khống chế thi công đã có trong khu vực xây dựng công trình.



Hình 4. Quy trình bố trí điểm bằng tọa độ GPS có tính yếu tố hoàn nguyên

Độ chính xác bố trí điểm 1 được xác định theo công thức

$$m_1^2 = \sqrt{m_{GPS}^2 + m_{\text{hoàn nguyên}}^2 + m_{\text{đđ}}^2} \quad (5)$$

trong đó: m_{GPS} là sai số xác định vị trí điểm bằng GPS; $m_{\text{hoàn nguyên}}$ là sai số hoàn nguyên. Hoàn nguyên theo phương pháp giao hội cạnh ngắn nên sai số hoàn nguyên được tính theo công thức (2) hoặc (3); $m_{\text{đđ}}$ là sai số đánh dấu điểm, bằng dọi quang học có thể đạt 1mm, bằng bút chì, que sắt nhỏ có thể đạt $1.5 \div 2 \text{ mm}$ [2].

Ưu điểm của phương pháp này chính là khắc phục được những nhược điểm của các phương pháp truyền thống như khả năng thông hướng giữa điểm khống chế và điểm bố trí, có thể bố trí điểm mặt bằng với khoảng cách lớn... Mặt khác, với phương pháp này sẽ khai thác tối đa việc sử dụng máy GPS trong công trình thay vì trước đây chỉ dùng máy GPS để đo xây dựng lưới.

Tuy nhiên, phương pháp này cũng còn những nhược điểm như: quá trình đo lâu, yêu cầu tối thiểu phải có 3 máy đo GPS, tại các điểm bố trí cần đảm bảo sự thông thoáng trên bầu trời để thu nhận tín hiệu...



4. Thực nghiệm bố trí điểm mặt bằng bằng tọa độ GPS

Để kiểm chứng quy trình trên, chúng tôi đã tiến hành thực nghiệm bố trí điểm tâm trụ cầu bằng tọa độ GPS theo quy trình trên. Địa điểm thực nghiệm tại khu vực công viên Yên Sở. Đây là khu vực có điều kiện khó khăn như không thông hướng từ điểm gốc tới điểm bố trí, khoảng cách bố trí lớn, đi lại khó khăn do có nhiều ao hồ... Đây là môi trường gần giống môi trường trong thi công các công trình cầu hiện nay. Chúng tôi bố trí 4 máy GPS Trimble-5700 (Hình 5) và sử dụng phần mềm Trimble Business Center để đo, xử lý số liệu theo đúng quy trình như trên.



a. Sử dụng GPS đo lưới khống chế thi công



b. Sử dụng GPS đo lưới khống chế thi công



c. Bố trí 2 điểm T1, T2 bằng GPS cầm tay



d. Xác định tọa độ chính xác 2 điểm T1, T2 bằng GPS

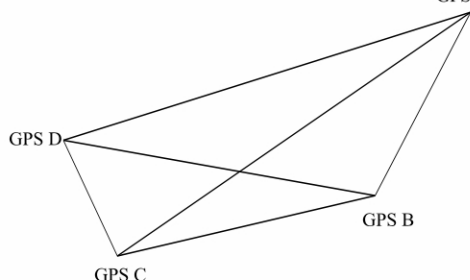
Hình 5. Thực nghiệm đo GPS

Xây dựng lưới khống chế thi công gồm 4 điểm GPS A, GPS B, GPS C và GPS D được đo nối với 2 điểm Địa chính cơ sở nhà nước có số hiệu là 116403 và 104528. Kết quả sau khi xử lý như trong Bảng 1.

Bảng 1. Tọa độ các điểm lưới khống chế ABCD trong hệ tọa độ VN2000

TT	Số hiệu điểm	Tọa độ		Độ cao	Sai số vị trí điểm			
		X (m)	Y (m)		mx (m)	my (m)	mh (m)	mp (m)
1	GPS A	2318251.810	590300.617	13.438	0.001	0.000	0.003	0.001
2	GPS B	2317680.073	589902.285	13.571	0.000	0.001	0.002	0.001
3	GPS C	2317493.317	588828.410	5.396	0.000	0.000	0.003	0.001
4	GPS D	2317850.713	588599.976	5.225	0.001	0.000	0.001	0.001
5	104528	2316692.032	584601.501	5.234	-----	-----	-----	-----
6	116403	2319688.643	585008.832	4.350	-----	-----	-----	-----

Sử dụng modul BINHSAIKETHOP.EXE để bình sai lưới trong hệ tọa độ địa diện với điểm gốc là GPS A (Hình 6). Kết quả bình sai như trong Bảng 2.



