

# NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH HIỆN TƯỢNG VẠN XOẮN CỦA CÔNG TRÌNH TRONG THI CÔNG XÂY DỰNG CÁC CÔNG TRÌNH CÓ CHIỀU CAO LỚN

PGS. TS. TRẦN VIỆT TUẤN<sup>(1)</sup>, ThS. DIÊM CÔNG HUY<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Trường đại học Mở - Địa chất Hà Nội

<sup>(2)</sup> Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng

## **Tóm tắt:**

Nội dung của bài báo trình bày về hiện tượng biến dạng, vạn xoắn của các công trình xây dựng có chiều cao lớn do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh gây ra. Phương pháp đo đạc và tính toán xác định đại lượng vạn xoắn do các yếu tố ngoại cảnh gây ra trên công trình. Kết quả đo đạc và tính toán thử nghiệm hiện tượng vạn xoắn trên công trình xây dựng có chiều cao lớn tại Việt Nam.

## **1. Đặt vấn đề**

Hiện nay ở Việt Nam đã có một số công trình xây dựng có chiều cao lớn đang đang được triển khai xây dựng và đưa vào sử dụng như là các công trình: toà nhà Keangnam cao 70 tầng (346m), Lotte Center Hanoi cao 65 tầng (267m)v.v... Khi thi công xây dựng các công trình này, một trong những yêu cầu về kỹ thuật quan trọng nhất là phải đảm bảo điều kiện thẳng đứng của công trình trong quá trình thi công xây dựng. Mặt khác khi chiều cao của công trình càng tăng lên thì ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh cũng rõ rệt hơn. Đó là ảnh hưởng của nhiệt độ do hiện tượng ánh sáng chiếu không đều lên công trình, ảnh hưởng của gió và một số các yếu tố khác sẽ gây ra hiện tượng vạn xoắn trên công trình. Đây là một hiện tượng rất phức tạp, khó xác định và có ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác thi công trong quá trình xây dựng. Do đó khi thi công các công trình xây dựng có chiều cao lớn cần phải tiến hành xác định hiện tượng vạn xoắn trên công trình do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh gây ra nhằm tính các số hiệu chỉnh cần thiết để đưa vào kết quả đo nhằm đảm bảo độ thẳng đứng của các công trình xây dựng có chiều cao lớn.

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

### **2.1. Phương pháp quan trắc độ vạn xoắn của công trình**

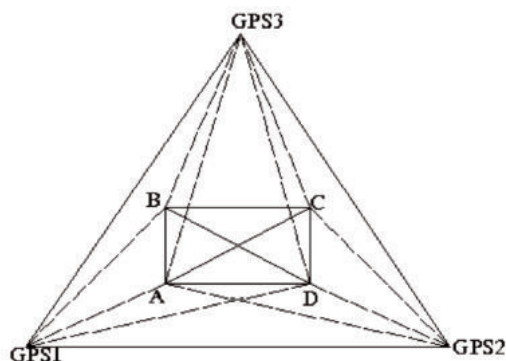
Để quan trắc độ vạn xoắn của công trình có chiều cao lớn ta có thể sử dụng một số phương pháp đo sau đây [1]:

- Quan trắc độ vạn xoắn bằng máy kinh vĩ hoặc máy toàn đạc điện tử: trên mặt ngoài của công trình cứ cách nhau từ 25 ÷ 30m theo độ cao, tiến hành gắn các bảng ngắm trên hai hướng trục vuông góc của công trình. Việc quan trắc được thực hiện bằng máy kinh vĩ hoặc máy toàn đạc điện tử có độ chính xác cao đặt tại các điểm khống chế cơ sở nhằm xác định sự chuyển dịch của các bảng ngắm so với trục quy ước đã lựa chọn trên công trình.

- Quan trắc độ vạn xoắn bằng máy chiếu đứng: trong trường hợp này, các bảng ngắm được bố trí bên trong công trình và việc quan trắc độ vạn xoắn được thực hiện bằng máy chiếu đứng bố trí tại các điểm khống chế cơ sở nằm phía trong công trình [1].

- Quan trắc độ vạn xoắn trên công trình bằng công nghệ GPS: Tiến hành thành lập

lưới GPS mặt đất bao xung quanh công trình bao gồm các điểm GPS<sub>1</sub>, GPS<sub>2</sub>, GPS<sub>3</sub> (hình 1).



