

XÁC ĐỊNH ĐỘ THẲNG ĐỨNG CỦA CÔNG TRÌNH NHÀ CAO TẦNG BẰNG CÔNG NGHỆ GPS

LÊ NGỌC GIANG, NGUYỄN QUANG MINH, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Tóm tắt: Bài báo đề cập đến một số vấn đề về xác định độ thẳng đứng công trình bằng phương pháp GPS (Global Positioning System). Trong công tác xác định độ thẳng đứng của công trình, một số yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến kết quả quan trắc độ thẳng đứng là sự rung lắc và dao động của công trình trong khi đo đạc. Dựa trên một số nghiên cứu xác định độ rung lắc và giao động của các công trình kiến trúc cao tầng, có thể xác định được các công trình có độ cao trên 100m sẽ có hiện tượng dao động với tần số và biên độ phụ thuộc vào kết cấu công trình. Sự dao động này có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của các kết quả đo đạc chuyển tọa độ lên tầng cao. Vấn đề này được thảo luận và kiểm chứng thực tế tại tòa nhà Lotte Tower tại Hà nội và từ đó rút ra kết luận về việc cần thiết phải sử dụng công nghệ GPS xác định độ thẳng đứng của các công trình nhà cao tầng.

1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây quá trình phát triển đô thị đã diễn ra với tốc độ nhanh. Đối với các công trình nhà và các cấu kiện cao tầng, việc đảm bảo độ thẳng đứng của công trình là một trong những công việc quan trọng, nhằm duy trì tính ổn định cũng như các điều kiện vận hành của công trình trong thời gian sử dụng. Từ đó theo tiêu chuẩn TCXDVN 309:2004 và tiêu chuẩn TCXDVN 357:2005 về quan trắc nghiêng công trình thì sai số giới hạn trong quan trắc nghiêng công trình là 0.0001H với H là chiều cao công trình [1], [2].

Có nhiều phương pháp xác định độ thẳng đứng công trình như phương pháp sử dụng máy chiếu đứng độ chính xác cao, phương pháp quan trắc bằng máy kinh vĩ và máy toàn đạc điện tử [2]. Tuy nhiên, các phương pháp này chỉ có thể sử dụng trong một số điều kiện nhất định tùy thuộc vào điều kiện thi công công trình. Ngoài ra, đối với một số công trình quan trọng thì cần sử dụng kết hợp nhiều phương pháp để đảm bảo tính chính xác trong xác định độ thẳng đứng của công trình.

Trong thời gian gần đây, công nghệ GPS đã được sử dụng để xác định độ thẳng đứng của công trình và đã được đăng ký bằng sáng chế tại Mỹ [3]. Thực tế, công nghệ GPS đã được sử dụng để chuyển tọa độ lên công trình và kiểm tra độ thẳng đứng tại tòa nhà cao nhất thế giới, tháp Burj Dubai tại Tiểu vương quốc Arap [4], [5]. GPS có một số lợi thế so với các phương pháp sử dụng máy kinh vĩ hoặc máy

toàn đạc điện tử như các điểm không chế lẫn cận không cần thông hướng ngắm, độ chính xác ổn định khi công trình lên cao. Tại Việt nam, phương pháp xác định độ thẳng đứng của công trình bằng GPS đã được sử dụng tại một số công trình nhà cao tầng tiêu biểu như tòa nhà Keangnam và tòa nhà Lotte Hanoi Tower tại Hà nội. Trong bài báo này trình bày phương pháp xác định độ thẳng đứng của công trình bằng công nghệ GPS và đề cập một số vấn đề kỹ thuật liên quan đến xác định độ thẳng đứng công trình đang thi công bằng công nghệ GPS.

