

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

Khoa: Trắc địa – Bản đồ và Quản lý đất đai

BÁO CÁO HỌC THUẬT

NĂM HỌC 2024-2025

Học kỳ 1

**NGHIÊN CỨU PHƯƠNG ÁN XỬ LÝ SỐ LIỆU QUAN TRẮC
CHUYỂN DỊCH NGANG TUYẾN ĐẬP CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN
BẰNG CÔNG NGHỆ TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ TỰ ĐỘNG**

Người báo cáo: PGS.TS Lê Đức Tình

Đơn vị: Bộ môn Trắc địa công trình

HÀ NỘI- 12/2024

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

BÁO CÁO HỌC THUẬT

NĂM HỌC 2025-2025

Kỳ 1-12/2024

**NGHIÊN CỨU PHƯƠNG ÁN XỬ LÝ SỐ LIỆU QUAN TRẮC
CHUYỂN DỊCH NGANG TUYẾN ĐẬP CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN
BẰNG CÔNG NGHỆ TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ TỰ ĐỘNG**

Phòng KHCN

Bộ môn

Người báo cáo

PGS.TS Lê Đức Tình

HÀ NỘI, 2024

MỤC LỤC

Trang

TRANG BÌA PHỤ	
LỜI CAM ĐOAN.....	1
MỤC LỤC.....	2
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	7
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ.....	8
MỞ ĐẦU.....	11
Chương 1. YÊU CẦU KỸ THUẬT QUAN TRẮC BIẾN DẠNG CÁC CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN.....	14
1.1. Đặc điểm cấu trúc công trình thủy điện.....	14
1.1.1. Tuyến áp lực.....	14
1.1.2. Hồ chứa.....	15
1.1.3. Hệ thống dẫn nước.....	15
1.1.4. Nhà máy thủy điện.....	15
1.2. Khái niệm chung chuyển dịch biến dạng công trình.....	16
1.2.1. Khái niệm về chuyển dịch và biến dạng công trình.....	16
1.2.2. Nguyên nhân gây ra chuyển dịch biến dạng công trình.....	17
1.2.3. Mục đích và nhiệm vụ quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình....	17
1.2.4. Độ chính xác và chu kỳ quan trắc.....	18
1.3. Nguyên tắc thực hiện quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình bằng phương pháp trắc địa.....	20
1.3.1. Nguyên tắc chung.....	20
1.3.2. Quan trắc chuyển dịch ngang công trình.....	21
1.3.3. Phân tích đánh giá các phương pháp thành lập lưới khống chế quan trắc chuyển dịch ngang công trình.....	22
1.4. Tổng quan về quan trắc các công trình thủy điện ở Việt Nam.....	24
1.4.1. Quan trắc biến dạng công trình thủy điện Thác Bà.....	24

1.4.2. Quan trắc biến dạng công trình thủy điện Yaly.....	26
---	----

Chương 2. HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG QUAN TRẮC BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN.....	29
--	----

2.1. Đặc điểm cấu trúc của hệ thống quan trắc tự động.....	29
--	----

2.1.1. Hợp phần thu thập số liệu.....	30
---------------------------------------	----

2.1.2. Hợp phần xử lý số liệu.....	31
------------------------------------	----

2.1.3. Hợp phần phân tích thông tin và cảnh báo.....	31
--	----

2.2. Máy toàn đạc điện tử.....	32
--------------------------------	----

2.3. Hệ thống Sensor địa kỹ thuật.....	34
--	----

2.3.1. Cảm biến nhiệt độ.....	34
-------------------------------	----

2.3.2. Cảm biến ứng suất.....	35
-------------------------------	----

2.3.3. Cảm biến độ nghiêng.....	36
---------------------------------	----

2.4. Hệ thống phần mềm quan trắc.....	38
---------------------------------------	----

2.4.1. Modul DATA COLLECTOR.....	38
----------------------------------	----

2.4.2 Modul DATA LOGGER.....	39
------------------------------	----

2.4.3 Modul DATA RECEIVER.....	39
--------------------------------	----

2.4.4. Modul DEFOMATION MONITOR.....	40
--------------------------------------	----

2.4.5. Modul DEVICE MANAGER.....	41
----------------------------------	----

2.4.6. Modul DISKWATCH.....	41
-----------------------------	----

2.4.7. Modul ALARM MANAGER.....	42
---------------------------------	----

2.4.8. Modul GEOTECH MONITOR.....	43
-----------------------------------	----

2.4.9. Modul GKA STORAGE.....	43
-------------------------------	----

2.4.10. Modul INSTRUMENT MANAGER.....	43
---------------------------------------	----

2.4.11. Modul REPORT GENERATOR.....	44
-------------------------------------	----

2.4.12. Modul TEMPERATURE SENSOR.....	44
---------------------------------------	----

2.4.13. Modul TERRESTRIAL ENGINE RT.....	44
--	----

2.5. Lắp đặt hệ thống.....	45
----------------------------	----

2.5.1. Thiết bị cho một trạm máy chủ (Base).....	45
--	----

2.5.2. Lắp đặt hệ thống	45
Chương 3. THIẾT KẾ XÂY DỰNG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG QUAN TRẮC TẠI CÁC CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN	49
3.1. Thiết kế hệ thống lưới quan trắc chuyển dịch ngang.....	49
3.1.1. Nguyên tắc xây dựng lưới quan trắc chuyển dịch ngang công trình....	49
3.1.2. Nguyên tắc thiết kế lưới.....	50
3.1.3. Yêu cầu độ chính xác các bậc lưới	51
3.2. Kết cấu mốc quan trắc chuyển dịch ngang.....	53
3.2.1. Kết cấu mốc khống chế cơ sở.....	53
3.2.2. Kết cấu mốc quan trắc	55
3.3. Thành lập lưới mặt bằng quan trắc chuyển dịch ngang công trình.....	55
3.3.1. Lưới khống chế cơ sở.....	55
3.3.2. Lưới quan trắc.....	57
3.4. Xây dựng lưới mặt bằng quan trắc chuyển dịch ngang ứng với ứng dụng hệ thống quan trắc tự động.....	62
3.4.1. Phương pháp quan trắc từ một trạm máy.....	62
3.4.2. Phương pháp quan trắc từ nhiều trạm máy.....	63
3.5. Ước tính độ chính xác lưới quan trắc.....	65
3.6. Khảo sát vị trí đặt trạm máy chủ.....	67
Chương 4. THIẾT KẾ LẮP ĐẶT HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG QUAN TRẮC CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN YALI.....	70
4.1. Giới thiệu chung về công trình thực nghiệm.....	70
4.1.1. Đặc điểm kết cấu của công trình thủy điện Yaly	70
4.1.2. Yêu cầu kỹ thuật quan trắc.....	72
4.2. Hệ thống lưới mặt bằng quan trắc dịch chuyển ngang công trình.....	73
4.2.1. Thiết kế các bậc lưới.....	73
4.2.2. Yêu cầu độ chính xác các cấp lưới.....	74

4.3. Thành lập lưới không chế cơ sở.....	75
4.3.1. Phương án xây dựng lưới theo công nghệ truyền thống	75
4.3.2. Phương án xây dựng lưới theo công nghệ quan trắc tự động.....	77
4.4. Thành lập lưới quan trắc.....	78
4.4.1. Phương án xây dựng lưới theo công nghệ truyền thống.....	78
4.4.2. Phương án xây dựng lưới theo công nghệ quan trắc tự động.....	79
4.4.3. Nhận xét các phương án xây dựng lưới.....	81
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	82
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	84
PHỤ LỤC.....	85
Phụ lục 1. Thành quả tính toán thiết kế lưới mặt bằng – Lưới quan trắc đập thủy điện – P.A 1.....	86
Phụ lục 2. Thành quả tính toán thiết kế lưới mặt bằng – Lưới quan trắc đập thủy điện – P.A 2.....	90
Phụ lục 3. Thành quả tính toán thiết kế lưới mặt bằng – Lưới quan trắc đập thủy điện – P.A3.....	94
Phụ lục 4. Thành quả tính toán thiết kế lưới mặt bằng – Lưới không chế cơ sở - Phương án hiện tại.....	98
Phụ lục 5. Thành quả tính toán thiết kế lưới mặt bằng – Lưới không chế cơ sở - Phương án quan trắc tự động.....	103
Phụ lục 6. Thành quả tính toán thiết kế lưới mặt bằng – Lưới quan trắc tuyến đỉnh đập - Phương án hiện tại.....	106
Phụ lục 7. Thành quả tính toán thiết kế lưới mặt bằng – Lưới quan trắc tuyến đỉnh đập - Phương án quan trắc tự động.....	111