Hình 6. Sơ đồ lưới thực nghiệm đo GPS

Xác định 2 điểm T1, T2 ra ngoài thực địa bằng GPS cầm tay (2 điểm có tọa độ gần trùng với tọa độ tâm trụ cầu). Xác định tọa độ chính xác 2 điểm T1, T2 bằng GPS. Kết quả được thể hiện trong Bảng 3.

Tính toán các yếu tố hoàn nguyên để bố trí tâm trụ cầu theo phương pháp giao hội cạnh. Tọa độ tâm trụ cầu thiết kế và số liệu yếu tố hoàn nguyên thể hiện tại Bảng 4.

Sử dụng thước thép và phương pháp giao hội cạnh ngắn, xác định được điểm T_{TK}.

Đo hoàn công xác định lại tọa độ điểm T_{TK} sau khi được bố trí. So sánh với tọa độ thiết kế và đánh giá độ chính xác. Tọa độ điểm T_{TK} hoàn nguyên được thể hiện trong Bảng 5. Kết quả đánh giá độ chính xác thể hiện trong Bảng 6.

Bảng 2. Tọa độ các điểm lưới khống chế trong hệ tọa độ công trình

STT	TEN MOC	XGPS(m)	YGPS(m)	HGPS(m)
1	GPSC	14430.4292	44598.5738	15.0999
2	GPSC	14249.4974	43523.7018	5.2600
3	GPSC	14608.1247	43297.2102	6.6187
4	GPSC	15000.0000	45000.0000	13.4380

Bảng 3. Tọa độ các điểm T1, T2 trong hệ tọa độ công trình

STT	TEN MOC	XGPS(m)	YGPS(m)	HGPS(m)
1	T2	14418.7810	43446.6290	6.6810
2	GPSC	14249.4834	43523.7018	5.2742
3	T1	14417.6482	43445.0349	6.5873
4	GPSC	15000.0000	45000.0000	13.4380

Bảng 4. Bảng số liệu hoàn nguyên

Điểm	Tọa độ		Số liệu hoàn nguyên (m)
	x (m)	y (m)	
T _{TK}	14418.113	43445.323	S _{T1-TK} = 0.547
T1	14417.648	43445.035	S _{T1-TK} = 1.467
T2	14418.781	43446.629	

Bảng 5. Bảng tọa độ điểm T_{TK} hoàn nguyên

STT	TENMOC	XGPS(m)	YGPS(m)	HGPS(m)
1	Ttk	14418.1080	43445.3223	6.5845
2	GPSC	14249.4839	43523.7020	5.2850
3	GPSC	15000.0000	45000.0000	13.4380

Bảng 6. Đánh giá độ chính xác công tác bố trí điểm

Điểm	Tọa độ thiết kế		Tọa độ hoàn nguyên		Độ lệch		
	x (m)	y (m)	x (m)	y (m)	dx (m)	dy (m)	mp (m)
T _{TK}	14418.113	43445.323	14418.108	43445.322	0.005	0.001	0.005

Nhận xét: Từ kết quả đánh giá độ chính xác, so sánh với tiêu chuẩn [3] bố trí tâm trụ cầu là 20mm thì ta thấy việc bố trí tâm trụ cầu sử dụng tọa độ GPS và yếu tố hoàn nguyên theo qui trình trên đảm bảo yêu cầu về độ chính xác.



4. Kết luận

Việc bố trí điểm theo phương pháp tọa độ GPS có tính yếu tố hoàn nguyên đáp ứng được yêu cầu về độ chính xác của công tác bố trí điểm phục vụ thi công công trình. Phương pháp này được áp dụng trong mọi trường hợp, điều kiện địa hình, đặc biệt không cần khả năng thông hướng, bố trí điểm với khoảng cách lớn... Ngoài ra, việc sử dụng ngay các điểm khống chế để bố trí điểm sẽ tăng độ chính xác do không bị ảnh hưởng từ hệ thống lưới bố trí công trình.

Tài liệu tham khảo:

1. Vũ Thịnh (2014), *Bài giảng Cơ sở Trắc địa công trình*, Trường Đại học Xây dựng, Hà Nội.
2. Phan Văn Hiến (1999), *Trắc địa công trình*, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.
3. Cầu và cống (2000), *Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu*, 22TCN266.
4. Vũ Thịnh, Bùi Duy Quỳnh, Vũ Thái Hà (2014), "Phương pháp xử lý số liệu quan trắc liên tục xác định tham số dao động công trình", *Tạp chí Khoa học đo đạc và bản đồ*, số 21/9/2014, tr.54-59.