

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GPS TRONG THI CÔNG XÂY DỰNG NHÀ SIÊU CAO TẦNG

TS. TRẦN VIỆT TUẤN

Trường Đại học Mở - Địa chất Hà Nội

KS. ĐIỂM CÔNG HUY

Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Nội dung của bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS để kiểm tra độ thẳng đứng, phục vụ bố trí thi công các công trình nhà siêu cao tầng được xây dựng tại Việt Nam. Kết quả đo đạc và tính toán khi sử dụng công nghệ GPS để kiểm tra độ thẳng đứng công trình khi thi công xây dựng toà nhà Keangnam - Hà Nội.

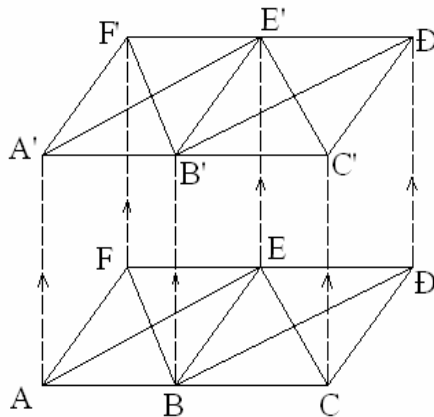
## 1. Đặt vấn đề

Hiện nay ở nước ta đã và đang xây dựng nhiều nhà siêu cao tầng. Đó là các công trình có số tầng từ 40 tầng trở lên tương đương với chiều cao của công trình từ 100 m trở lên, trong đó phải kể đến ngôi nhà cao nhất Việt Nam hiện nay là toà nhà Keangnam cao 70 tầng, tương ứng với chiều cao 336m. Với chiều cao xây dựng lớn, lại được thi công xây dựng trên diện tích xây dựng nhỏ nên độ thẳng đứng của công trình có một vai trò rất quan trọng trong quá trình thi công xây dựng và khai thác sử dụng sau khi hoàn thành. Từ trước đến nay ở nước ta thường xây dựng các công trình có số tầng từ 07- 40 tầng và phương pháp truyền toạ độ lên các sàn thi công chủ yếu là sử dụng phương pháp đường thẳng đứng quang học tức là sử dụng các máy chiếu thiên đỉnh (PZL) để chuyển toạ độ lên các sàn thi công trên các tầng cao.

Khi số tầng của công trình và chiều cao của công trình tăng lên nếu sử dụng các máy chiếu thiên đỉnh (PZL) để chuyển toạ độ lên các sàn thi công sẽ làm giảm độ chính xác chiếu tầng lên). Ngoài ra do ảnh hưởng rất lớn của các yếu tố môi trường như gió và nhiệt độ,... gây ra hiện tượng vặn xoắn cho công trình, làm cho vị trí các điểm chiếu bằng máy chiếu đứng bị thay đổi, ảnh hưởng đến độ chính xác bố trí và thi công công trình. Chính vì vậy cần phải nghiên cứu các phương pháp và công nghệ khác để chuyển toạ độ lên các sàn thi công trên các tầng cao nhằm đảm bảo độ chính xác thi công các công trình nhà siêu cao tầng.

## 2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

Trong thi công xây dựng nhà siêu cao tầng để đảm bảo độ thẳng đứng của công trình cần phải thành lập trên mặt bằng móng công trình một lưới trắc địa chuyên dụng (lưới A, B,..., E, F). Sau đó sử dụng máy chiếu đứng PZL (hoặc các máy chiếu có tính năng tương đương) đặt tại các điểm của lưới trắc địa chuyên dụng (A, B,...,E, F) tiến hành chiếu để chuyển toạ độ các điểm này lên các sàn thi công ta nhận được toạ độ các điểm khống chế trên sàn thi công là (A',B',...,E',F') (hình 1).