DANH MỤC CÁC BẢNG

Số TT	Tên bảng	Nội dung	Trang
1	Bảng 1.1	Yêu cầu độ chính xác quan trắc chuyển dịch công trình	19
2	Bảng 3.1	So sánh độ chính xác vị trí điểm của 3 phương án	69
3	Bảng 4.1	Kết quả ước tính lưới cơ sở	76
4	Bảng 4.2	Kết quả ước tính độ chính xác lưới cơ sở quan trắc tự động	78
5	Bảng 4.3	Kết quả ước tính độ chính xác lưới quan trắc trên tuyến	79
6	Bảng 4.4	Kết quả ước tính độ chính xác vị trí điểm quan trắc tự động	80

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Số TT	Tên hình vẽ	Nội dung	Trang
1	Hình 1.1	Đập dâng và tràn công trình thủy điện	15
2	Hình 1.2	Tháp điều áp, ống áp lực và nhà máy công trình thủy điện	16
3	Hình 1.3	Chuyển dịch công trình	21
4	Hình 1.4	Sơ đồ lưới không chế cơ sở công trình thủy điện Thác Bà	25
5	Hình 1.5	Sơ đồ lưới không chế cơ sở công trình thủy điện Yaly	27
6	Hình 2.1	Máy toàn đạc điện tử Trimble S8	32
7	Hình 2.2	Các loại gương dùng trong quan trắc đập	34
8	Hình 2.3	Cảm biến nhiệt độ cổng Serial	35
9	Hình 2.4	Cảm biến ứng suất dây rung	36
10	Hình 2.5	Cảm biến độ nghiêng đứng	36
11	Hình 2.6	Cảm biến độ nghiêng nằm ngang	37
12	Hình 2.7	Đầu đọc số liệu cảm biến	37
13	Hình 2.8	Giao diện Modul Data Collector	38
14	Hình 2.9	Giao diện Modul Data Logger	39
15	Hình 2.10	Giao diện Modul Data Receiver	40
16	Hình 2.11	Giao diện Modul Deformation Monitor	41
17	Hình 2.12	Giao diện Modul Disk Watch	42
18	Hình 2.13	Giao diện Modul Alarm Manager	43
19	Hình 2.14	Giao diện Modul Temperature Sensor	44

20	Hình 2.15	Giao diện Modul TERRESTRIAL ENGINE RT	45
21	Hình 2.16	Trạm máy chủ (Base)	46
22	Hình 2.17	Máy toàn đạc và các bộ phận truyền dẫn	46
23	Hình 2.18	Sơ đồ liên kết tại trạm xử lý trung tâm	47
24	Hình 3.1	Sơ đồ lưới cơ sở, lưới quan trắc một công trình thủy điện	50
25	Hình 3.2	Bản vẽ kết cấu móng cơ sở	54
26	Hình 3.3	Hình ảnh móng cột bê tông ống sắt tại công trình thủy điện	54
27	Hình 3.4	Móng quan trắc dạng cột bê tông ống	55
28	Hình 3.5	Lưới tam giác trong quan trắc chuyển dịch ngang	58
29	Hình 3.6	Sơ đồ lưới quan trắc trong phương pháp đa giác	58
30	Hình 3.7	Sơ đồ lưới quan trắc theo phương pháp giao hội	59
31	Hình 3.8	Khái niệm về hướng chuẩn	60
32	Hình 3.9	Xác định chuyển dịch ngang theo hướng chuẩn	61
33	Hình 3.10	Phương pháp tọa độ cực	62
34	Hình 3.11	Đồ hình giao hội	63
35	Hình 3.12	Hướng đo trên trạm máy	65
36	Hình 3.13	Góc đo trên trạm máy	66
37	Hình 3.14	Trị đo cạnh	66
38	Hình 3.15	Sơ đồ lưới quan trắc theo phương pháp giao	68

		hội	
39	Hình 4.1	Toàn cảnh nhà máy thủy điện Yaly	70
40	Hình 4.2	Lưới quan trắc mặt bằng thủy điện Yaly	72
41	Hình 4.3	Hình ảnh móc cơ sở cột sắt định tâm bắt buộc	73
42	Hình 4.4	Sơ đồ lưới khống chế quan trắc ngang thủy điện Yaly	76
43	Hình 4.5	Sơ đồ thiết kế lưới cơ sở quan trắc tự động	77
44	Hình 4.6	Sơ đồ lưới quan trắc bằng phương pháp giao hội	78
45	Hình 4.7	Sơ đồ thiết kế lưới quan trắc tự động từ 2 máy chủ (Base)	80

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Việt Nam hiện là thành viên của Hội đập lớn quốc tế với nhiều nhà máy thủy điện đã, đang và sẽ được đưa vào sử dụng, đáp ứng nhu cầu năng lượng ngày càng tăng của quốc gia. Công tác quan trắc biến dạng công trình thủy điện được thực hiện ngay sau khi công trình hoàn thành và đi vào sử dụng. Hiện tại ở nước ta công tác quan trắc chủ yếu sử dụng công nghệ đo truyền thống với chu kỳ theo tháng, năm hoặc quý.

Công nghệ quan trắc biến dạng đập thủy điện tự động hiện đã được một số nước trên thế giới áp dụng, tuy nhiên đối với Việt Nam thì công nghệ này vẫn còn là điều mới mẻ. Công nghệ đo đạc tự động cho phép quan trắc công trình thủy điện liên tục 24/24 giờ bằng máy toàn đạc điện tử. Phần mềm trên máy tính sẽ tính toán, xuất kết quả quan trắc trong thời gian thực và đưa ra những cảnh báo cho người quản lý theo các giao thức như: báo động, thư điện tử, tin nhắn ...

2. Mục đích nghiên cứu

- Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc của hệ thống quan trắc tự động công trình thủy điện, và khả năng lắp đặt hệ thống này trong điều kiện Việt Nam.
- Khảo sát lắp đặt hệ thống quan trắc tự động đối với một công trình thực tế. Phân tích đánh giá các phương án lắp đặt cho công trình này.
- Kết quả của đề tài sẽ được áp dụng vào thực tế sản xuất, góp phần nâng cao chất lượng xây dựng và quá trình theo dõi vận hành các công trình thủy điện ở Việt Nam.

3. Nhiệm vụ của đề tài

- Khảo sát nguyên lý hoạt động, đặc điểm cấu trúc và điều kiện lắp đặt của hệ thống quan trắc tự động bằng máy toàn đạc điện tử Trimble S8.
- Xác định quy trình vận hành hệ thống. Khảo sát đánh giá các phương án lắp đặt và phạm vi ứng dụng của hệ thống để quan trắc biến dạng dịch chuyển ngang công trình thủy điện.
- Thực nghiệm khảo sát thiết kế lắp đặt hệ thống quan trắc tự động đối với

một công trình thủy điện ở thực tế.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Khảo sát, đánh giá độ chính xác phương án lắp đặt trạm máy chủ tại thủy điện Yaly.

5. Nội dung nghiên cứu

Nghiên cứu hệ thống thiết bị, phần mềm dùng cho quan trắc tự động chuyển dịch công trình.

Nghiên cứu về lưới không chế cơ sở dùng trong quan trắc truyền thống và lưới dùng cho quan trắc tự động.

Nghiên cứu về lưới quan trắc và vị trí lắp đặt trạm máy chủ.

6. Phương pháp nghiên cứu

Báo cáo sử dụng phương pháp nghiên cứu dựa trên cơ sở lý thuyết để giải quyết các vấn đề khảo sát bố trí lưới quan trắc chuyển dịch ngang.

Khảo sát lý thuyết công tác thành lập lưới không chế cơ sở, lưới quan trắc chuyển dịch ngang tuyến đập làm cơ sở cho thiết kế hệ thống quan trắc tự động.

7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Khảo sát việc xây dựng hệ thống lưới mặt bằng quan trắc chuyển dịch ngang các tuyến đập thủy điện trên mô hình các công trình thủy điện tại Việt Nam, kết quả thực nghiệm đã góp phần minh chứng, làm rõ hơn cho nội dung khảo sát lý thuyết và bước đầu đã chứng tỏ khả năng ứng dụng hệ thống quan trắc tự động vào mục đích quan trắc các công trình thủy điện.

