

ỨNG DỤNG MÁY TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ LEICA VIVA TS15 VÀ PHẦN MỀM GOCA ĐỂ TỰ ĐỘNG QUAN TRẮC BIẾN DẠNG TƯỜNG VÂY NHÀ CAO TẦNG

ThS. **TRẦN NGỌC ĐÔNG**, KS. **DIỆM CÔNG HUY**
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Bài báo trình bày nội dung nghiên cứu về khả năng ứng dụng hệ thống quan trắc tự động bằng máy toàn đạc điện tử (TĐĐT) Leica viva TS15 và phần mềm GOCA để tự động quan trắc biến dạng tường vây nhà cao tầng trong giai đoạn thi công móng và tầng hầm.

1. Đặt vấn đề

Trong quá trình thi công móng và tầng hầm nhà cao tầng, khi thi công hố đào sâu sẽ làm thay đổi trạng thái ứng suất, biến dạng trong đất nền xung quanh khu vực hố đào và có thể làm thay đổi mực nước ngầm dẫn đến nền đất bị dịch chuyển và có thể lún gây hư hỏng công trình lân cận nếu không có giải pháp thích hợp. Tường vây là giải pháp thích hợp để chống đỡ thành hố đào. Do vậy, trong quá trình thi công tầng hầm cần phải tiến hành quan trắc để xem những bức tường này có bị “lún” cũng như “chuyển vị” hay không khi đào đất ở giữa. Đây là một trong những yếu tố bắt buộc khi thi công tầng hầm nhà cao tầng bởi vì tường vây bị dịch chuyển có thể sẽ làm ảnh hưởng xấu đến công trình và các công trình lân cận.

Trong quá trình quan trắc biến dạng tường vây, việc áp dụng phương pháp trắc địa truyền thống thì nhiều khi số liệu quan trắc tại thời điểm báo cáo không đáp ứng được yêu cầu về tiến độ và đặc biệt là yêu cầu độ chính xác cao đến $\pm 1.0\text{mm}$ đối với các công trình đặc biệt. Trong những năm gần đây với sự tiến bộ vượt bậc về khoa học công nghệ, các nhà cung cấp thiết bị trắc địa đã không ngừng cải tiến và nâng cao khả năng tự động hóa, đã chế tạo thành công hệ thống quan trắc tự động ứng dụng trong trắc địa công trình. Trên thế giới các nước như Thụy Sĩ, Trung Quốc, Mỹ, Đức, Singapore,... đã sử dụng hệ thống quan trắc tự động để tiến hành quan trắc biến dạng của đập thủy điện, cầu, nhà cao tầng, tường vây nhà cao tầng,... Ở Việt Nam hiện nay việc ứng dụng hệ thống trắc địa quan trắc tự động mới trong giai đoạn quan trắc thí nghiệm. Để có những đánh giá ban đầu về tính ưu việt và khả năng ứng dụng của hệ thống quan trắc tự động trong quan trắc biến dạng công trình ở Việt Nam, chúng tôi đã tiến hành khảo sát một hệ thống quan trắc tự động gồm máy TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA để tự động quan trắc biến dạng tường vây nhà cao tầng trong giai đoạn thi công móng và tầng hầm.

2. Máy toàn đạc điện tử Leica viva TS15 và phần mềm GOCA

2.1 Máy toàn đạc điện tử Leica viva TS15



Hình 1. Máy TĐĐT Leica viva TS15

Máy toàn đạc điện tử Leica viva TS15 là máy toàn đạc điện tử do hãng Leica của Thụy Sĩ chế tạo. Các tính năng kỹ thuật nổi trội của máy so với các máy toàn đạc điện tử khác được nêu ở bảng 1 dưới đây.