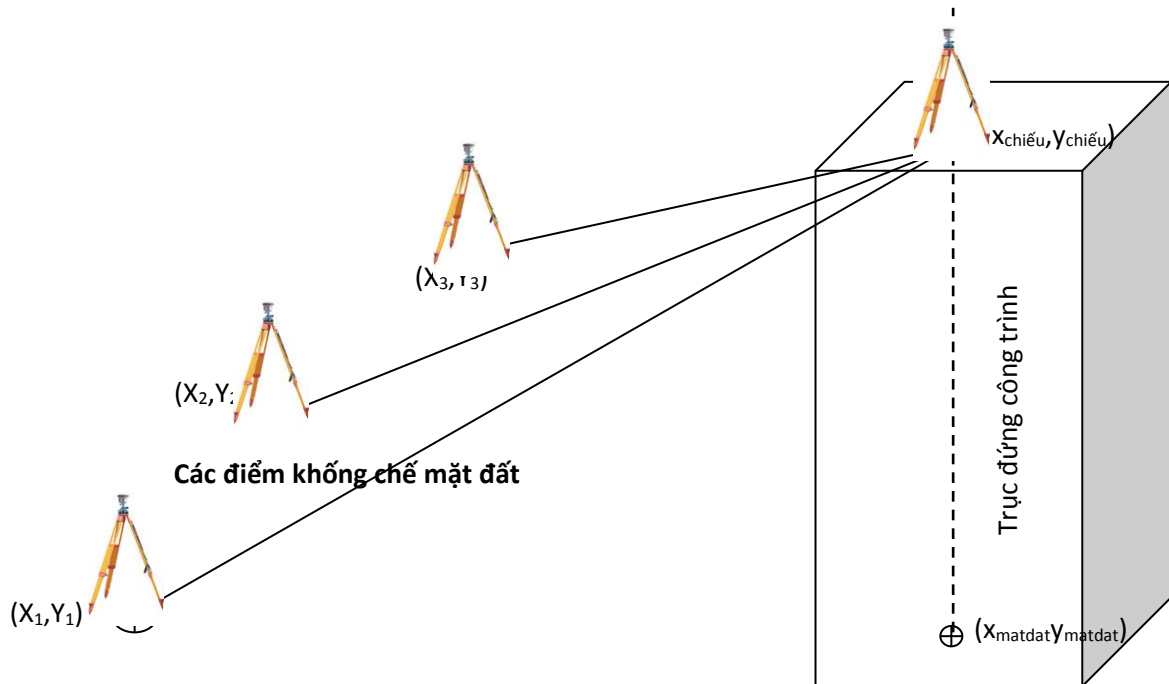
2. Phương pháp xác định độ thẳng đứng công trình bằng GPS

2.1. Phương pháp xác định độ lệch trục đứng công trình bằng GPS

Để xác định được độ thẳng đứng của các công trình đang thi công và phát hiện kịp thời các sai sót trong quá trình thi công, cần xác định độ thẳng đứng của các trục đứng của công trình (Hình 1).

Các trục đứng này chính là đường thẳng nối giữa điểm ở mặt đất có tọa độ (X_{matdat} , Y_{matdat}) và điểm được coi là có cùng tọa độ được chuyển lên mặt sàn các tầng đang thi công. Nếu trục đứng của công trình nằm trùng với phương của đường dây dọi thì có thể coi là công trình thẳng đứng. Tuy nhiên, do quá trình chuyển điểm lên trên công trình không tránh khỏi các sai số, nên thực tế điểm được chuyển lên mặt sàn được coi là có tọa độ thực là ($X_{chiếu}$, $Y_{chiếu}$).

Hình 1. Xác định độ thẳng đứng công trình bằng GPS



Như vậy, độ nghiêng của trục đứng công trình theo phương x, y của hệ tọa độ công trình sẽ được xác định theo công thức:

$$\begin{aligned} e_x &= X_{\text{Chiếu}} - X_{\text{mặt đất}} \\ e_y &= Y_{\text{Chiếu}} - Y_{\text{mặt đất}} \end{aligned} \quad (1)$$

Từ đó, giá trị tuyệt đối của độ nghiêng trục công trình được xác định bằng công thức:

$$e = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} \quad (2)$$

Ngoài ra, có thể xác định một số tham số liên quan đến độ nghiêng của trục công trình như góc nghiêng và hướng nghiêng [2].