Chương 1

YÊU CẦU KỸ THUẬT QUAN TRẮC BIẾN DẠNG

CÁC CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN

1.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN

Việc khai thác năng lượng của các dòng chảy rất đa dạng và phong phú, trên các dòng sông người ta tiến hành ngăn dòng, đắp đập dâng nước tạo ra các hồ chứa và chênh cao cột nước để xây dựng các nhà máy thủy điện. Tại những dòng sông lớn, khi xây dựng thủy điện khu vực tuyến đập còn xây dựng các âu thuyền, bến cảng đảm bảo giao thông và vận tải hàng hóa. Cấu trúc của công trình thủy điện bao gồm các hạng mục cơ bản sau:

- Tuyến áp lực gồm có: đập dâng, đập tràn, kênh dẫn (hầm dẫn) dòng...
- Tuyến năng lượng gồm có: cửa nhận nước, hầm dẫn nước, tháp điều áp, đường ống áp lực...

- Nhà máy: gồm các tổ máy phát điện.

Ngoài ra còn có trạm biến áp, trạm phân phối điện, đường dây tải điện...

1.1.1. Tuyến áp lực

Nguyên tắc hoạt động của nhà máy thủy điện là dựa vào năng lượng của dòng nước chảy gồm hai thành phần chính là: cột nước (H) và lưu lượng dòng chảy (dung tích hồ chứa) $Q=f(H)$. Công suất của nhà máy được tính theo công thức:

$$N=9.81*\eta*Q*H \quad (1.1)$$

Trong đó η là hệ số tổn thất.

Từ (1.1) ta thấy công suất nhà máy tỷ lệ thuận với chênh cao cột nước và dung tích hồ chứa, Như vậy muốn nâng cao cột nước và tăng dung tích hồ chứa cần phải xây dựng đập ngăn sông. Đây là một trong những hạng mục chính của một nhà máy thủy điện.

Khi đã có hồ chứa với mỗi công trình thủy điện bao giờ cũng phải xây dựng tuyến tràn để xả lũ.



Hình 1.1. Đập dâng và tràn công trình thủy điện

1.1.2. Hồ chứa

Việc xây dựng tuyến đập thủy điện sẽ tạo ra hồ chứa nước ở phía thượng lưu. Nhiệm vụ chính của hồ chứa là tích nước và điều tiết lưu lượng đến và lưu lượng xả khi có lũ.

1.1.3. Hệ thống dẫn nước

Hệ thống này gồm: Cửa nhận nước, kênh (hầm) dẫn, tháp điều áp và đường ống áp lực. Tùy theo điều kiện địa hình và địa chất để xây dựng hệ thống dẫn nước dạng kênh hay hầm dẫn nước đi theo tuyến ngắn nhất tới tháp điều áp để đổ vào đường ống áp lực dẫn vào nhà máy theo thiết kế đã chọn.

1.1.4. Nhà máy thủy điện

Là tổ hợp máy móc thiết bị thủy lực, điện bao gồm: tuốc bin, ống dẫn, ống xả, cổ góp điện, bộ chia điện, bảng điều khiển... nhằm biến thủy năng thành điện năng. Có các kiểu nhà máy ngầm, nhà máy hở bố trí sau đập và bố trí kiểu đường dẫn...



Hình 1.2. Tháp điều áp, ống áp lực và nhà máy công trình thủy điện

1.2. KHÁI NIỆM CHUNG CHUYỂN DỊCH BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH

1.2.1. Khái niệm về chuyển dịch và biến dạng công trình

Dưới sự tác động của các yếu tố tự nhiên và nhân tạo mà trong quá trình thi công cũng như vận hành thi công công trình đều có thể bị chuyển dịch và biến dạng. Có thể hiểu vấn đề này như sau:

Chuyển dịch công trình là sự thay đổi vị trí công trình trong không gian theo thời gian so với vị trí ban đầu của nó. Dựa vào phương chuyển dịch công trình mà có thể chia chuyển dịch công trình ra làm hai loại:

- Chuyển dịch theo phương thẳng đứng gọi là độ trôi lún.
- Chuyển dịch trong mặt phẳng nằm ngang gọi là chuyển dịch ngang.

Biến dạng công trình là sự thay đổi hình dạng, kích thước của công trình so với trạng thái ban đầu của nó. Các biểu hiện dạng thường gặp là sự cong vênh, vết rạn nứt...

1.2.2. Nguyên nhân gây ra chuyển dịch biến dạng công trình

Dựa vào yếu tố tác động đến công trình mà có thể chia nguyên nhân gây ra

chuyển dịch biến dạng công trình ra làm hai nhóm:

- Nhóm nguyên nhân do yếu tố tự nhiên: do tính chất của lớp đất đá dưới nền móng công trình, các hiện tượng địa chất công trình, địa chất thủy văn; sự thay đổi theo mùa của chế độ thủy văn như nước mặn, nước ngầm...

- Nhóm nguyên nhân do yếu tố nhân tạo: sự gia tăng tải trọng của công trình trong quá trình xây dựng; sự thay đổi tính chất cơ lý của các lớp đất đá dưới nền móng công trình do việc thi công các công trình ngầm dưới móng.

- Xử lý số liệu quan trắc, tính toán các thông số chuyển dịch biến dạng công trình.

1.2.3. Mục đích và nhiệm vụ quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình

Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình nhằm mục đích xác định mức độ chuyển dịch biến dạng, nghiên cứu tìm nguyên nhân gây ra các chuyển dịch biến dạng, từ đó có biện pháp xử lý, đề phòng các tai biến có thể xảy ra trong quá trình xây dựng và sử dụng công trình, cụ thể là:

- Xác định giá trị chuyển dịch biến dạng tại thời điểm quan trắc để đánh giá mức độ ổn định của công trình.

- Sử dụng các kết quả quan trắc để kiểm tra các tính toán trong giai đoạn thiết kế công trình.

- Xác định các loại biến dạng có khả năng ảnh hưởng đến quá trình vận hành công trình để đề ra chế độ sử dụng và khai thác công trình một cách hợp lý.

Để quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình cần khai thác các nhiệm vụ cụ thể sau:

- Xác định nhiệm vụ kỹ thuật, khái quát về công trình, điều kiện tự nhiên và chế độ vận hành công trình.

- Lập hồ sơ phân bố các mốc khống chế và mốc quan trắc.

- Thiết kế sơ đồ quan trắc.

- Xác định yêu cầu độ chính xác và chu kỳ quan trắc ở những giai đoạn khác nhau.

- Phương pháp và phương tiện dùng trong quan trắc.
- Đo đạc ngoại nghiệp.
- Xử lý số liệu quan trắc, tính toán các thông số chuyển dịch và biến dạng công trình.

1.2.4. Độ chính xác và chu kỳ quan trắc

1. Yêu cầu độ chính xác

Việc xác định yêu cầu độ chính xác quan trắc một cách hợp lý là một trong những yêu cầu và nhiệm vụ quan trọng ngay từ khi lập đề cương thiết kế quan trắc. Điều đó mang ý nghĩa sâu sắc về mặt kinh tế và kỹ thuật. Mục tiêu đặt ra làm sao vừa phải đảm bảo phát hiện và xác định được lượng chuyển dịch, vừa phải tiết kiệm tối đa trong vấn đề kinh tế. Mâu thuẫn ở đây là, độ chính xác cần thiết quan trắc được đề ra ngay từ khi lập đề cương quan trắc một số chu kỳ, từ đó mới có thể đề ra được độ chính xác quan trắc hợp lý. Vì vậy cần đưa ra yêu cầu về độ chính xác quan trắc theo hai giai đoạn:

- *Giai đoạn đầu của quá trình thi công xây dựng.*

Ở giai đoạn này, yêu cầu độ chính xác được xác định dựa vào tính cơ lý của nền móng và đặc điểm kết cấu của các loại công trình. Do vậy, độ chính xác quan trắc chuyển dịch công trình được quy định như trong bảng 1.1.

- *Giai đoạn khai thác sử dụng và vận hành công trình.*

Trong giai đoạn này ta có thể biết được quy luật chuyển dịch của công trình dựa vào kết quả quan trắc của một số chu kỳ. Dựa trên giá trị chuyển dịch dự báo có thể xác định được độ chính xác cần thiết quan trắc theo công thức:

$$m_{\phi} = \frac{\phi}{2\varepsilon} \quad (1.2)$$

Trong đó: m_{ϕ} - Độ chính xác cần thiết quan trắc ở thời điểm t_i , ϕ - Giá trị chuyển dịch dự báo giữa hai thời điểm quan trắc, ε - Hệ số đặc trưng cho độ tin cậy các kết quả quan trắc (thường chọn $\varepsilon=3$).