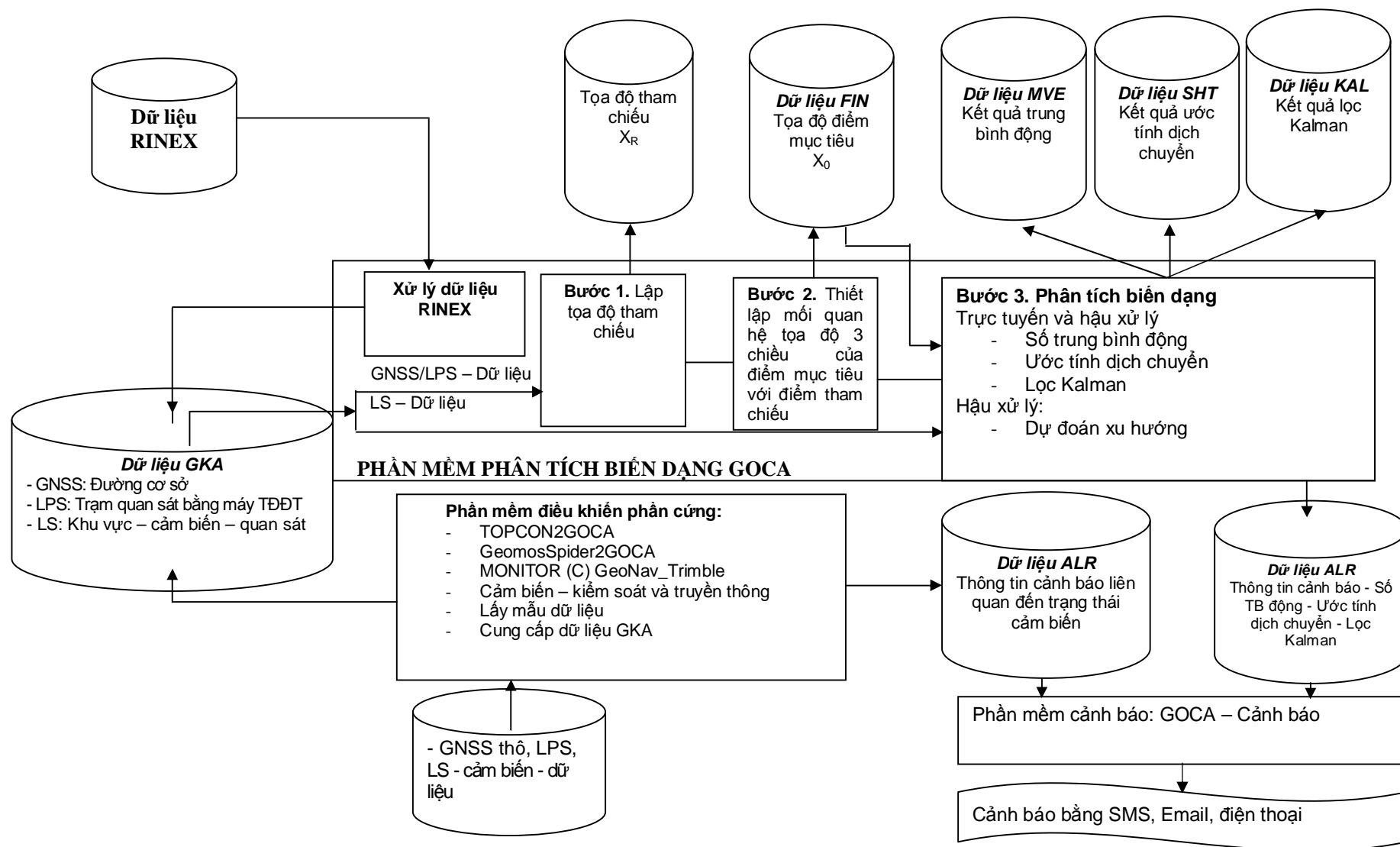
Bảng 1. Tính năng kỹ thuật của máy TĐĐT viva TS15

STT	Tính năng kỹ thuật
1	Độ chính xác đo góc ngang và góc đứng: 1"
2	Độ chính xác đo cạnh có sử dụng gương: (1mm+1.5ppmD)
3	Độ chính xác đo cạnh bằng Laser (không gương): (2mm+2ppmD)
4	Tự động quay với tốc độ góc: 45 ⁰ /s
5	Bắt mục tiêu tự động
5.1	Độ chính xác tự động bắt điểm (góc ngang, góc đứng): 1"
5.2	Độ chính xác vị trí điểm: ± 1mm
5.3	Độ chính xác điểm tại 1000m: ± 2mm
6	Tìm điểm tự động
7	Độ chính xác dọi tâm bằng Laser: 1mm tại 1.5m chiều cao máy
8	Thông số kỹ thuật chung: <ul style="list-style-type: none"> - Hệ điều hành Windows CE 6.0; - Bộ xử lý: Freescale i.MX31 533 MHz ARM Core; - Màn hình cảm ứng; - Quản lý dữ liệu: bộ nhớ trong: 1GB và bộ nhớ thẻ CompactFlash, truyền dữ liệu qua cổng RS232 hoặc Bluetooth, Wireless và USB.