Thông thường trong các công trình xây dựng hiện nay, để chuyển điểm lên mặt sàn có thể dùng các phương pháp như giao hội góc cạnh bằng máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao hoặc sử dụng các máy chiếu đứng. Tuy nhiên, đối với các nhà rất cao tầng trong điều kiện Việt Nam hiện nay, việc sử dụng các phương pháp trên sẽ gặp nhiều khó khăn do mặt bằng thi công chật hẹp, không có điều kiện thông hướng khi đo ngắm và do có rất nhiều tầng nên rất khó giữ được các lỗ chiếu đứng trong quá trình thi công xây dựng.

Độ thẳng đứng của công trình được xác định thông qua giá trị tọa độ thực ($X_{\text{chiếu}}, Y_{\text{chiếu}}$) đo bằng GPS được trình bày trên (**Error! Reference source not found.**). Trong

đó trước khi xác định các độ thẳng đứng của công trình cần xây dựng một loạt các điểm khống chế mặt đất nằm xung quanh công trình. Theo TCXDVN 309:2004 thì các điểm nằm cách công trình khoảng 1.5 lần chiều cao công trình trở lên sẽ ít chịu ảnh hưởng do biến dạng công trình. Các điểm khống chế nên được xác lập ngoài khoảng cách an toàn này tránh ảnh hưởng của công trình làm di chuyển mốc khống chế trong quá trình quan trắc theo dõi thi công công trình.

Tọa độ của thực của các điểm tọa độ được chuyển lên công trình sẽ được xác định bằng cách đặt máy thu GPS tại các điểm khống chế trên mặt đất và điểm được chuyển lên công trình. Có thể sử dụng các chế độ đo GPS tĩnh, đo động, hoặc đo động thời gian thực để xác định tọa độ các điểm này [4].

2.2. Độ chính xác của công nghệ GPS để xác định độ thẳng đứng của công trình

Theo tiêu chuẩn xây dựng TCXDVN 357:2005, sai số giới hạn của việc xác định độ nghiêng là $M_{gh} = 0.0001H$ và không lớn hơn $\pm 50\text{mm}$. Tuy nhiên, với các tầng thấp của công trình, việc xác định độ thẳng đứng với sai số giới hạn trên là không thể thực hiện được vì khi H quá nhỏ, thì giá trị M_{gh} cũng sẽ rất nhỏ. Ví dụ: $H = 10\text{m}$ thì M_{gh} chỉ là $\pm 1\text{mm}$. Chính vì

vậy, có thể kiến nghị đối với các tầng thấp thì sai số giới hạn nên yêu cầu có giá trị $M_{gh} = \pm 10\text{mm}$. Lý do đưa ra giá trị này vì thông thường $M_{gh} = 2$ lần sai số trung phương trong khi sai số trung phương đạt được với các thiết bị đo đặc hiện nay chỉ đạt sấp xỉ $\pm 5\text{mm}$ (máy toàn đạc điện tử có sai số đo chiều dài = $2\text{mm} + 2\text{ppm}$, sai số đo góc 2" hoặc GPS với độ chính xác đo tĩnh $\pm 5\text{mm} + 0.5\text{ppm}$).

Từ yêu cầu về sai số giới hạn xác định độ nghiêng hoặc độ thẳng đứng của công trình, sai số trung phương của điểm ($X_{\text{chiều}}$, $Y_{\text{chiều}}$) phải đảm bảo yêu cầu độ chính xác như sau:

$$m_{tp} = 1/2 M_{gh} = \pm 5\text{mm} \div \pm 25\text{mm} \quad (1)$$

Để đạt được độ chính xác như trên thì sai số trung phương xác định các tọa độ m_x và m_y là:

$$m = m_x = m_y = \frac{m_{tp}}{\sqrt{2}} \approx 3.53\text{mm} \div 17.68\text{mm} \quad (2)$$

Sai số trên hoàn toàn có thể đạt được với phương pháp đo GPS static thông thường và đã được nhiều tác giả ở Việt nam nghiên cứu [6].

Ngoài ra, khi chuyển tọa độ từ tầng thấp lên tầng cao bằng phương pháp sử dụng máy chiếu đứng hoặc máy kinh vĩ, toàn đạc điện tử thì khi công trình càng lên cao, sai số chuyển tọa độ càng lớn.