Hình 1. Chuyển toạ độ lên các sàn thi công bằng máy chiếu đứng

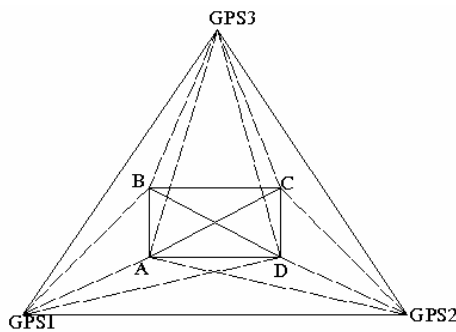
Tại các sàn thi công trên cao dựa vào các điểm khống chế đã được chuyển lên (A',B',...,E',F'), tiến hành đo kiểm tra các đại lượng góc và cạnh, tính toán bình sai và hoàn nguyên các điểm khống chế này về vị trí thiết kế để từ đó bố trí các hạng mục còn lại của công trình trên từng sàn thi công [2]. Như vậy độ chính xác thi công công trình theo phương thẳng đứng sẽ phụ thuộc vào chất lượng thành lập lưới trắc địa chuyên dụng trên mặt bằng móng công trình và chất lượng chiếu các điểm khống chế lên các tầng cao. Hiện nay để thi công các công

trình nhà cao tầng người ta có hai phương án chiếu điểm lên các sàn thi công [2]:

- Phương án chiếu liên tục từ mặt sàn tầng 1 lên các tầng thi công. Với phương án chiếu điểm này chỉ cần đặt máy chiếu ở sàn tầng 1 chiếu điểm cho đến tầng cuối cùng. Khi số tầng của toà nhà hay chiều cao của công trình tăng lên thì độ chính xác chiếu điểm sẽ giảm đi do tăng chiều cao tia ngắm dẫn đến sai số ngắm và sai số bất mục tiêu tăng và do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh (chiết quang, nhiệt độ,...) đến độ chính xác chiếu điểm [2].

- Phương án chiếu phân đoạn: chia số tầng thi công thành n đoạn. Mỗi đoạn chiếu sẽ bao gồm m tầng. Tiến hành chiếu điểm từ tầng 1 đến hết đoạn thứ nhất bao gồm m tầng. Sau đó chuyển máy chiếu lên tầng 2m và tiếp tục chiếu điểm cho đến hết tầng 2m. Chuyển máy chiếu lên tầng 3m và tiến hành tương tự cho đến khi thi công xong công trình. Với phương án chiếu phân đoạn: sẽ giảm được chiều cao tia ngắm đi n lần, do đó độ chính xác chiếu điểm trong từng đoạn sẽ tăng lên. Đây chính là phương pháp chuyển toạ độ lên các tầng thi công khi xây dựng toà nhà siêu cao tầng khi sử dụng các máy chiếu thiên đỉnh (PZL) hoặc (các máy chiếu có tính năng tương đương) để chuyển toạ độ lên các sàn thi công. Tuy nhiên trong phương pháp chiếu phân đoạn để đảm bảo độ chính xác thi công công trình theo phương thẳng đứng vấn đề đặc biệt quan trọng là cần đo đạc và định vị lại các điểm cơ sở của lưới trắc địa chuyên dụng (là các điểm A',B',...,E',F') tại tầng khởi đầu của mỗi đoạn chiếu (hình 1).

Vấn đề định vị các điểm khống chế của lưới trắc địa chuyên dụng trên từng bậc chiếu chỉ thực hiện được nhờ ứng dụng công nghệ GPS. Nguyên tắc định vị các điểm khống chế thi công trong xây dựng nhà siêu cao tầng bằng công nghệ GPS được thực hiện như hình 2.



Hình 2. Lưới khống chế Trắc địa

Khi thi công xây dựng phần móng của công trình và thành lập lưới trắc địa chuyên dụng trên mặt bằng móng tại sàn tầng 1 (các điểm A, B, C, D) ta cần thành lập ngay lưới GPS liên kết với các điểm của lưới trắc địa chuyên dụng (là các điểm GPS1, GPS2, GPS3) được bố trí ở những vị trí ổn định trên mặt đất trong suốt quá trình thi công công trình. Tiến hành đo GPS từ các điểm khống chế trên mặt đất đến các điểm khống chế của lưới trắc địa chuyên dụng và các trị đo góc và cạnh trong lưới chuyên dụng (hình 2). Tiến hành bình sai kết hợp lưới khống chế mặt đất (bao gồm các trị đo góc và cạnh trong lưới chuyên dụng được đo bằng máy toàn đạc điện tử và thước thép) và các trị đo GPS [1] ta có toạ độ thiết kế của các điểm (A,B,C,D) tại bậc chiếu đầu tiên ( $X_1, Y_1$ ). Dùng máy chiếu điểm PZL chiếu các điểm (A, B, C, D) lên các tầng thi công trong bậc chiếu đầu tiên. Qua số tầng m tiến hành đo lại GPS đến các điểm (A',B',C', D') đã được chiếu lên tầng thứ m. Đo kiểm tra các trị đo góc và cạnh trong lưới (A,B,C,D). Tiến hành bình sai ta có toạ độ của các điểm khống chế ( $X_i, Y_i$ ) trên bậc chiếu thứ i. So sánh toạ độ của các điểm khống chế giữa bậc chiếu thứ i và bậc chiếu đầu tiên sẽ tính được độ lệch toạ độ theo công thức