Từ các tính năng của máy TĐĐT Leica viva TS15 ở bảng 1, chúng ta nhận thấy đây là máy toàn đạc điện tử có độ chính xác cao, bắt điểm tự động (độ chính xác vị trí điểm ± 1mm), truyền dữ liệu về máy tính thuận lợi. Do đó máy TĐĐT này hoàn toàn có thể sử dụng để quan trắc chuyển dịch tường vây công trình nhà cao tầng.

2.2 Phần mềm GOCA

Phần mềm GOCA là phần mềm dùng để thu thập dữ liệu cảm biến từ trạm quan trắc biến dạng tự động về máy tính và sau đó tiến hành tính toán xử lý, phân tích biến dạng và cảnh báo nguy hiểm khi biến dạng vượt quá giới hạn cho phép. Quá trình phân tích biến dạng bằng phần mềm GOCA được thực hiện như ở hình 2 [5].



Hình 2. Sơ đồ phân tích biến dạng bằng phần mềm GOCA

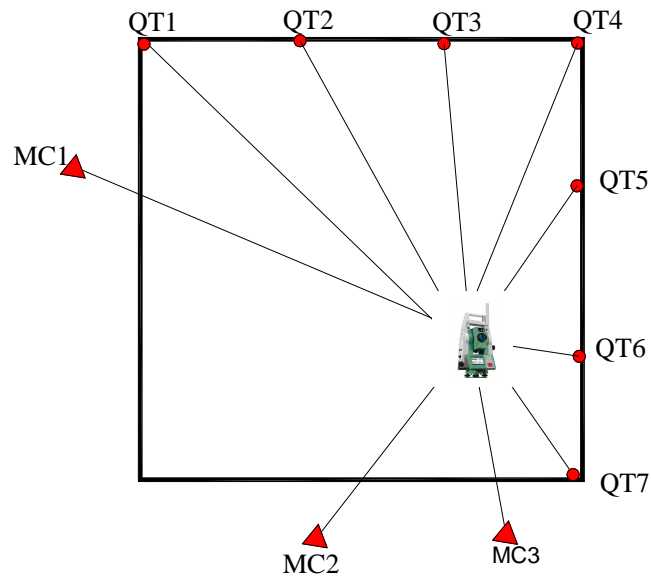
Từ tính năng của máy TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA như đã nêu ở trên. Khi chúng ta kết hợp chúng với nhau sẽ tạo nên một hệ thống quan trắc tự động. Quá trình quan trắc tự động bằng máy TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA được thực hiện như sau:

-
- The diagram illustrates the GOCA system architecture. At the center is a "Leica viva TS15" total station instrument. It is connected via solid lines to several "Điểm tham chiếu" (Reference points) around it. Dashed lines represent "Truyền dữ liệu" (Data transmission) from the Leica instrument to a "Bộ thu GOCA" (GOCA Receiver). The receiver is labeled "GOCA Receive". From the receiver, data is sent to a computer icon labeled "Trung tâm GOCA" (GOCA Center). The computer outputs "Thông tin liên lạc và phản ứng - Bộ điều khiển - Phần mềm, phần mềm phân tích độ biến dạng GOCA" (Communication and response information - Control unit - Software, analysis software for GOCA deformation). A feedback loop labeled "Cảnh báo" (Warning) goes from the computer back to the Leica instrument via "SMS, EMAIL, FAX". Other labels include "Điểm mục tiêu" (Target point), "Ref F", and "Refere Prir".

4. Thực nghiệm quan trắc tường vây nhà cao tầng bằng máy TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA

Để kiểm chứng lý thuyết ở trên chúng tôi đã tiến hành thực nghiệm quan trắc chuyển dịch tường vây của một công trình nhà cao tầng ở Hà Nội. Công trình có 2 tầng hầm, chu vi tường vây khoảng 480 m, chiều dày

tường vây là 0.8m, biện pháp thi công hố đào để thi công móng và tầng hầm là phương pháp đào mở. Sơ đồ quan trắc thực nghiệm như ở hình 4.