Hình 1

Từ lưới GPS mặt đất, theo chu kỳ tiến hành đo nối với với các điểm quan trắc bố trí trên công trình (các điểm A, B, C, D). So sánh tọa độ đo được giữa các chu kỳ đo sẽ xác định được các giá trị vận xoắn của công trình do tác động của các yếu tố ngoại cảnh gây ra [2].

### 2.2. Xử lý số liệu đo đạc xác định độ vận xoắn trên công trình

Với các công trình có chiều cao lớn (lớn hơn 150m), khi chuyển trục công trình lên cao cần đưa vào số hiệu chỉnh do độ vận xoắn của công trình, vì vậy mà dựa vào các số liệu quan trắc đo được cần phải xác định độ vận xoắn của công trình. Có nhiều phương pháp xử lý số liệu đo đạc xác định hiện tượng vận xoắn công trình nhưng hiện nay phương pháp được sử dụng phổ biến là phương pháp hồi quy. Tức là dựa các số liệu đo đạc thực nghiệm trên công trình để xác định quy luật biến dạng vận xoắn và mô hình chuyển dịch biến dạng trên công trình theo độ cao công trình [1] hay theo thời gian thi công xây dựng [3].

Tùy thuộc vào đặc điểm dựng công trình và đặc điểm khí hậu mà quy luật vận xoắn của công trình có thể được xác định bằng các dạng mô hình sau:

$$\Delta S_i = a_0 + a_1 h_i + a_2 h_i^2 \quad (1)$$

$$\text{hoặc: } \Delta S_i = a_0 + a_1 h_i + a_2 h_i^2 + a_3 h_i^3 \quad (2)$$

trong đó:  $\Delta S_i$  - chuyển dịch của điểm quan trắc có độ cao  $h_i$  xác định bằng kết quả đo đạc trên công trình.

$a_i$ : là các hệ số cần xác định theo phương pháp hồi quy.

Để xác định được các hệ số  $a_i$ , cần phải đo được một số đại lượng chuyển dịch  $\Delta S_i$  tại độ cao  $h_i$  của phần công trình đã xây dựng xong, điều kiện để giải bài toán là số trị đo phải lớn hơn số ẩn số. Trong đa số các trường hợp người ta thường sử dụng đa thức bậc hai (1) để tính số hiệu chỉnh do độ vận xoắn của công trình, đa thức bậc ba (2) chỉ dùng cho trường hợp công trình có chiều cao lớn. Sau khi xác định được các giá trị  $a_i$ , có thể tính được giá trị  $\Delta S_i$  ở độ cao  $h_i$  bất kỳ [1].

Trong một số trường hợp dựa vào kết quả quan trắc độ vận xoắn trên công trình có thể sử dụng hàm tuần hoàn để xác định quy luật vận xoắn trên công trình [3]

$$\Delta S_i = a_0 + a_1 \sin(wt_i) + a_2 \cos(wt_i) \quad (3)$$

Trong đó:  $\Delta S_i$  là giá trị chuyển dịch của điểm quan trắc tại thời điểm đo  $t$

-  $a_i$  là các hệ số cần xác định;  $w$  là hệ số đặc trưng cho chu kỳ của hàm tuần hoàn.

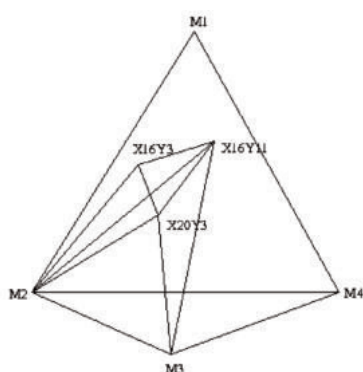
Dựa vào kết quả đo xác định các đại lượng  $\Delta S_i$  ở thời điểm đo  $t_i$  và sử dụng phương pháp hồi quy để tính các hệ số  $a_i$  và  $w$ , ta có thể xác định được mô hình vận xoắn trên công trình xây dựng do các yếu tố ngoại cảnh gây ra.

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

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. Đây chính là loại nhà siêu cao tầng đầu tiên được xây dựng tại Hà Nội.

Trong quá trình thi công để bố trí công trình và điều chỉnh kết cấu xây dựng theo phương thẳng đứng. 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. Toàn bộ toà nhà 70 tầng được chia làm 24 đoạn chiếu.