Bảng 1.1: Yêu cầu độ chính xác quan trắc chuyển dịch công trình

TT	Loại công trình, nền móng	Độ chính xác quan trắc
1	Công trình bê tông xây trên nền đá gốc	$\pm 1 \text{ mm}$
2	Công trình xây dựng trên nền đất cát, sét và các nền chịu nén khác	$\pm 3 \text{ mm}$
3	Các loại đập đất đá chịu áp lực cao	$\pm 5 \text{ mm}$
4	Công trình xây trên nền đất đắp, nền trượt	$\pm 10 \text{ mm}$
5	Các loại công trình bằng đất đắp	$\pm 15 \text{ mm}$

2. Chu kỳ quan trắc

Quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình thực chất là dạng công tác đo lặp, được thực hiện nhiều lần cùng với đối tượng, mỗi lần đo gọi là một chu kỳ quan trắc. Thời gian thực hiện các chu kỳ đo được xác định trong giai đoạn thiết kế kỹ thuật quan trắc. Chu kỳ quan trắc phải được tính toán sao cho kết quả quan trắc phản ánh đúng thực chất quá trình chuyển dịch của mỗi đối tượng quan trắc. Chu kỳ quan trắc được thiết kế vừa phải đảm bảo phát hiện được lượng chuyển dịch, vừa phải đảm bảo tiết kiệm, tránh lãng phí thời gian và công sức. Trong thực tế, thường phân chia các chu kỳ quan trắc chuyển dịch theo 3 giai đoạn: giai đoạn thi công, giai đoạn vận hành công trình và giai đoạn công trình đi vào ổn định.

- Chu kỳ 0: được thực hiện khi công trình đã xây dựng xong, các mốc đã ổn định và chưa có áp lực ngang tác động đến công trình.

- Chu kỳ 1: được thực hiện ngay sau khi có áp lực ngang tác động lên công trình.

- Các chu kỳ tiếp theo: được thực hiện tùy theo mức tăng giảm áp lực ngang lên công trình.

- Đối với các công trình có biến dạng tuần hoàn cần tiến hành quan trắc theo mùa.

Thời kỳ công trình đi vào ổn định: thời gian quan trắc có thể từ 6 tháng đến 1 năm hoặc dài hơn. Tuy nhiên, nếu phát hiện có những dấu hiệu chuyển dịch và biến dạng bất thường cần tiến hành các chu kỳ quan trắc bổ sung.

1.3. NGUYÊN TẮC THỰC HIỆN QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH VÀ BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRẮC ĐỊA

1.3.1. Nguyên tắc chung

Công tác quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình được thực hiện dựa trên các nguyên tắc sau:

- Khác với công tác đo đạc thông thường, ngoài việc xác định 3 tham số không gian của điểm thì quan trắc còn phải xác định thêm tham số thời gian (t). Điều đó có nghĩa là để xác định chuyển dịch biến dạng công trình cần tiến hành đo đạc ở nhiều thời điểm, so sánh giữa các thời điểm để tìm ra giá trị chuyển dịch. Mỗi thời điểm đo đạc được gọi là một chu kỳ, lần đo đạc đầu tiên gọi là chu kỳ 0.

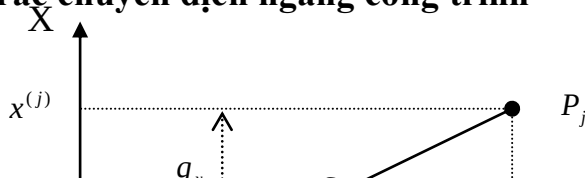
- Để xác định lượng chuyển dịch biến dạng công trình cần so sánh kết quả quan trắc qua các chu kỳ với một đối tượng ổn định. Thông thường các đối tượng ổn định này là các mốc khống chế có độ chính xác cao. Vì vậy mà trong quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình thường thành lập hệ thống lưới khống chế gồm hai bậc lưới độc lập (lưới khống chế cơ sở và lưới quan trắc).

- Giá trị chuyển dịch biến dạng thường rất nhỏ, do vậy cần sử dụng các phương pháp và phương tiện máy móc có độ chính xác cao để tiến hành quan trắc.

- Việc tính toán bình sai lưới trong mỗi chu kỳ quan trắc phải được thực hiện trong cùng một hệ thống tọa độ hoặc độ cao đã được chọn ngay từ chu kỳ đầu tiên theo quy trình chung: phân tích độ ổn định lưới khống chế cơ sở, bình sai lưới quan trắc, tính toán các thông số chuyển dịch biến dạng công trình. Như vậy, cần phải có kỹ thuật xử lý riêng, phù hợp với bản chất của một lưới quan trắc biến dạng.

Ngoài các nguyên tắc chung đã nói ở trên, còn có những nguyên tắc riêng, đặc trưng cho mỗi loại chuyển dịch biến dạng công trình cụ thể.

1.3.2. Quan trắc chuyển dịch ngang công trình



Hình 1.3. Chuyển dịch công trình

Về định lượng, chuyển dịch của một đối tượng bất kỳ trong mặt phẳng nằm ngang giữa hai thời điểm quan trắc (i) và (j) trong hình 1.3 được xác định thông qua các đại lượng sau:

- Chuyển dịch theo trục OX:

$$q_x = x^{(j)} - x^{(i)} \quad (1.3)$$

- Chuyển dịch theo trục OY:

$$q_y = y^{(j)} - y^{(i)} \quad (1.4)$$

- Chuyển dịch toàn phần:

$$q_x = \sqrt{q_x^2 + q_y^2} \quad (1.5)$$

Trong đó: $x^{(i)}$, $x^{(j)}$, $y^{(i)}$, $y^{(j)}$ là tọa độ của đối tượng được xác định trong các chu kỳ thứ (i) và (j).

Như vậy, chuyển dịch ngang công trình có thể được xác định bằng cách xác định và so sánh tọa độ của các điểm mốc quan trắc gần tại những vị trí đặc trưng trên công trình ở các chu kỳ quan trắc khác nhau. Để xác định tọa độ các điểm quan trắc thường thành lập một hệ thống lưới trắc địa mặt bằng, được gọi là lưới quan trắc chuyển dịch ngang công trình.

1.3.4. Phân tích đánh giá các phương pháp thành lập lưới khống chế quan trắc chuyển dịch ngang công trình

1. Phương pháp GPS

Với sự phát triển của hệ thống định vị toàn cầu GPS đã mở ra một hướng mới trong công tác trắc địa công trình là ứng dụng công nghệ GPS trong quan trắc

chuyển dịch ngang công trình.

Công tác quan trắc chuyển dịch ngang công trình bằng lưới GPS cũng có hai cấp lưới là lưới cơ sở và lưới quan trắc. Độ chính xác các cấp lưới là như nhau.

Phương pháp này sẽ cho ta lựa chọn dễ dàng hơn đối với việc bố trí đồ hình lưới cơ sở vì phương pháp GPS thì đồ hình lưới không ảnh hưởng nhiều đến độ chính xác của lưới. Tuy nhiên phương pháp này cũng sẽ khó áp dụng đối với các điểm quan trắc bố trí trên bề mặt công trình có các vật cản ảnh hưởng đến việc thu tín hiệu của vệ tinh.

2. Lưới tam giác đo góc cạnh

Nói đến quan trắc chuyển dịch ngang bằng lưới đo góc cạnh là việc xác định chuyển dịch ngang nhờ trị đo mặt đất bằng các máy toàn đạc điện tử có độ chính xác cao. Lưới dùng cho quan trắc chuyển dịch ngang gồm hai bậc lưới là lưới cơ sở và lưới quan trắc. Ngày nay thông thường người ta thành lập các bậc lưới này bằng phương pháp đo góc cạnh hỗn hợp.

Thông thường lưới cơ sở thường được thành lập bằng các chuỗi tam giác đo toàn góc, toàn cạnh với đồ hình lưới tối ưu nhất có thể bố trí được ở thực địa để đảm bảo độ chính xác.

Bậc lưới quan trắc thường được xác định bằng phương pháp giao hội thuận góc cạnh từ các điểm của lưới cơ sở.

3. Phương pháp đa giác

Phương pháp đa giác thường được sử dụng trong quan trắc chuyển dịch ngang của những công trình dạng hình cung như các tuyến đường, hầm giao thông, tuyến đập dạng vòm. Trên mỗi tuyến quan trắc xây dựng một đường chuyền qua các mốc gắn tại công trình, ở hai đầu được dựa trên hai điểm khống chế cơ sở và đo nối ít nhất hai phương vị góc. Đo góc, cạnh trong tuyến đa giác bằng máy toàn đạc điện tử chính xác.