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_i &= X_i - X_1 \\ \Delta Y_i &= Y_i - Y_1 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Từ các đại lượng  $\Delta X_i, \Delta Y_i$  dễ dàng tính được các đại lượng hoàn chỉnh để hoàn nguyên các điểm

(A,B,C,D) về đúng vị trí thiết kế [2] làm cơ sở cho công tác bố trí chi tiết các hạng mục công trình trên các sàn thi công.

Rõ ràng là, khi kết hợp công nghệ GPS và máy chiếu đứng sẽ cho phép giảm chiều cao tia ngắm (bằng cách phân đoạn chiếu) làm tăng độ chính xác chuyển tọa độ lên các sàn thi công. Mặt khác, bằng kết quả đo GPS liên kết lưới trắc địa chuyên dụng trên các tầng thi công và lưới mặt đất cho phép chúng ta kiểm tra và định vị lại các điểm cơ sở tại tầng đầu tiên của các bậc chiếu trong quá trình thi công toàn bộ công trình. Đây chính là những đặc tính ưu việt của công nghệ GPS trong thi công xây dựng nhà siêu cao tầng ở nước ta.

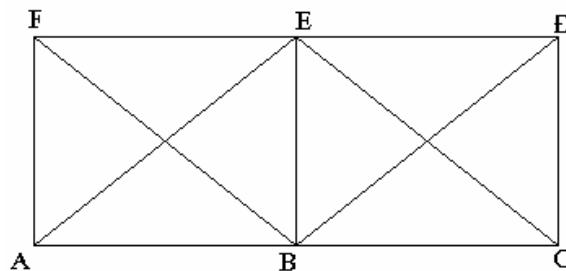
### 3. Đo đạc và tính toán thực nghiệm

Để nghiên cứu khả năng ứng dụng công nghệ GPS trong đo kiểm tra và bố trí công trình nhà cao tầng theo phương thẳng đứng cần phải tiến hành đo

đặc thực nghiệm nhằm kiểm định và đánh giá độ chính xác đạt được của công nghệ GPS khi đo kiểm tra và định vị các điểm lưới trắc địa chuyên dụng trên các sàn thi công ở các tầng cao.

#### 3.1 Đo đạc thực nghiệm khảo sát độ chính xác đạt được của công nghệ GPS khi đo kiểm tra lưới trắc địa chuyên dụng

Để thực hiện được mục tiêu này chúng tôi đã tiến hành thành lập một lưới trắc địa chuyên dụng trên mặt bằng móng công trình ở dạng một tứ giác trắc địa kép có chiều dài cạnh  $S = 25m$  (hình 3). Tiến hành đo tất cả các góc và các cạnh trong lưới bằng máy toàn đạc điện tử TCR405 có độ chính xác đo góc  $m_\beta = 5''$ , sai số đo cạnh  $m_S = 2 \text{ mm} + 2\text{ppm}$ . Sau đó đo lại lưới bằng máy GPS 1 tần số Trimble R3. Tiến hành bình sai tính toán lưới trắc địa đo góc- cạnh bằng máy toàn đạc điện tử theo phương pháp bình sai chặt chẽ ta có số liệu các cạnh của lưới như cột 2 (bảng 1). Kết quả đo cạnh lưới bằng công nghệ GPS sau khi đã xử lý ghi trong cột (3). Nếu dùng công thức tính sai số trung phương của trị đo kép (4) để đánh giá độ chính xác xác định chiều dài cạnh, sẽ tính được sai số đo cạnh giữa hai phương pháp đo là  $m_S = \pm 2.08 \text{ mm}$ .



Hình 3. Lưới tứ giác trắc địa kép

$$m_s = \sqrt{\frac{[\Delta_s \Delta_s]}{2n}} \quad (4)$$

Từ kết quả đo khảo sát thực nghiệm này cho thấy: Công nghệ GPS có đủ độ chính xác để đo kiểm tra vị trí các điểm của lưới trắc địa chuyên dụng đã được chiếu lên các sàn thi công trên các tầng cao [2].