Hình 2

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 2). Tiến hành đo bằng máy thu GPS Trimble - R3 tại các thời điểm đo khác nhau đã cho ta kết quả chuyển dịch của các điểm quan trắc (X16Y3, X20Y3, X16Y11) trên công trình do ảnh hưởng tổng hợp của các yếu tố ngoại cảnh gây ra trên công trình. Trên bảng 1 chúng tôi nêu thời gian đo và chuyển dịch của điểm X<sub>16</sub>Y<sub>11</sub> trên công trình. (Xem bảng 1)

Dựa vào kết quả quan trắc chuyển dịch của điểm X<sub>16</sub>Y<sub>11</sub> chúng tôi đã tiến hành xác định quy luật chuyển dịch của điểm X<sub>16</sub>Y<sub>11</sub> theo thời gian t và theo độ cao H để xác định dạng phương trình ban đầu trong phương pháp tính hồi quy. Quỹ đạo chuyển động của điểm X<sub>16</sub>Y<sub>11</sub> theo thời gian được trình bày trên (hình 3) đơn vị thời gian ở đây chúng tôi lấy theo tuần (7 ngày). (Xem hình 3)

Bảng 1: Kết quả đo chuyển dịch trên công trình bằng công nghệ GPS (điểm X<sub>16</sub>Y<sub>11</sub>)

TT	Chu kỳ đo	Ngày đo (t)	Khoảng thời gian giữa hai chu kỳ đo (tuần)	Độ cao điểm quan trắc $H_i$ (m)	Chuyển dịch $\Delta S_i$ (mm)
1	chu kỳ 3	19/08/2009			
2	chu kỳ 4	09/10/2009	5,70	57.472	-7
3	chu kỳ 5	04/11/2009	3.57	71.903	+8
4	chu kỳ 6	22/11/2009	2.57	84.795	-6
5	chu kỳ 7	09/12/2009	2.42	97.733	+15
6	chu kỳ 8	24/12/2009	2.14		
7	chu kỳ 9	07/01/2009	1.85	123.478	+3
8	chu kỳ 10	28/01/2010	3.00	140.688	-5
9	chu kỳ 11	03/03/2010	5.00	153.420	+11
10	chu kỳ 12	20/03/2010	2.42	166.599	-4

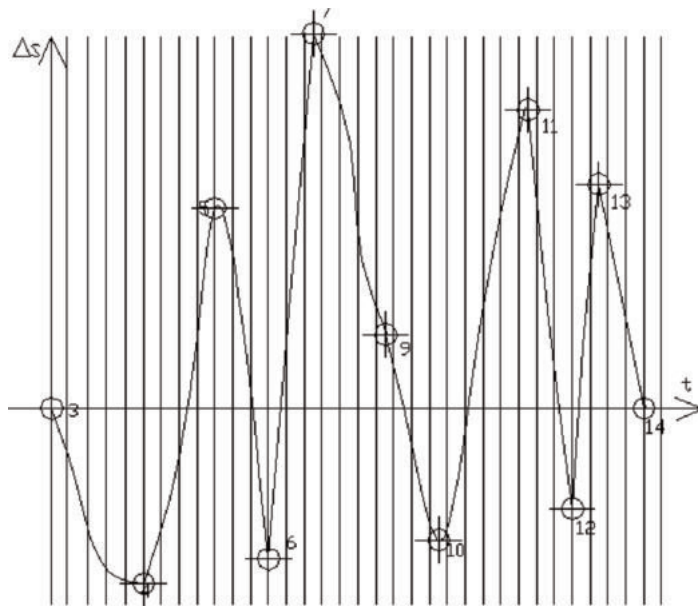
Dựa vào biểu đồ biểu thị mối quan hệ giữa chuyển dịch của điểm  $X_{16}Y_{11}$  do hiện tượng vặn xoắn gây ra và thời gian, ta thấy quy luật chuyển dịch của điểm tương đương với dạng hàm tuần hoàn (3). Vì vậy chúng tôi đã sử dụng kết quả đo từ chu kỳ 3 đến chu kỳ 9 để tạo mô hình chuyển dịch của điểm theo thời gian và sử dụng kết quả đo tại các chu kỳ 10 đến 11 để tính đối chứng kiểm tra tính chính xác của mô hình đã xây dựng. Sử dụng phương pháp số bình phương nhỏ nhất để tính các hệ số  $a_i$  và  $w$  theo số liệu đo tại bảng 1 từ chu kỳ 3 đến chu kỳ 9 chúng tôi tính được giá trị của các hệ số  $a_i$  và  $w$  như sau:

$$\left. \begin{aligned} a_0 &= 5.206019 \\ a_1 &= 5.573379 \\ a_2 &= 5.663634 \\ w &= 0.897597 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Như vậy mô hình chuyển dịch của điểm  $X_{16}Y_{11}$  là

$$\Delta S_i = 5.206019 + 5.573379 \sin(0.897597 t_i) + 5.663664 \cos(0.897597 t_i) \quad (5)$$