Hình 4. Sơ đồ thực nghiệm quan trắc chuyển dịch ngang tường vây bằng máy TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA

Trên hình 4: Trạm máy TĐĐT Leica viva TS15 được lắp đặt tại công trường (hình 5).

MC1, MC2, MC3: là 03 điểm tham chiếu nằm ngoài vùng chuyển dịch, được thiết kế theo kiểu định tâm bắt buộc.

QT1, QT2,..., QT7: Điểm quan trắc (điểm mục tiêu) là những gương phản xạ được gắn cố định vào tường vây.

Dữ liệu quan trắc từ trạm máy TĐĐT sẽ được truyền về máy tính có cài đặt phần mềm GOCA bằng Wireless thông qua bộ thu GOCA (Bộ thu GOCA và máy tính có cài đặt phần mềm GOCA được đặt tại văn phòng công trường, cách trạm máy khoảng 100m).



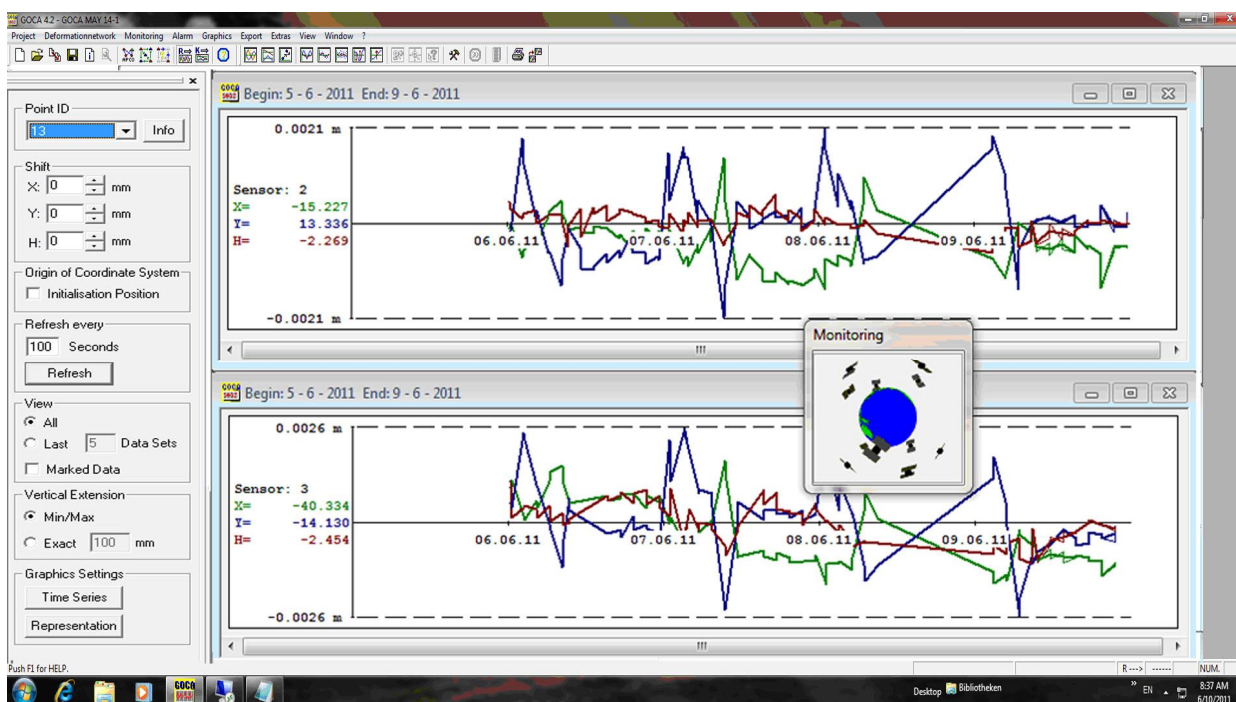
Hình 5. Trạm máy TĐĐT Leica viva TS15 tại công trường



Hình 6. Mốc tham chiếu

Sau khi toàn bộ công tác thiết lập trạm quan trắc tự động được hoàn thành, tiến hành thực nghiệm quan trắc với tần suất tự động đo lặp 120 phút.