Kết quả xác định độ thẳng đứng của công trình bằng GPS chịu ảnh hưởng rất ít do chênh lệch độ cao giữa điểm mốc và điểm tọa độ được chuyển lên tầng cao do các tọa độ của mỗi tầng sẽ được xác định bằng cách xây dựng một lưới khống chế như **Error! Reference source not found.** Như vậy, kết quả xác định tọa độ của các tầng độc lập với nhau và chịu ảnh hưởng rất ít bởi độ cao công trình.

2.3. Ảnh hưởng của rung lắc các công trình đến kết quả đo

Đối với các công trình cao tầng thường xảy ra hiện tượng rung lắc và dao động do ảnh hưởng tự nhiên, chủ yếu là gió. Hiện tượng dao động của các công trình xây dựng ở Việt nam chưa được nghiên cứu nhiều (mới có một số nghiên cứu chủ yếu xác định giao động công trình cầu như Rạch Miễu, Bãi Cháy, Trần Thị

Lý [7]).

Ở Việt nam chưa có nhiều công trình nghiên cứu về ảnh hưởng của gió đến dao động nhà cao tầng. Tuy nhiên, trên thế giới có khá nhiều nghiên cứu về vấn đề này bằng các công nghệ khác nhau như sử dụng GPS đo động thời gian thực và sử dụng accelerometers [8], [9]. Các nghiên cứu này cho phép xác định được biên độ cũng như tần số dao động của các tòa nhà cao tầng do ảnh hưởng của gió.

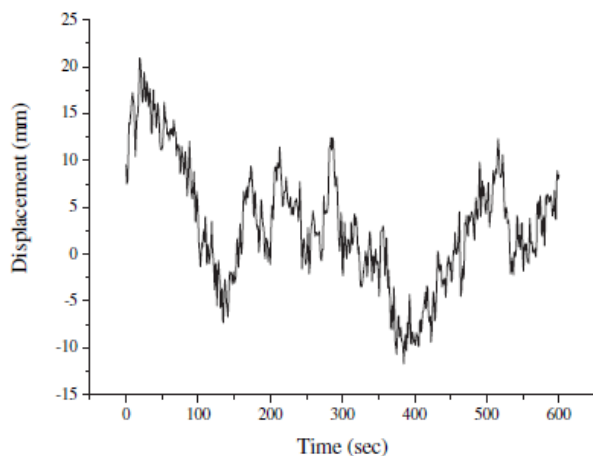
Nhóm nghiên cứu của Hyo Seon Park [8] đã sử dụng GPS đo động thời gian thực và accelerometers xác định dao động của một tòa nhà có chiều cao 233m (66 tầng) kết cấu bê tông với tốc độ gió cao nhất 18m/s. Kết quả xác định được giá trị của dao động theo trục X là từ -11.7 đến 20.9mm (Hình 2) và Y từ 31.8mm đến 61mm với tần số dao động khoảng 0.2Hz.

Nhóm nghiên cứu của Cazzaniga đã thực hiện quan trắc bằng GPS cho một ống khói có độ cao 120m trong điều kiện tốc độ gió khoảng 15m/s cho thấy dao động theo trục X từ giá trị 3026.380m đến 3026.480m và dao động theo trục Y từ giá trị 763.830m đến 763.900m với tần số dao động từ 0.39Hz đến 1.7Hz.

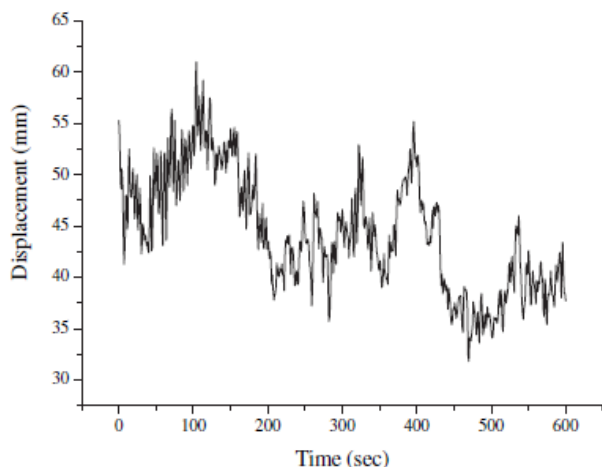
Qua hai nghiên cứu trên có thể thấy, đối với các kết cấu có chiều cao lớn, độ dao động của kết cấu sẽ có ảnh hưởng đáng kể đến kết quả xác định tọa độ của các điểm nằm ở phần đỉnh của kết cấu. Thông thường dao động này có biên độ dao động từ 5cm đến 15cm cho các công trình có chiều cao dưới 300m tùy thuộc vào độ cao, thiết kế và vật liệu kết cấu của công trình cao tầng.