Sử dụng mô hình (5) chúng tôi tính các giá trị chuyển dịch của điểm  $X_{16}Y_{11}$  tại các chu kỳ đo 10, 11 và 12 và tiến hành so sánh kết quả tính trên mô hình chuyển dịch (5) với kết quả đo đạc thực tế ta có kết quả so sánh tại bảng 2. (Xem bảng 2)



Hình 3

**Bảng 2: Kết quả so sánh giá trị chuyển dịch của điểm  $X_{16}Y_{11}$**

TT	Chu kỳ đo	Ngày đo (t)	$\Delta t$ tuần	Độ cao điểm quan trắc $H_i$ (m)	Chuyển dịch đo $\Delta S_i$ (mm)	Chuyển dịch tính $\Delta S'_i$ (mm)	Độ lệch $V_s$ (mm)
8	chu kỳ 10	28/01/2010		140.688	-5	-2.63	-2.36
9	chu kỳ 11	03/03/2010	5.00	153.420	+11	+11.70	-0.70
10	chu kỳ 12	20/03/2010	2.42	166.599	-4	-2.71	-1.29

Sử dụng công thức tính sai số thực để tính sai số của mô hình ta có: Sai số của mô hình (5) là

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} = \pm 1.6mm \quad (6)$$

Kết quả đo đạc và tính toán thực nghiệm tại công trình toà nhà Keangnam cho thấy: Chúng ta hoàn toàn có thể đo đạc và xác định được hiện tượng vặn xoắn trên công trình do các yếu tố ngoại cảnh gây ra trong thi công xây dựng các công trình có chiều cao lớn tại Việt Nam.

#### 4. Kết luận

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

- Trong thi công xây dựng các công trình có chiều cao lớn cần phải tiến hành tổ chức đo đạc để xác định hiện tượng vặn xoắn trên công trình do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh gây ra, nhằm tính các số hiệu chỉnh cần thiết phục vụ cho công tác bố trí thi công công trình theo phương thẳng đứng.

- Để có thể xây dựng được chính xác mô hình chuyển dịch của công trình do hiện tượng vặn xoắn gây ra cần phải xác định chính xác mô hình chuyển dịch ban đầu dựa vào việc xác định quy luật chuyển dịch của các điểm quan trắc bố trí trên công trình.

Cần tiến hành đánh giá độ chính xác của mô hình chuyển dịch theo công thức (6) nhằm tìm được một mô hình sát với chuyển dịch thực trên công trình với sai số của mô hình có giá trị nhỏ nhất.

Kiến nghị: Cần tiếp tục tổ chức đo thực nghiệm hiện tượng vặn xoắn trên công trình kết hợp với việc đo nhiệt độ, hướng và tốc độ gió, hướng chiếu ánh sáng mặt trời trong ngày nhằm tiếp tục nghiên cứu và hoàn thiện phương pháp đo và xử lý số liệu quan trắc hiện tượng vặn xoắn trên công trình xây dựng có chiều cao lớn tại Việt nam.○

#### Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Quang Thắng, Trần Việt Tuấn, 2007. Trắc địa công trình công nghiệp - thành phố, NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội.

[2]. Trần Việt Tuấn, Diem Công Huy, 2013. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong bố trí thi công xây dựng nhà siêu cao tầng, Tạp chí khoa học công nghệ xây dựng (1), Hà Nội.

[3]. Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010. Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình, NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội.

[4]. Vietnam Institute for Building Science and Technology, 2011. Report of tilt monitoring of the Keangnam landmark tower project, Hà Nội.○

#### Summary

##### The study identified twisting phenomenon of tall buildings

Assoc. Prof. Dr. Tran Viet Tuan, Hanoi University of Mining and Geology

MSc. Diem Công Huy, Vietnam institute for building science and technology

This paper shows the twist and deformation of tall apartments which are effected on surrounding factors, also indicates the method of measurement and calculation to specify those influences. The results of measurement and figure are experimented with some constructions which have a great elevation in Vietnam.○

Ngày nhận bài: 10/02/2015.