Thu nhận và xử lý số liệu quan trắc: dữ liệu quan trắc được truyền về máy tính, sử dụng tính năng tự động xử lý số liệu của phần mềm GOCA sẽ cho chúng ta hình ảnh đồ thị biến dạng của điểm quan trắc gắn trên tường vây (hình 7).



Hình 7. Đồ thị thể hiện diễn biến chuyển dịch liên tục của điểm quan trắc theo thời gian

Từ đồ thị chuyển dịch của điểm quan trắc theo thời gian, chúng ta dễ dàng nhận thấy giá trị chuyển dịch ngang, lún lớn nhất theo thời gian. Trong phần mềm chúng ta cài đặt giá trị biến dạng giới hạn cho phép, khi giá trị chuyển dịch của điểm quan trắc nhận được có giá trị vượt quá giá trị giới hạn cho phép thì còi báo động sẽ kêu, đồng thời việc cảnh báo sẽ được tự động gửi đến những người phụ trách của đơn vị chủ quản công trình bằng SMS, EMAIL, FAX để có biện pháp xử lý kịp thời.



Hình 8. Đèn báo động khi dịch chuyển vượt quá giới hạn cho phép

5. Khảo sát độ chính xác quan trắc tường vây bằng phương pháp sử dụng máy TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA

Để kiểm chứng độ chính xác của phương pháp quan trắc tự động này chúng tôi đã đồng thời tiến hành quan trắc tại 07 vị trí của tường vây như ở hình 4 bằng 2 phương pháp (phương pháp sử dụng máy TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA với phương pháp trắc địa truyền thống) với 3 chu kỳ quan trắc. Cả hai phương pháp quan trắc đều sử dụng chung một hệ tọa độ có trục x và trục y song song với trục ngang và trục dọc của công trình (hệ tọa độ được chọn như vậy sẽ dễ dàng cho chúng ta biết là tại thời điểm quan trắc thì tường vây chuyển dịch vào trong hay chuyển dịch ra ngoài).

5.1 Kết quả quan trắc bằng máy TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA

Kết quả quan trắc chuyển dịch tường vây chu kỳ 1, 2 và 3 được trình bày ở bảng 2 và bảng 3.

Bảng 2. Tọa độ và độ cao của các điểm quan trắc bằng TĐĐT Leica viva TS 15 và phần mềm GOCA

STT	Tên điểm	Tọa độ, độ cao chu kỳ 01 (ngày 12.06.2011)			Tọa độ, độ cao chu kỳ 02 (ngày 19.06.2011)			Tọa độ, độ cao chu kỳ 03 (ngày 26.06.2011)		
		X (m)	Y (m)	H (m)	X (m)	Y (m)	H (m)	X (m)	Y (m)	H (m)
1	QT1	2112.6002	898.1038	6.7489	2112.6002	898.1038	6.7497	2112.6010	898.1022	6.7495
2	QT2	2112.8112	931.9048	6.6525	2112.8103	931.9037	6.6531	2112.8127	931.9055	6.6529
3	QT3	2112.7911	965.9000	6.7618	2112.7900	965.8986	6.7616	2112.7923	965.9007	6.7610
4	QT4	2112.6998	1000.1552	6.6740	2112.7010	1000.1546	6.6742	2112.7004	1000.1558	6.6739
5	QT5	2075.3963	999.7623	6.7042	2075.3955	999.7607	6.7046	2075.3935	999.7629	6.7046
6	QT6	2037.5945	1000.1991	6.7310	2037.5920	1000.1979	6.7315	2037.5926	1000.1979	6.7306
7	QT7	1999.8209	999.7288	6.5469	1999.8218	999.7296	6.5471	1999.8184	999.7303	6.5464

Bảng 3. Bảng tính độ dịch chuyển của các điểm quan trắc bằng TĐĐT Leica viva TS 15 và phần mềm GOCA