Ta nhận thấy đối với phương pháp đa giác sai số vị trí các điểm phụ thuộc vào sai số đo góc, sai số đo cạnh, điểm yếu nhất sẽ nằm ở giữa tuyến.

4. Phương pháp hướng chuẩn

Hướng chuẩn là hướng được tạo nên bởi mặt phẳng thẳng đứng đi qua hai

điểm cố định. Các điểm cố định này được gọi là điểm chuẩn. Quan trắc chuyển dịch ngang bằng phương pháp hướng chuẩn là định kỳ xác định khoảng cách hình chiếu từ các điểm kiểm tra tới hướng chuẩn, so sánh để tìm ra sự chuyển dịch. Khoảng cách hình chiếu từ các điểm kiểm tra tới hướng chuẩn được gọi là độ lệch hướng chuẩn.

Phương pháp này thường được áp dụng để xác định sự chuyển dịch ngang của các công trình dạng thẳng.

1.4. TỔNG QUAN VỀ QUAN TRẮC CÁC CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN Ở VIỆT NAM

Ở Việt Nam công tác quan trắc biến dạng công trình thủy điện đã được tiến hành ở hầu hết các công trình thủy điện đã xây dựng như: NMTĐ Thác Bà, Trị An, Hoà Bình, Thác Mơ, Yaly, Sông Hinh v.v...

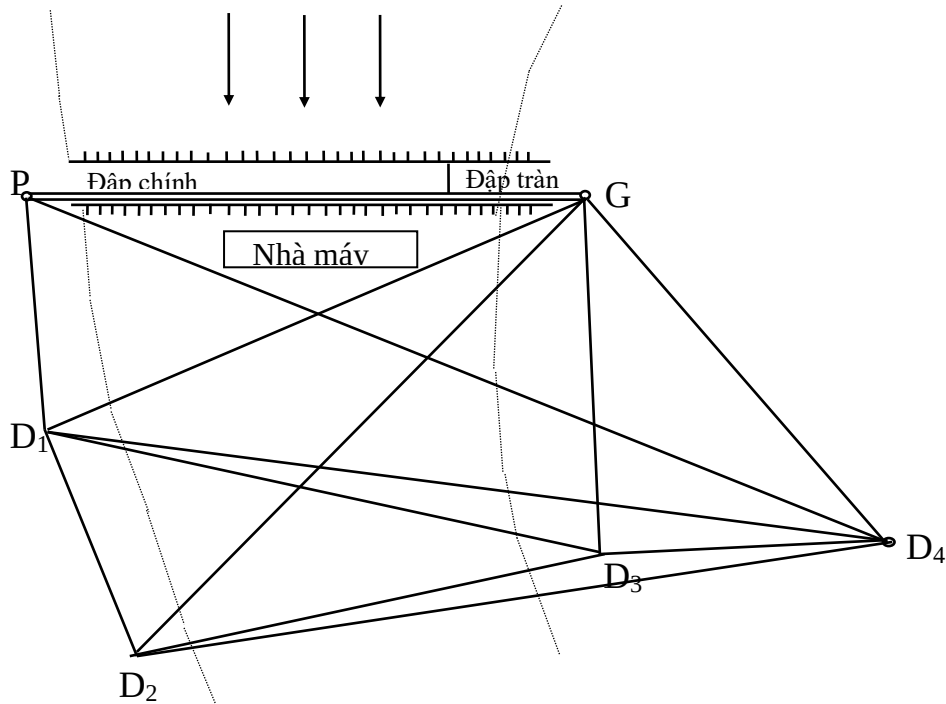
Hình thức và phương pháp xây dựng lưới quan trắc cũng như phương pháp đo và thời gian các chu kỳ đo phụ thuộc vào đặc điểm địa hình, địa chất và quy mô của mỗi công trình. Trong luận văn này giới thiệu tóm tắt tình hình thực hiện quan trắc biến dạng chuyển dịch ngang tuyến đập của một số công trình thủy điện tiêu biểu ở Việt Nam.

1.4.1. Quan trắc biến dạng công trình thủy điện Thác Bà

Nhà máy thủy điện Thác Bà là một trong những nhà máy thủy điện đầu tiên ở nước ta, được đưa vào sử dụng từ năm 1971. Công trình này được xây dựng với sự giúp đỡ của Liên Xô và có quy mô trung bình.

Phương pháp quan trắc chuyển dịch công trình ở thủy điện Thác Bà được thực hiện theo phương pháp “Hướng chuẩn”, dựa vào hai mốc không chế cơ sở (mốc P và mốc G hình 1.4) được đặt hai đầu đập và các mốc quan trắc (T1, T2, T3, T4, T5, T6) được gắn trên các bộ phận khác nhau của công trình. Từ năm 1982 đến năm 1993 theo yêu cầu của nhà máy, Công ty tư vấn thủy lợi I đã thiết kế và xây dựng lại mạng lưới không chế cơ sở (hình 1.4) và triển khai công tác quan trắc độ chuyển dịch với chu kỳ một năm một lần, nhằm đánh giá mức độ ổn định của công trình trong quá trình sử dụng và vận hành.

Trong thời gian đầu kỹ thuật đo dài điện tử còn hạn chế nên lưới khống chế cơ sở ở đây được thành lập theo phương án lưới tam giác đo góc và cạnh đáy. Lưới được thành lập từ sáu mốc gồm: D1, D2, D3, D4, G và P. Điểm P được bố trí ở vai đập bờ phải, điểm G được bố trí trên đập đá đổ, các điểm còn lại là D1, D2, D3, D4 nằm ở phía hạ lưu đập chính.



Hình 1.4. Sơ đồ lưới khống chế cơ sở công trình thủy điện Thác Bà

Các góc được đo bằng các loại máy có độ chính xác đo góc 1" như máy Wild T3, máy kinh vĩ OT-02... Cạnh đáy PG được đo bằng thước dây Invar với sai số trung phương tương đối dự kiến là 1/700.000. Do điều kiện địa hình của khu vực trong lưới không được phép bố trí đo được cạnh đáy thứ 2, nên nhược điểm của lưới này là không có điều kiện kiểm tra cạnh, do đó độ chính xác của lưới sẽ bị hạn chế. Hiện nay với các thiết bị đo xa điện tử đạt độ chính xác cao với sai số từ $2 \div 3\text{mm}$ như máy toàn đạc điện tử TC – 1700, TC-2003 có thể tiến hành đo lưới theo phương pháp đo góc – cạnh sẽ khắc phục được nhược điểm của phương án cũ.

1.4.2. Quan trắc biến dạng công trình thủy điện Yaly

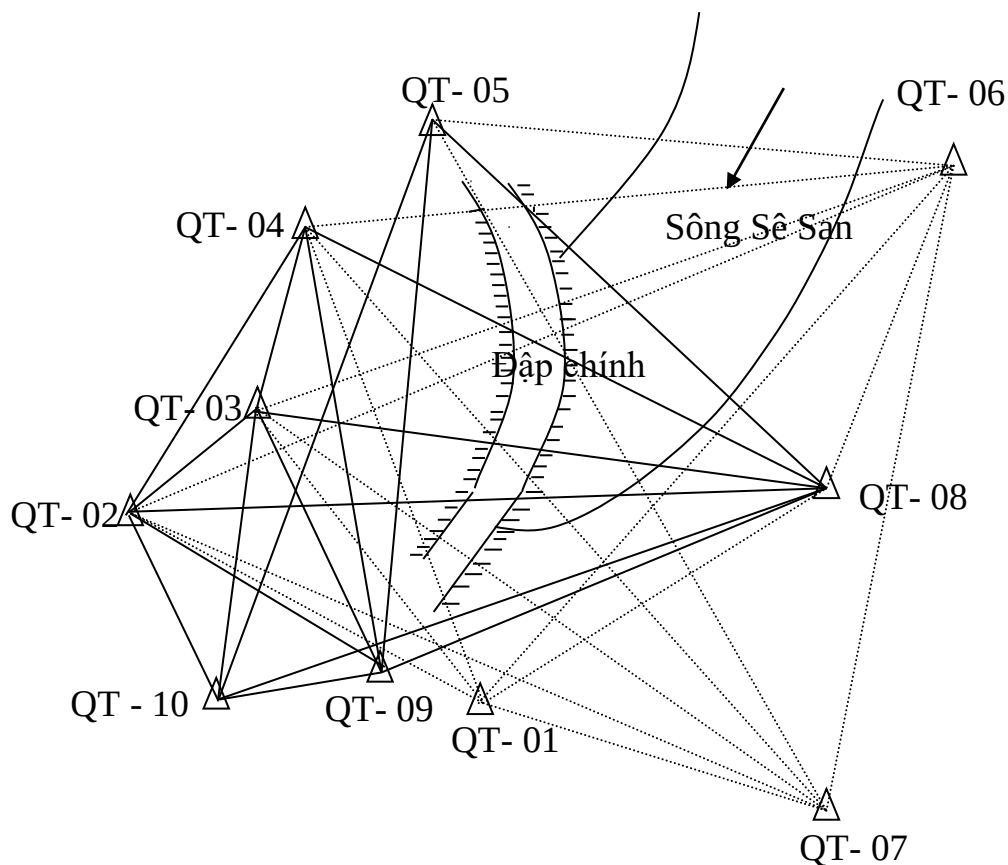
Nhà máy thủy điện Yaly bao gồm 4 tổ máy với công suất 720MW được xây dựng trên sông Sê San thuộc ranh giới hai tỉnh Gia Lai, Kon Tum, đây là một công trình thủy điện lớn ở nước ta. Thủy điện Yaly có vai trò quan trọng trong việc phát