#### 3.2 Ứng dụng công nghệ GPS để đo kiểm tra độ thẳng đứng của công trình xây dựng Keangnam - Hà Nội

Toà nhà Keangnam được xây dựng tại đường Phạm Hùng - Thành phố Hà Nội có 70 tầng với chiều cao 336 m được xây dựng trên diện tích tương đối hẹp.

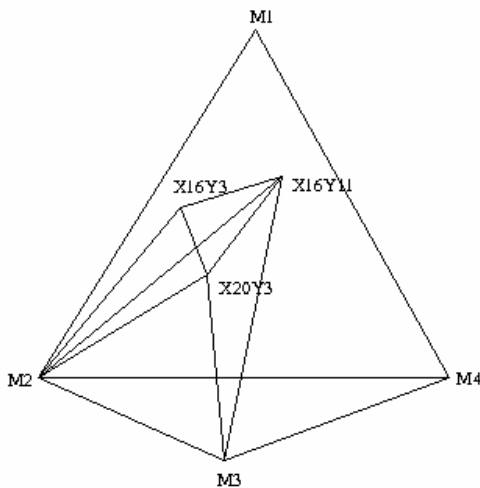
Trong quá trình thi công để bố trí công trình và điều chỉnh kết cấu xây dựng theo phương thẳng đứng (với hạn sai độ lệch trục theo phương thẳng đứng cho phép  $f = 30 \text{ mm}$  [3]), nhà thầu xây dựng đã sử dụng máy chiếu đứng để chuyển tọa độ lên các tầng cao. Trung tâm tư vấn trắc địa và xây dựng thuộc Viện Khoa học

Công nghệ Xây dựng (IBST) được giao nhiệm vụ kiểm tra các điểm chiếu theo phương thẳng đứng trên các tầng.

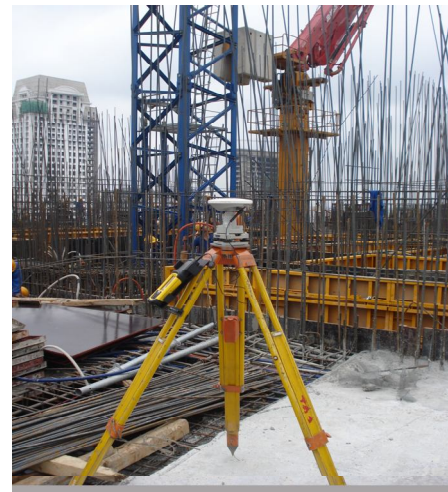
**Bảng 1. So sánh chiều dài cạnh đo**

Tên cạnh (1)	Cạnh đo bằng TCR 405 (m) (2)	Cạnh đo bằng GPS (m) (3)	$\Delta S$ (m)
A-B	24.989	24.991	0.002
B-C	24.983	24.983	0.000
C-D	24.994	24.991	- 0.003
Đ-E	24.981	34.983	0.002
E-F	24.994	24.990	-0.004
F-A	24.984	24.981	-0.003
B-F	35.344	35.348	0.002
B-E	24.987	24.983	-0.004
B-Đ	35.343	35.339	-0.004

Toàn bộ toà nhà 70 tầng được chia làm 24 đoạn chiếu. Chúng tôi bố trí một lưới khống chế mặt đất gồm 04 điểm GPS (từ  $M_1$  đến  $M_4$ ) đo nối đến 3 điểm của lưới trắc địa chuyên dụng trên công trình là các điểm X16Y3, X20Y3 và X16Y11. Sơ đồ lưới như hình 4. Tại tầng 1 sử dụng máy thu GPS Trimble - R3 đo xác định toạ độ của 3 điểm (X16Y3, X20Y3, X16Y11).



**Hình 4. Lưới khống chế trắc địa của công trình Keangnam**



**Hình 5. Đo GPS tại công trình Keangnam bằng máy một tần Trimble R3**

Sau đó tại mỗi bậc chiếu (3 tầng/một bậc chiếu) chúng tôi tiến hành đo GPS kết nối điểm kiểm tra với lưới khống chế mặt đất (hình 5). Vì công trình thi công liên hoàn theo bậc của từng vùng nên chỉ đo kiểm tra được toạ độ của ba điểm nằm trên lưới chuyên dụng tại các bậc chiếu mà không đo kiểm tra được chiều dài các cạnh (X16/Y3-X16/Y11, X16/Y11-X20/Y3, X20Y3-X16/Y3). So sánh toạ độ của các điểm đo kiểm tra và toạ độ thiết kế tại tầng 1 theo công thức (3) ta sẽ có độ lệch của các điểm đo kiểm tra theo phương thẳng đứng như bảng 2 [3].