STT	Tên điểm	Độ dịch chuyển chu kỳ 02 so với chu kỳ 01			Độ dịch chuyển chu kỳ 03 so với chu kỳ 02			Độ dịch chuyển chu kỳ 03 so với chu kỳ 01		
		QX (mm)	QY (mm)	QH (mm)	QX (mm)	QY (mm)	QH (mm)	QX (mm)	QY (mm)	QH (mm)
1	QT1	0.0	0.0	0.8	0.8	-1.6	-0.2	0.8	-1.6	0.6
2	QT2	-0.9	-1.1	0.6	2.4	1.8	-0.2	1.5	0.7	0.4
3	QT3	-1.1	-1.4	-0.2	2.3	2.1	-0.6	1.2	0.7	-0.8
4	QT4	1.2	-0.6	0.2	-0.5	1.2	-0.3	0.6	0.6	-0.1
5	QT5	-0.8	-1.6	0.4	-2.0	2.2	0.0	-2.8	0.6	0.4
6	QT6	-2.5	-1.2	0.5	0.6	0.0	-0.8	-1.9	-1.2	-0.4
7	QT7	0.9	0.8	0.2	-3.3	0.8	-0.7	-2.5	1.5	-0.5

5.2 Kết quả quan trắc bằng phương pháp trắc địa truyền thống

Để sử dụng phương pháp trắc địa truyền thống tiến hành gắn mốc quan trắc sát vị trí quan trắc tự động (tên điểm quan trắc vẫn sử dụng chung tên QT1, QT2,..., QT7 để tiện so sánh).

Phương pháp truyền thống được thực hiện như sau: Dùng máy toàn đạc điện tử TC1800 (độ chính xác đo góc là 1", độ chính xác đo cạnh là 1+2ppm) đo nối các mốc quan trắc với các mốc chuẩn tạo thành mạng lưới đo góc cạnh hỗn hợp. Tính toán bình sai mạng lưới sau mỗi chu kỳ đo. Sai số vị trí điểm lớn nhất sau bình sai trong 3 chu kỳ là 2.6mm.

Độ cao của các mốc quan trắc này được xác định bằng thủy chuẩn hình học theo phương pháp đo lún hạng II (sai số độ cao của điểm quan trắc sau bình sai lớn nhất là 0.3mm).

Kết quả quan trắc chuyển dịch tường vây chu kỳ 1, 2 và 3 được trình bày ở bảng 4 và bảng 5 (số liệu tọa độ và độ cao trong bảng 4 và bảng 5 được đảm bảo là xác định trong hệ thống mốc chuẩn ổn định).

Bảng 4. Tọa độ và độ cao của các điểm quan trắc bằng phương pháp truyền thống

STT	Tên điểm	Tọa độ, độ cao chu kỳ 01 (ngày 12.06.2011)			Tọa độ, độ cao chu kỳ 02 (ngày 19.06.2011)			Tọa độ, độ cao chu kỳ 03 (ngày 26.06.2011)		
		X (m)	Y (m)	H (m)	X (m)	Y (m)	H (m)	X (m)	Y (m)	H (m)
1	QT1	2112.7697	898.2234	6.8634	2112.7699	898.2216	6.8631	2112.7719	898.2200	6.8633
2	QT2	2112.8427	931.9948	6.6621	2112.8438	931.9938	6.6611	2112.8454	931.9943	6.6610
3	QT3	2112.7754	965.9944	6.6805	2112.7769	965.9933	6.6794	2112.7803	965.9929	6.6796

4	QT4	2112.6484	1000.0052	6.6545	2112.6459	1000.0065	6.6533	2112.6455	1000.0066	6.6534
5	QT5	2075.3041	999.9525	6.6833	2075.3037	999.9542	6.6821	2075.3033	999.9547	6.6822
6	QT6	2037.4469	1000.1096	6.7201	2037.4464	1000.1095	6.7189	2037.4467	1000.1135	6.7191
7	QT7	1999.9973	999.9998	6.8956	1999.9956	999.9989	6.8950	1999.9973	999.9991	6.8952

Bảng 5. Bảng tính độ dịch chuyển của các điểm quan trắc bằng phương pháp truyền thống