triển hệ thống năng lượng của nước ta hiện nay cũng như trong tương lai.

Công trình thủy điện Yaly đã được khởi công xây dựng chính thức từ tháng 11 năm 1993. Giữa năm 1998 đã thực hiện ngăn đập, tích nước trong hồ chứa và vào tháng 04 năm 2002 đã được đưa vào khai thác sử dụng.

Tuyến áp lực của thủy điện Yaly (gồm đập dâng, đập tràn) là một trong những hạng mục quan trọng của nhà máy. Đập dâng của thủy điện Yaly là loại đập đá đổ với lõi giữa là lớp đất nện dày, về dạng hình học, đây là loại đập vòm trọng lực với bán kính cong $R=400m$. Đập tràn xả lũ với chiều dài 191m, chiều rộng 105m có kết cấu bê tông cốt thép trên nền đá và bao gồm hai phần chính là phần đầu tràn và phần dốc nước.

Để quan trắc độ chuyển dịch ngang của tuyến đập dâng và đập tràn công trình thủy điện YaLy, phòng địa hình Công ty Tư vấn xây dựng điện I Tổng công ty điện lực Việt Nam đã thiết kế và xây dựng mạng lưới không chế cơ sở là lưới tam giác đo góc-cạnh kết hợp, bao gồm 7 điểm, ký hiệu là: QT1, QT2, QT3, QT4, QT5, QT6, QT7. Từ chu kỳ 8 (tháng 5 năm 2001) đã loại bỏ các mốc QT1, QT6, QT7 do không đảm bảo độ ổn định và xây dựng thêm các mốc QT8, QT9 và QT10 (hình 1.5).



Hình 1.5. Sơ đồ lưới khống chế cơ sở công trình thủy điện Yaly

Trong giai đoạn xây dựng việc đo đạc trong lưới được thực hiện bằng máy TC- 1700 và bộ gương, bảng ngắm chuyên dùng với độ chính xác đo cạnh $m_s = \pm(2 + 1.S.10^{-6})\text{mm}$ và độ chính xác đo góc $1.0''$. Từ năm 2001 tới nay việc đo đạc trong lưới được thực hiện bằng máy TC- 2003 với độ chính xác đo cạnh $m_s = \pm(1 + 1.S.10^{-6})\text{mm}$ và độ chính xác đo góc $1.0''$, tạo thành một mạng lưới góc-cạnh dày đặc có kết cấu chặt chẽ.

Lưới quan trắc tuyến đập dâng thành lập dưới dạng lưới giao hội góc-cạnh bao gồm 24 mốc quan trắc bề mặt và 8 mốc sâu. Lưới quan trắc tuyến đập tràn là lưới kết hợp giữa phương pháp giao hội góc, cạnh và phương pháp hướng chuẩn bao gồm 8 mốc quan trắc độ lún và 8 mốc quan trắc chuyển dịch ngang.

Công tác quan trắc chuyển dịch ngang tuyến đập công trình thủy điện YaLy được tiến hành bắt đầu từ chu kỳ 0 (từ 15/5/98 kết thúc ngày 30/5/98 trước thời điểm dâng nước hồ ngày 10/8/98). Cho đến nay đã thực hiện được 6 chu kỳ quan trắc trong giai đoạn xây dựng và 7 chu kỳ trong giai đoạn vận hành nhà máy.

Chương 2

HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG QUAN TRẮC BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN

2.1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC CỦA HỆ THỐNG QUAN TRẮC TỰ ĐỘNG

Quan trắc biến dạng công trình đập sau khi đưa vào vận hành phát điện tại các thủy điện lớn được thực hiện bởi các đơn vị chuyên nghiệp của chủ đầu tư hoặc từ các đơn vị tư vấn. Công nghệ trắc địa được áp dụng trong các công trình đập chủ yếu sử dụng máy toàn đạc điện tử có độ chính xác đo góc, đo cạnh rất cao, đáp ứng được các tiêu chuẩn hiện nay. Việc thực hiện công tác quan trắc thường được tổ chức thành các chu kỳ đo theo tháng, quý, năm hoặc theo yêu cầu đột xuất do ảnh hưởng ngoại cảnh như lũ, động đất...

Khi đến chu kỳ đo, sử dụng máy toàn đạc đặt tại các mốc quan trắc được xây dựng với định tâm bắt buộc, đo ngắm đến các điểm quan trắc tại thân đập, vai đập và các điểm đặc trưng cần quan trắc dịch chuyển của mỗi đập. Người đo thực hiện việc đo theo thiết kế đã lập sẵn như: số vòng đo, số đọc khoảng cách.... Toàn bộ số liệu sau khi đo đạc tại hiện trường được xử lý tính toán sau đó đưa ra các số liệu so sánh với số liệu thiết kế và số liệu của chu kỳ gần nhất từ đó có cảnh báo về mức độ dịch chuyển vị trí của từng vị trí trên đập. Công nghệ này hiện vẫn đang được các đơn vị sử dụng cho hầu hết các công trình đập ở nước ta và một số đập trên thế giới và được đánh giá tốt về chất lượng quan trắc.

Tuy nhiên dưới sự tác động liên tục của các yếu tố ngoại cảnh như lũ lụt, động đất, sự xuống cấp của chất lượng của công trình xây dựng thì việc quan trắc theo chu kỳ không đáp ứng được yêu cầu cảnh báo dịch chuyển công trình tức thời, giúp cho các nhà quản lý, vận hành có được thông tin đầy đủ nhanh nhất về tình trạng của đập khi có ảnh hưởng của các yếu tố trên.

Nhờ các tiến bộ về công nghệ chế tạo, thông tin truyền thông, máy tính và phần mềm xử lý, yêu cầu cần có thông tin tức thời, chính xác về chuyển dịch công trình đập được giải quyết bằng công nghệ: Quan trắc biến dạng tự động bằng máy toàn đạc điện tử các công trình đập thủy điện.

Đây là công nghệ tiên tiến đã được áp dụng tại nhiều đập thủy điện lớn trên thế giới. Tuy nhiên ở nước ta vẫn là công nghệ mới mẻ do nhiều nguyên nhân khách quan và chủ quan mà chưa có công trình nào được áp dụng công nghệ này. Do đây là một quy trình công nghệ hoàn chỉnh và tương đối phức tạp, trong khuôn khổ luận văn này tác giả sẽ đưa ra những đặc điểm cấu trúc, hệ thống thiết bị, phần mềm và quy trình lắp đặt hệ thống tại một công trình đập thủy điện hiện nay.

Cấu trúc của hệ thống quan trắc tự động gồm 03 hợp phần chính: Hợp phần thu thập số liệu, hợp phần xử lý số liệu và hợp phần phân tích thông tin và cảnh báo.