Hiển nhiên là các dao động này sẽ ảnh hưởng đến kết quả đo đạc các điểm tọa độ cho các tầng trên cao của công trình bằng các phương pháp như đo bằng máy kinh vĩ, máy toàn đạc điện tử hoặc máy chiếu đứng. Như vậy, có thể thấy rằng, khi đo đạc đối với các tầng cao thì độ chính xác của kết quả đo không phải là yếu tố đáng quan tâm hàng đầu do hầu hết các thiết bị hiện nay cho phép đạt độ chính xác đo đạc trong điều kiện bình thường cao hơn yêu cầu của Công thức 4. Và như vậy thì trong quá trình đo đạc tọa độ cho các điểm trên tầng cao (từ 100 trở lên) còn phải tính đến ảnh

hưởng của các dao động của tòa nhà.



Hình 2. Đồ thị về giá trị dao động của tòa nhà 66 tầng theo trục X (Trích từ nghiên cứu của nhóm Hyo Seon Park [8])



Hình 3. Đồ thị dao động của tòa nhà 66 tầng theo hướng trục Y (Trích từ nghiên cứu của nhóm Hyo Seon Park [8])

Để có thể khắc phục các ảnh hưởng do dao động nói trên khi chuyển tọa độ lên tầng cao thì cần thực hiện việc đo đạc tọa độ các điểm ở tầng trên cao nhiều lần ở các thời gian khác nhau và lấy giá trị trung bình. Hiện chưa có nghiên cứu nào xác định số lần đo cần thiết để khử được ảnh hưởng của quá trình dao động tòa nhà trên các tầng cao. Tuy nhiên theo nghiên cứu thực nghiệm của Heyes [4] thì có thể sử dụng trị đo GPS đo trong vòng một giờ với epoch 1 giây. Như vậy có thể thấy rằng số trị đo có thể thực hiện định vị tĩnh là 1800 trị đo. Đây có thể là một ưu điểm nữa của việc xác định độ thẳng đứng của tòa nhà bằng GPS.

Đối với phương pháp sử dụng máy chiếu đứng thì việc phải chiếu nhiều lần là không thể thực hiện được đối với các thiết bị hiện có tại Việt nam. Có thể khắc phục vấn đề này phần nào bằng chuyển điểm tọa độ trong khoảng cách ngắn để đồng bộ các dao động. Tuy nhiên, điều này sẽ dẫn đến tích lũy các sai số do chiếu chuyển điểm. Trong trường hợp sử dụng máy toàn đạc điện tử thì cần sử dụng phương pháp đo tự động để xác định tọa độ nhiều lần đảm bảo tránh được ảnh hưởng của dao động kết cấu đến kết quả đo độ thẳng đứng của công trình. Tuy nhiên, qua phân tích ở trên có thể khuyến cáo nên sử dụng GPS để chuyển điểm lên cao hoặc sử dụng máy GPS để kiểm tra độ thẳng đứng của công trình vì số lượng trị đo bằng phương pháp GPS lớn. Vị trí tọa độ xác định được sẽ là vị trí trung bình của các vị trí dao động.