STT	Tên điểm	Độ dịch chuyển chu kỳ 02 so với chu kỳ 01			Độ dịch chuyển chu kỳ 03 so với chu kỳ 02			Độ dịch chuyển chu kỳ 03 so với chu kỳ 01		
		QX (mm)	QY (mm)	QH (mm)	QX (mm)	QY (mm)	QH (mm)	QX (mm)	QY (mm)	QH (mm)
1	QT1	0.2	-1.8	-0.3	2.0	-1.6	0.2	2.2	-3.4	-0.2
2	QT2	1.1	-1.0	-1.0	1.6	0.5	-0.1	2.7	-0.5	-1.1
3	QT3	1.5	-1.1	-1.1	3.4	-0.4	0.2	4.9	-1.5	-0.9
4	QT4	-2.5	1.3	-1.2	-0.4	0.1	0.1	-2.9	1.4	-1.1
5	QT5	-0.4	1.7	-1.2	-0.4	0.5	0.1	-0.8	2.2	-1.1
6	QT6	-0.5	-0.1	-1.2	0.3	4.0	0.2	-0.2	3.9	-1.0
7	QT7	-1.7	-0.9	-0.6	1.7	0.2	0.2	0.0	-0.7	-0.4

5.3 So sánh độ chính xác của hai phương pháp

Từ các giá trị chuyển dịch của các điểm quan trắc ở bảng 3 và bảng 5, chúng tôi tiến hành so sánh giá trị chuyển dịch của hai phương pháp quan trắc. Kết quả so sánh được đưa ra ở bảng 6 và bảng 7.

Bảng 6. Kết quả so sánh giá trị dịch chuyển của hai phương pháp quan trắc (ở thời điểm đo chu kỳ 02)

STT	Tên điểm	Độ dịch chuyển theo phương pháp truyền thống (chu kỳ 02 so với chu kỳ 01)			Độ dịch chuyển theo phương pháp đo tự động bằng máy TĐĐT Leica viva TS15 (chu kỳ 02 so với chu kỳ 01)			Độ lệch giá trị chuyển dịch ở chu kỳ 02		
		QX (mm)	QY (mm)	QH (mm)	QX (mm)	QY (mm)	QH (mm)	$ \Delta Q_x $ (mm)	$ \Delta Q_y $ (mm)	$ \Delta Q_h $ (mm)
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7=1-4)	(8=2-5)	(9=3-6)
1	QT1	0.2	-1.8	-0.3	0.0	0.0	0.8	0.2	1.8	1.1
2	QT2	1.1	-1.0	-1.0	-0.9	-1.1	0.6	2.0	0.1	1.6
3	QT3	1.5	-1.1	-1.1	-1.1	-1.4	-0.2	2.6	0.3	0.9
4	QT4	-2.5	1.3	-1.2	1.2	-0.6	0.2	3.7	1.9	1.4
5	QT5	-0.4	1.7	-1.2	-0.8	-1.6	0.4	0.4	3.3	1.6
6	QT6	-0.5	-0.1	-1.2	-2.5	-1.2	0.5	2.0	1.1	1.7
7	QT7	-1.7	-0.9	-0.6	0.9	0.8	0.2	2.6	1.7	0.8

Bảng 7. Kết quả so sánh giá trị dịch chuyển của hai phương pháp quan trắc (ở thời điểm đo chu kỳ 03)

STT	Tên điểm	Độ dịch chuyển theo phương pháp truyền thống (chu kỳ 03 so với chu kỳ 01)			Độ dịch chuyển theo phương pháp đo tự động bằng máy TĐĐT Leica viva TS15 (chu kỳ 03 so với chu kỳ 01)			Độ lệch giá trị chuyển dịch ở chu kỳ 03		
		QX (mm)	QY (mm)	QH (mm)	QX (mm)	QY (mm)	QH (mm)	$ \Delta Q_x $ (mm)	$ \Delta Q_y $ (mm)	$ \Delta Q_h $ (mm)
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7=1-4)	(8=2-5)	(9=3-6)
1	QT1	2.2	-3.4	-0.2	0.8	-1.6	0.6	1.4	1.8	0.8
2	QT2	2.7	-0.5	-1.1	1.5	0.7	0.4	1.2	1.2	1.5
3	QT3	4.9	-1.5	-0.9	1.2	0.7	-0.8	3.7	2.2	0.1
4	QT4	-2.9	1.4	-1.1	0.6	0.6	-0.1	3.5	0.8	1.0
5	QT5	-0.8	2.2	-1.1	-2.8	0.6	0.4	2.0	1.6	1.5
6	QT6	-0.2	3.9	-1.0	-1.9	-1.2	-0.4	1.7	2.7	0.6
7	QT7	0.0	-0.7	-0.4	-2.5	1.5	-0.5	2.5	2.2	0.1