2.1.1. Hợp phần thu thập số liệu

Số liệu thực địa được thu thập bởi máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao cả về đo góc, đo cạnh. Máy toàn đạc có chế độ đo tự động dò tìm gương và bắt tâm gương chính xác. Số lượng máy toàn đạc tùy theo quy mô thực tế của từng đập có thể gồm 1 hay nhiều máy. Hệ thống hiện tại có thể quản lý đến 10 máy toàn đạc trong một công trình và cùng một thời điểm. Máy toàn đạc đặt tại các mốc quan trắc có vị trí quan sát tốt nhất đến nhiều điểm quan trắc, có độ ổn định cao, được xây dựng kiên cố, định tâm bắt buộc. Các gương đặt tại mốc cơ sở cũng có định tâm bắt buộc và sử dụng đế máy cân bằng bọt thủy. Máy toàn đạc đo liên tục đến các điểm cơ sở và điểm quan trắc. Số liệu đo được truyền trực tuyến về máy tính trung tâm bằng cáp nối hoặc Modem truyền không dây. Cảm biến nhiệt độ đặt tại trạm máy đo số liệu liên tục và được truyền về máy tính trung tâm cùng đường truyền với số liệu đo toàn đạc.

Ngài ra các số liệu thực địa thu thập bằng các cảm biến địa kỹ thuật được truyền qua cáp (cảm biến ứng suất dây rung, cảm biến độ nghiêng) hoặc truyền qua sóng vô tuyến (cảm biến thời tiết, trạm khí tượng tự động).

2.1.2. Hợp phần xử lý số liệu

Số liệu đo được truyền về trung tâm xử lý. Máy tính tại trung tâm xử lý có thể là máy trạm (WorkStation) tại các công trình qui mô nhỏ với một vài máy toàn đạc hoặc là máy chủ (Server) cho những công trình lớn khoảng chục máy toàn đạc. Phần mềm xử lý Trimble for Deformation – T4D cài trên máy trạm, máy chủ

với cơ sở dữ liệu SQL 2008. Số liệu đo đưa về trung tâm qua đường cáp hoặc vô tuyến được truyền qua các modem giải mã trước khi đưa vào máy tính xử lý. Phần mềm T4D quản lý tất cả các thông tin gồm:

- Thông tin máy đo: Toàn đạc, GPS, Sensor địa kỹ thuật...
- Thông tin điểm cơ sở, điểm quan trắc
- Thông tin về ngưỡng hạn sai...

Số liệu đo từ máy toàn đạc sẽ được xử lý bởi Modul Processing Engine, kết hợp với số liệu từ các Sensor địa kỹ thuật sẽ chuyển qua Modul Deformation Monitor để phân tích thông tin.

2.1.3. Hợp phần phân tích thông tin và cảnh báo

Trên cơ sở các yêu cầu về độ chính xác cho từng đập thủy điện, các hạn sai dịch chuyển đã được xác định trước và nhập vào Modul Deformation Monitor. Modul này sẽ phân tích, đưa ra bảng liệt kê kết quả tính toán cho mỗi điểm quan trắc trong một thời điểm. Các kết quả này được hiển thị trên bản đồ nền, biểu đồ và bảng kê giá trị theo đơn đo quan trắc. Các thông điệp cảnh báo từ mức đưa ra thông tin, nhắc nhở, báo động được truyền đến người vận hành, quản lý bằng các phương thức: Báo động – Alarm, tin nhắn – SMS, thư điện tử - Email...

2.2. MÁY TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ

Máy toàn đạc điện tử dùng cho hệ thống quan trắc tự động có cấu hình cao, đáp ứng được các yêu cầu trong quan trắc đập.

- Độ chính xác đo góc, đo cạnh đảm bảo số liệu đo quan trắc đạt được hạn sai theo tiêu chuẩn. Cụ thể đo góc phải đạt cỡ 0.5” đến 1”, đo cạnh đạt $\leq 1\text{mm} + 1\text{ppm}$.
- Máy có chức năng đo không gương.
- Có chế độ đo tự động quay và đảo bàn độ Servo
- Có chế độ tự động dò tìm và bắt gương chính xác.
- Có cổng liên kết truyền dữ liệu liên tục, trực tuyến

Hiện nay trên thị trường, các hãng như Leica, Topcon, Sokkia, Trimble ...đều có thiết bị đáp ứng được các chỉ tiêu này. Trong thời gian thực hiện luận văn này, học viên đã làm việc với máy toàn đạc Trimble S8 của hãng Trimble Hoa Kỳ.

Máy toàn đạc Trimble S8 được thiết kế chuyên dùng cho các ứng dụng đo đạc độ chính xác cao như dùng trong quan trắc đập.



Hình 2.1. Máy toàn đạc điện tử Trimble S8

Độ chính xác đo góc của máy: 0.5", 1"

Độ chính xác đo cạnh với gương đơn chuẩn: 1mm+1ppm

Độ chính xác đo cạnh với gương đơn theo chuẩn ISO: 0.8mm+1ppm

Độ chính xác đo cạnh không gương: 3mm+2ppm

Thời gian đo với mỗi gương: 2 giây

Khoảng cách đo với gương đơn: 3000 m với chế độ đo thường, 5000 m với chế độ đo Long Range

Khoảng cách đo không gương: >500m

Hệ thống quay bàn độ: Công nghệ MagDrive,

Tốc độ quay 115°/giây

Thời gian đảo bàn độ: 2.6 giây

Khoảng cách điều quang ngắn nhất: 1.5m

Hệ thống tự động:

- Công nghệ SurePoint: tự động hiệu chỉnh các yếu tố rung lắc của máy do tác

độ của gió, lún và một số yếu tố khác.

- Công nghệ FineLock: tự động dò tìm đúng tâm gương hoặc chữ thập của gương giấy. Độ chính xác đạt được <1mm với khoảng cách 300m với gương đơn.
- Phân biệt được các gương với khoảng cách 0.8m ở cự li 200m.
- Cự li tự động dò từ 20m đến 2500m

Phần mềm điều khiển Trimble Access với Modul Monitoring, liên kết trực tiếp với phần mềm T4D chuyên dùng cho quan trắc.

Hệ thống gương quan trắc: Bao gồm hai loại gương.

- Gương quan trắc gắn cố định tại các điểm cơ sở: là loại gương to thường dùng cho đo đường chuyên, đường kính 6.2 cm, hằng số gương -35mm, có thiết kế chống mưa nắng, được gắn cố định tại các mốc cơ sở có định tâm bắt bộc.

- Gương quan trắc gắn tại các điểm quan trắc: là gương gắn cố định tại các điểm quan trắc có đường kính nhỏ 25mm, hằng số gương -17mm hoặc gương dán.



Hình 2.1. Các loại gương dùng trong quan trắc đập

2.3. HỆ THỐNG SENSOR ĐỊA KỸ THUẬT

Trong hệ thống quan trắc tự động ngoài các số liệu đo bằng máy toàn đạc, phần mềm của hệ thống còn tiếp nhận các số liệu quan trắc từ các cảm biến địa kỹ thuật như: Cảm biến nhiệt độ - Temperature Sensor, cảm biến ứng suất – Piezometer, cảm biến độ nghiêng công trình Tiltmeters...

2.3.1. Cảm biến nhiệt độ - Temperature Sensors

Nhiệt độ môi trường tại mỗi điểm đặt máy sẽ biến thiên theo thời gian, ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả đo cạnh EDM. Mỗi điểm đặt máy toàn đạc quan trắc, gắn một cảm biến nhiệt độ. Cảm biến nhiệt độ đưa ra thông số nhiệt môi trường liên tục theo thời gian dạng số và được truyền về máy tính xử lý trung tâm cùng với số liệu đo từ máy toàn đạc. Phần mềm sẽ đồng bộ thời gian giữa trị đo bằng máy toàn đạc và cảm biến nhiệt và tính ra số hiệu chỉnh PPM, hiệu chỉnh tức thời vào kết quả đo cạnh. Phần mềm xử lý có Modul Temperature Sensor nhận dữ liệu nhiệt độ thông qua cổng TCP/IP.



Hình 2.3. Cảm biến nhiệt độ cổng Serial

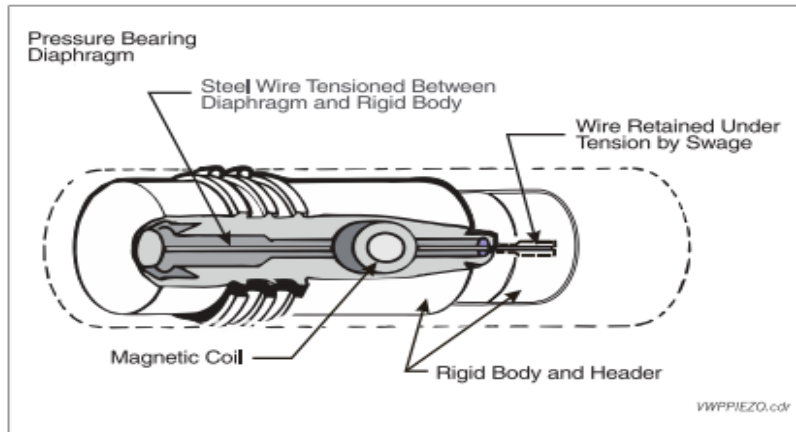
2.3.2. Cảm biến ứng suất - Piezometer Sensors

Cùng với các trị đo bằng máy toàn đạc (góc, cạnh), quan trắc biến dạng đập thủy điện còn dùng các phương pháp khác để xác định giá trị chuyển dịch. Hệ thống quan trắc tự động với phần mềm xử lý có Modul xử lý số liệu đo từ các cảm biến ứng suất dây rung, thủy lực, ống đứng và điện tử.