3. Thực nghiệm xác định độ thẳng đứng của công trình bằng GPS

3.1. Khu vực thực nghiệm

Với các phân tích về khả năng ứng dụng của GPS trong xác định độ thẳng đứng của công trình, các tác giả đã tiến thành một nghiên cứu thực nghiệm xác định độ thẳng đứng của công trình nhà cao tầng tại Việt nam. Khu vực thực nghiệm được chọn tại tòa nhà Lotte Landmark Tower, đường Liễu Giai – Đào Tấn, quận Ba Đình, Hà nội. Công trình gồm một tòa nhà 68 tầng, với tổng chiều cao dự kiến là 280m trên diện tích 14000m² (Hình 5). Công trình bao gồm hai kết cấu bê tông lõi được đẩy dần lên cao bằng ván khuôn trượt (Hình 6). Phần bên ngoài được xây dựng bằng bê tông bám vào các kết cấu lõi. Để chuyển trục công trình lên tầng cao, đơn vị thi công dựa vào các trục chính của mỗi kết cấu lõi. Giao điểm của các trục này sẽ được đặt tên là 1, 2, 3, 4 và được chiếu lên các tầng cao bằng máy chiếu đứng (Hình 6) và tạo thành các trục đứng của kết cấu lõi. Các trục đứng này cần được kiểm tra độ thẳng đứng 3 tầng một lần bằng GPS với độ lệch trục đứng cho phép tối đa là 50mm. Như vậy, đối với hai lõi sẽ có 8 điểm cần xác định độ thẳng đứng của trục công trình. Tại 8 điểm này trên mặt sàn tầng 1 có chôn mốc làm cơ sở để chuyển điểm lên trên

công trình.



Hình 5. Hình ảnh trên thiết kế của công trình tòa tháp Lotte dự kiến

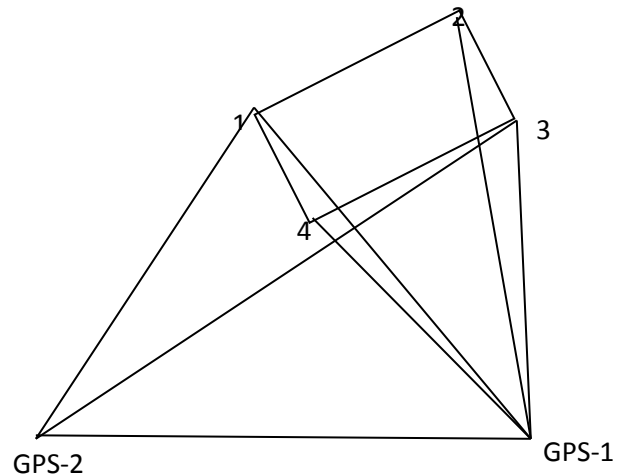


Hình 6. Hai phần kết cấu lõi (Core) của tòa nhà Lotte đang thi công

Từ các điểm gốc trên mặt sàn tầng 1 và lưới khống chế được bố trí xung quanh công trình, một lưới khống chế đo bằng máy toàn đạc điện tử được xây dựng để xác định tọa độ của các điểm gốc quan trắc bên ngoài công trường với sai số trung phương vị trí điểm yêu nhất là $\pm 4\text{mm}$. Từ tọa độ GPS WGS84 UTM múi 48 và tọa độ các điểm gốc trong hệ tọa độ địa phương tại công trường có thể xác định các tham số tính chuyển giữa hai hệ tọa độ theo

phương pháp Helmert.

3.2. Thực nghiệm xác định độ thẳng đứng công trình bằng GPS



Hình 4. Lưới khống chế xác định độ thẳng đứng công trình tại các điểm 1, 2, 3, 4 của trục lõi công trình A

Tại mỗi kết cấu lõi của công trình có xác định độ thẳng đứng của công trình bằng cách xây dựng một lưới khống chế như Hình 6 với hai điểm gốc khống chế là GPS-1 và GPS-2 nằm gần công trường. Độ thẳng đứng tại 4 điểm trực đứng 1, 2, 3, 4 của mỗi kết cấu lõi (core) được xác định bằng cách xác định lại tọa độ các điểm này trong hệ tọa độ công trường từ tọa độ GPS. Kết quả đo được sẽ so sánh với tọa độ do phía thi công xác định được và cho độ lệch của trực đứng công trình theo các phương X, Y của hệ trục tọa độ công trường.