Từ kết quả ở bảng 6 và bảng 7 nhận thấy, sự sai khác giữa giá trị chuyển dịch của phương pháp truyền thống so với phương pháp quan trắc tự động bằng máy TĐĐT Leica viva TS15 là tương đối nhỏ (theo hướng trục X lớn nhất là 3.7mm, theo hướng trục Y lớn nhất là 1.6mm, theo hướng trục H lớn nhất là 1.7mm).

Căn cứ vào sai số vị trí điểm, sai số độ cao điểm lớn nhất sau bình sai của các điểm trong phương pháp truyền thống như đã nêu ở trên thì giá trị chuyển dịch của các điểm quan trắc bằng phương pháp truyền thống vẫn nằm trong sai số giới hạn của sai số đo. Mặt khác, cũng có thể thấy rằng đa số giá trị chuyển dịch của các điểm quan trắc theo phương pháp tự động nhỏ hơn giá trị chuyển dịch của các điểm quan trắc theo phương pháp truyền thống. Do đó, độ lệch giá trị chuyển dịch của hai phương pháp vẫn nằm trong sai số giới hạn của sai số đo bằng phương pháp truyền thống.

Theo lý lịch của máy TĐĐT Leica viva TS15 và kết quả quan trắc thu được ở trên thì giá trị chuyển dịch của các điểm quan trắc bằng phương pháp tự động có mức độ tin cậy cao do đã loại trừ được sai số định tâm máy và định tâm gương trong phương pháp truyền thống. Phương pháp quan trắc tự động bằng máy TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA hoàn toàn đáp ứng được độ chính xác yêu cầu $\pm 1.0\text{mm}$.

6. Kết luận

Qua quá trình khảo sát lý thuyết và tiến hành thực nghiệm quan trắc chuyển dịch ngang tường vây nhà cao tầng bằng TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA, chúng tôi rút ra một số kết luận như sau:

- Quá trình sử dụng máy TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA sẽ tạo thành một hệ thống quan trắc tự động. Hệ thống quan trắc tự động này có nhiều ưu điểm nổi trội hơn so với công nghệ truyền thống, đó là: Độ chính xác rất cao ($\pm 1\text{mm}$ hoặc nhỏ hơn), thời gian cung cấp kết quả nhanh nhất, cung cấp được nhiều thông tin nhất, giảm thiểu tối đa các nguồn sai số đo và tính toán do yếu tố chủ quan của con người;

- Hệ thống quan trắc tự động bằng TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA đã khắc phục được nhiều nhược điểm mà công nghệ truyền thống không thể đáp ứng được;

- Hệ thống quan trắc tự động bằng TĐĐT Leica viva TS15 và phần mềm GOCA hoàn toàn có thể sử dụng để tự động quan trắc chuyển dịch ngang tường vây nhà cao tầng, hệ thống quan trắc này hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu về tiến độ và độ chính xác đề ra (độ chính xác quan trắc đạt đến $\pm 1.0\text{mm}$).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. CHANGLIN LUO. "Teaching of Automatic Measurement with Georobot". *School of Geodesy and Geomatics Wuhan University, May 15th, 2007.*
2. ERIC TANG, VINCENT LUI and ANDREW WONG. "Application of Automatic Deformation Monitoring System for Hong Kong Railway Monitoring". *Strategic Integration of Surveying Services, FIG Working Week 2007. Hong Kong SAR, China, 13-17 May 2007.*
3. Department of Geodesy and Geomatics Engineering University of New Brunswick, Canada. "Development of a semi – Automated system for structural deformation monitoring using a reflectorless total station". *January, 2008.*
4. Công ty TNHH Thế giới kỹ thuật. Giới thiệu, thí nghiệm quan trắc biến dạng bằng máy TĐĐT Leica viva TS15.
5. www.GOCA.info