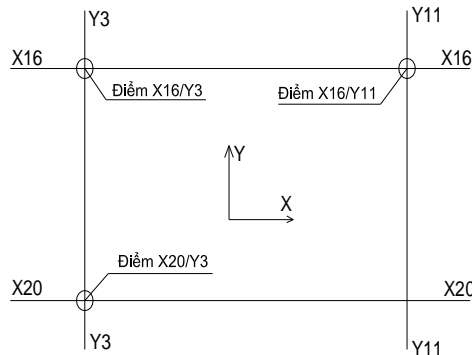
**Bảng 2. Độ lệch của các điểm đo kiểm tra theo phương thẳng đứng (Phương X, Y xem hình 6)**

Bậc	Tầng	X16/Y11		X16/Y3		X20/Y3	
		$\Delta X_i$ (mm)	$\Delta Y_i$ (mm)	$\Delta X_i$ (mm)	$\Delta Y_i$ (mm)	$\Delta X_i$ (mm)	$\Delta Y_i$ (mm)
2	5	0	13	9	20	8	-7
4	10	-7	-13	12	5	11	-10
5	13	8	-15	21	8	14	-8
6	16	-6	-13	15	5	13	1
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
13	38	9	-12	14	-6	17	-12
14	41	0	-12	11	6	13	5
15	44	2	-19	17	4	21	-5
16	47	1	-10	1	4	6	-3
17	50	-3	-18	5	7	3	-7
18	53	-1	-25	12	6	13	-10
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
20	59	-6	-29	12	4	10	-14
21	61	-9	-26	23	5	19	-14
22	64	3	-26	22	19	26	-12
23	67	9	11	-16	-32	-21	-12
24	70	12	-15	16	-13	20	-24

Từ kết quả đo kiểm tra tọa độ của các điểm lưới chuyên dùng bằng công nghệ GPS cho thấy:

- Công nghệ GPS cho phép đo kiểm tra và xác định được vị trí của các điểm khống chế được chiếu lên các sàn thi công. Các điểm đo kiểm tra trên các sàn thi công đều đảm bảo được hạn sai cho phép theo phương thẳng đứng khi thi công công trình toà nhà Keangnam;

- Kết quả đo đạc thực nghiệm còn cho thấy: giá trị chuyển dịch của các điểm đo trên các sàn thi công so với tọa độ thiết kế còn bao gồm cả chuyển dịch của công trình do các yếu tố ngoại cảnh gây nên (do hiện tượng dao động vận xoắn công trình bởi các yếu tố nhiệt độ, gió... gây ra).



**Hình 6. Sơ đồ trục X và trục Y của công trình Keangnam**

#### 4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu về lý thuyết và đo đạc tính toán thực nghiệm chúng tôi rút ra một số kết luận sau đây:

- Để đảm bảo độ chính xác thi công các công trình nhà siêu cao tầng cần áp dụng kết hợp công nghệ GPS và máy chiếu đứng để bố trí, và điều chỉnh các kết cấu xây dựng theo phương thẳng đứng. Các kết quả đo đạc thực nghiệm cho thấy công nghệ GPS có độ chính xác hoàn toàn đảm bảo được độ chính xác cần thiết khi bố trí và đo kiểm tra độ thẳng đứng của công trình (với hạn sai độ lệch trục theo phương thẳng đứng cho phép  $f = 30 \text{ mm}$  [3]);

- Cần tiếp tục nghiên cứu để tách chuyển dịch tức thời của công trình do các yếu tố ngoại cảnh gây nên nhằm xác định chính xác vị trí các điểm định vị trên công trình, từ đó cho phép nâng cao và đảm bảo độ chính xác bố trí các công trình nhà siêu cao tầng ở nước ta.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. HOÀNG NGỌC HÀ, "Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS", *NXB khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 2006*.
2. NGUYỄN QUANG THẮNG – TRẦN VIỆT TUẤN, "Trắc địa công trình công nghiệp - thành phố", *NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 2007*.
3. Vietnam Institute for Building Science and Technology, Report of tilt monitoring of the Keangnam landmark tower project, *Hanoi, 2011*.