Việc xác định tọa độ các điểm 1, 2, 3, 4 được xác định bằng chế độ đo tĩnh với mỗi ca đo từ 25-40 phút /1 ca nhằm mục đích tránh ảnh hưởng của dao động kết cấu công trình đến kết quả đo. Quá trình xử lý kết quả đo GPS được tọa độ các điểm 1, 2, 3, 4 trong hệ tọa độ UTM múi 48 với hai điểm khống chế là GPS-1 và GPS-2. Các tọa độ điểm này sau đó được tính chuyển về hệ tọa độ công trường bằng cách sử dụng phương pháp tính chuyển Helmert với các tham số tính chuyển góc xoay = $341^{\circ} 08' 25.516''$, tham số tỷ lệ = 1.000054498, tịnh tiến trục hướng Bắc = - 2038035.9188m và tịnh tiến trục hướng Đông

= -1231199.3409m.

Tại chu kỳ đầu tiên sau khi đo bằng máy GPS, tác giả đã sử dụng máy toàn đạc điện tử kiểm tra lại toàn bộ các cạnh trên kết cấu lõi (core) trong lưới và đem so sánh với chiều dài cạnh đo bằng GPS nhằm kiểm tra kết quả đo GPS.

Bảng 1. Tọa độ sau bình sai các điểm quan trắc trực đứng công trình của kết cấu lõi A, tầng 28 cho 4 điểm 1, 2, 3, 4 trong hệ tọa độ WGS-84

Điểm	Trục Bắc (m)	Sai số (mm)	Trục Đông (m)	Sai số (mm)
C1-1	2326522.3888	0.4	506321.4963	0.6
C1-2	2326528.5183	3.4	506339.4746	4.0
C1-3	2326520.1020	1.0	506342.3652	1.4
C1-4	2326513.9574	0.6	506324.3791	0.8
GPS2	2326417.4339	N/A	506378.9318	N/A

Bảng 2. Kết quả tính chuyển tọa độ 4 điểm sang hệ tọa độ X, Y trên công trường

N o	Trục Bắc (m)	Trục Đông (m)	X (m)	Y (m)
1	2326522.3888	506321.4963	26.6507	54.8015
2	2326528.5183	506339.4746	26.6396	73.7970
3	2326520.1020	506342.3652	17.7403	73.8119
4	2326513.9574	506324.3791	17.7396	54.8041

Đối với công trình nhà 68 tầng Lotte Tower thì cứ 3 tầng lại yêu cầu kiểm tra độ thẳng đứng của các trục công trình một lần cho mỗi kết cấu lõi. Sau khi bình sai lưới GPS cho mỗi kết cấu lõi, ví dụ kết cấu lõi A tầng 28 có thể được kết quả như Bảng 1

Từ kết quả bình sai của lưới GPS, tính chuyển về hệ tọa độ công trường theo Bảng 2 và xác định được độ chênh tọa độ theo Công thức 1 ở Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả độ chênh giữa tọa độ điểm trực đứng do đơn vị thi công xác định và tọa độ xác định bằng GPS tại Core A tầng 28

N o	Tọa độ GPS		Tọa độ thi công		Chênh tọa độ	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	e_x (mm)	e_y (mm)
1	26.6507	54.8015	26.650	54.800	0.7	1.5
2	26.6396	73.797	26.650	73.800	-10.4	-3.0
3	17.7403	73.8119	17.750	73.800	-9.7	11.9
4	17.7396	54.8041	17.750	54.800	-10.4	4.10

Sau khi có tọa độ của các điểm trực đứng công trình xác định bằng GPS, có thể xác định được độ lệch trực đứng, góc lệch, và hướng lệch [2] của kết cấu lõi tại các điểm 1, 2, 3, 4 cho tầng 28 như Bảng 4.

Bảng 4. Độ nghiêng của trục đứng tại các điểm 1, 2, 3, và 4 của Core A, tầng 28

No	e (mm)	Góc nghiêng (giây)	Hướng lệch		
			Độ	Phút	Giây
1	1.66	6.47	64	58	59.2
2	10.82	42.32	196	5	26.9
3	15.35	60.03	129	11	3.7
4	11.18	43.71	158	29	2.8

4. Kết luận và đề xuất

Từ quá trình nghiên cứu về yêu cầu, giải pháp và thực nghiệm xác định độ thẳng đứng của các trục đứng công trình bằng GPS, nhóm tác giả có một số kết luận và đề xuất như sau:

Trong những điều kiện thích hợp, có thể sử dụng GPS để xác định độ thẳng đứng của các công trình nhà cao tầng. Ưu điểm của công nghệ GPS là các lưới khống chế được xây dựng nhằm xác định độ thẳng đứng của các tầng độc lập nhau, tránh được sai số do tích lũy khi chuyển tọa độ qua các tầng.

Sau khi xem xét và nghiên cứu hiện tượng rung lắc và dao động của các kết cấu công trình có chiều cao lớn, có thể thấy rằng các yếu tố này ảnh hưởng không nhỏ đến việc chuyển tọa độ lên các tầng cao của công trình. Sai số do sự rung lắc và dao động của công trình cần được loại bỏ bằng cách chuyển tọa độ nhiều lần và lấy giá trị trung bình của các vị trí tọa độ này. Việc sử dụng GPS sẽ cho phép khử được các ảnh hưởng do rung lắc và dao động của các kết cấu công trình khi lên cao vì các trị đo GPS là trung bình của nhiều trị đo ở các thời điểm khác nhau.

Vấn đề này cần được nghiên cứu thêm để từ đó đưa ra các quy định về đo đạc, chuyển tọa độ lên các tầng cao của các công trình có chiều cao lớn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Xây dựng, Tiêu chuẩn TCXDVN 309 : 2004. Quy định về công tác trắc địa nhà cao

tầng, Bộ Xây dựng, Hà nội, 2004.

[2]. Bộ Xây dựng, Tiêu chuẩn Xây dựng Việt nam: TCXDVN 357: 2005. Quy trình đo độ nghiêng công trình bằng phương pháp trắc địa, Bộ Xây dựng, Hà nội, 2005.

3]. G. S. Chisholm, J. S. Daly and M. A. Hansby, 28 11 1998. Relating to the determination of verticality in tall building and other structures. USA Patent 5841353.

[4]. D. M. Hayes, I. R. Sparks and J. V. Cranenbroeck, 2006. Core Wall Survey Control System for High Rise Buildings, in XXIII FIG Congress: Shaping the Change, Munich, Germany,.

[5]. J. v. Cranenbroeck, D. Hayes, S. H. Oh and M. Haider, 2009. Core Wall Control Survey - The State of Art, in 7th FIG Regional Conference:, Hanoi, Vietnam.

[6]. Trần Mạnh Nhất và nnk. Nghiên cứu ứng

dụng công nghệ GPS trong trắc địa công trình công nghiệp và nhà cao tầng, Bộ Xây dựng: Đề tài nghiên cứu khoa học cấp bộ, Hà nội, 2002.

[7]. Hồ Thị Lan Hương, Hồ Thị Hoài. Đánh giá tình hình ứng dụng hệ thống quan trắc cầu giây văng và cầu dây văng ở Việt nam, in Hội thảo Khoa học "Công nghệ địa tin học trong quản lý cơ sở hạ tầng", Đại học Giao thông Vận tải, Hà nội, 2012.

[8]. H. S. Park, H. G. Sohn, I. S. Kim and J. H. Park, 18 06 2008. Application of GPS to monitoring of wind-induced response of high rise buildings, Structure Design of Tall Spec Building, pp. 117-132.

[9]. N. E. Cazzaniga, L. Pinto, F. Bettinal and A. Frigerio, 2006. Structure monitoring with GPS and accelerometers: the chimney of the power plant in Piacenza, Italy, in 12th FIG Symposium, Baden.

SUMMARY

Determination of verticality of high-rise building using GPS

Le Ngoc Giang, Nguyen Quang Minh , *Hanoi University of Mining and Geology*

This paper mentions to some issues in determination of the verticality of high-rise building using GPS. To determine the verticality of the high-rise building, there is a challenge of the effect of oscillations and displacement of the structure during the measurement. Based on some researches on determination of oscilation and displacement of the high structures, it is possible to conclude that the more than 100m high buildings have displacement with various magnitude and frequency. This displacement affect to the accuracy of surveying measurement in the very top floors. This issue is discussed and examined in this paper for the high-rise building project of Lotte Tower in Hanoi and from that a conclusion on the necessity of using GPS to determine the coordinates for the very top floors of the high-rise building is presented.