Cảm biến ứng suất được dùng để đo áp suất cột nước và mực nước ngầm trong đập. Trong quan trắc biến dạng đập, cảm biến ứng suất dùng để đo quan trắc, dự báo các ảnh hưởng do áp suất cột nước có ảnh hưởng đến thân đập. Kết hợp với máy toàn đạc điện tử, hệ thống phần mềm quan trắc có Modul quan trắc liên kết với cảm biến áp suất dây rung: Vibrating Wire Piezometers. Cảm biến dây rung được lắp đặt theo thiết kế của đập và chôn khi thi công thân đập. Số liệu được truyền qua bộ phận đọc bằng dây dẫn từ Sensor ra ngoài. Bộ đọc ngoài có thể đọc

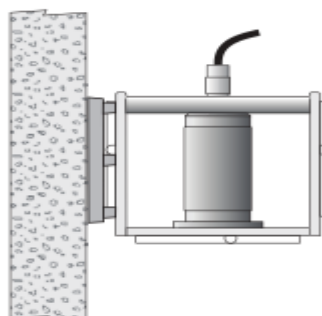
ra tần số và hiển thị trên màn hình. Các thiết bị hiện đại như Slope Indicator tính toán cho ra kết quả bằng đơn vị ứng suất hoặc áp suất cột nước. Ưu điểm của phương pháp này:

- Cho kết quả với độ phân giải cao nhất ngay khi áp suất thấp.
- Rất ổn định trong thời gian dài, ít bị trôi trượt.
- Số liệu thu được từ xa và ít bị can nhiễu.

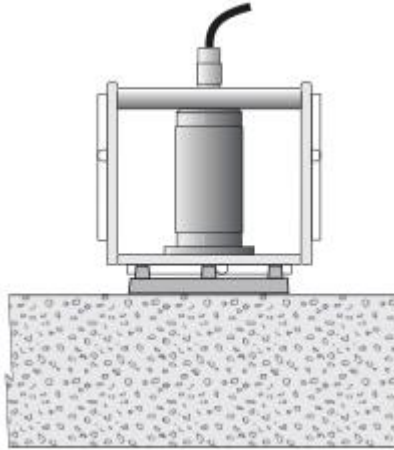


Hình 2.4. Cảm biến ứng suất dây rung

2.3.3. Cảm biến độ nghiêng - Tiltmeter



Hình 2.5. Cảm biến độ nghiêng thẳng đứng



Hình 2.6. Cảm biến độ nghiêng nằm ngang



Hình 2.7. Đầu đọc số liệu cảm biến

Hệ thống cảm biến độ nghiêng bao gồm một đầu đo gắn trên bản đế đo và đầu đọc số. Bản đế đo dùng để đo độ nghiêng mặt phẳng và độ nghiêng đứng và thường gắn chặt vào thân đập bằng vít hoặc xi măng.

Để đọc số liệu độ nghiêng, dùng đầu đo gắn vào bản đế, gắn đầu cáp nối của đầu đo với sổ tay đọc. Độ chính xác nhỏ nhất đọc được 0.004mm tương ứng với 8 arc seconds. Số liệu đọc thu vào sổ tay và được kết nối trực tiếp xử lý tức thời hoặc xử lý sau bằng phần mềm T4D của hệ thống quan trắc tự động.

Ưu điểm của hệ thống này là dễ dàng gắn trên đập bằng gắn hồ hoặc khoan vít bu lông. Tuy nhiên việc gắn trực tiếp trên tường, vách đập sẽ dễ gây hỏng thiết bị khi có va đập.

2.4. HỆ THỐNG PHẦN MỀM QUAN TRẮC

Phần mềm quan trắc xử lý số liệu đo tức thời (Real Time) từ các máy toàn đạc, Sensor địa kỹ thuật T4D của hãng Trimble Hoa Kỳ. Phần mềm được thiết kế dạng các Modul, chạy trên máy tính trạm WorkStation hoặc máy chủ Server bao gồm các Modul sau:

2.4.1. Modul DATA COLLECTOR

Modul này dùng để thiết đặt cấu hình đo của máy toàn đạc Trimble S8. Lập lịch đo, vòng đo cho máy đến các điểm cơ sở, các điểm quan trắc sử dụng công nghệ tự động tìm gương AutoLock, dò tìm tâm gương FineLock. Toàn bộ số liệu đo được từ 1 hay nhiều máy toàn đạc cùng thời điểm được lưu vào cơ sở dữ liệu của Modul này.

The screenshot shows a 'Properties' dialog box with the following sections and settings:

- Incoming Connection**
 - Connection type: TCP/IP Client
- Connection Settings**
 - Server name: 10.2.133.252
 - Port number: 4002
- Total Station**
 - Mission name: Office
 - Selected total station: Office_Station 2
 - Serial number: 98110048
 - PIN: ****
- Scheduler Settings**
 - Enable scheduler: Yes
 - Scheduler configuration: Run every day from 16:00 for 24 hours; every 1 h; after failure try again after 1 min
- Weather Condition**
 - Temperature [°C]: 20
 - Refraction coefficient: 0.142
- Version**
 - SNPCor: 4.3.5
 - BPP: 2.39
- Round Settings**
 - Points to be measured: 9 points selected for measurement.
 - Round mode: F1... F2...
 - Repeat measurement: No
 - Enable slope distance fallback: No
- Target Integrity Thresholds**
 - Default: (empty field)
- GKA Output**
 - Enable GKA output: No

At the bottom, there is a section for 'Enable GKA output' with the description: 'Enables the output of raw measurements via GKA protocol'. The dialog box has 'Apply' and 'Close' buttons at the bottom right.

Hình 2.8. Giao diện Modul Data Collector

2.4.2. Modul DATA LOGGER

Modul đọc các thông số từ các Sensor địa kỹ thuật được kết nối với hệ thống, tính chuyển các tín hiệu số từ các cảm biến này thành các đơn vị đo, lưu trữ

trong cơ sở dữ liệu và phân phối đến các Modul khác.

Status

Measurements

Sensor Chart

History

Last acquisition:

17.03.2011 14:35:00

Health	Measurement Type	Sensor Name	Sensor Serial Number	Manufacturer	Sensor Group	Status Description
		Campbell Terrasat	n.a.	Campbell Sci	Data Loggers	Successful sensor data acquisition: 2 observation(s) found.
		Piezometer Adjustable	10-2590	DGSI	Piezometers	Successful sensor data acquisition: 2 observation(s) found.
		Piezometer Bottom Fix	10-2954	DGSI	Piezometers	Successful sensor data acquisition: 2 observation(s) found.
		Tiltmeter Adjustable	15360	DGSI	Tiltmeters	Successful sensor data acquisition: 2 observation(s) found.
		Tiltmeter Top Fix	15359	DGSI	Tiltmeters	Successful sensor data acquisition: 2 observation(s) found.

Status

Measurements

Sensor Chart

History

Last acquisition:

17.03.2011 14:35:00

Tilt (2 items)

Health	Sensor Name	Measurement	Sensor Failure Alarm
	Tiltmeter Adjustable	-0,256 deg	Off
	Tiltmeter Top Fix	0,012 deg	Off

Temperature (5 items)

Health	Sensor Name	Measurement	Sensor Failure Alarm
	Campbell Terrasat	12,0 °C	Off
	Piezometer Adjustable	11,5 °C	Off
	Piezometer Bottom Fix	10,5 °C	Off
	Tiltmeter Adjustable	12,4 °C	Off
	Tiltmeter Top Fix	14,8 °C	Off

Pressure (2 items)

Health	Sensor Name	Measurement	Sensor Failure Alarm
	Piezometer Adjustable	-1,4 kPa	Off
	Piezometer Bottom Fix	8,8 kPa	Off

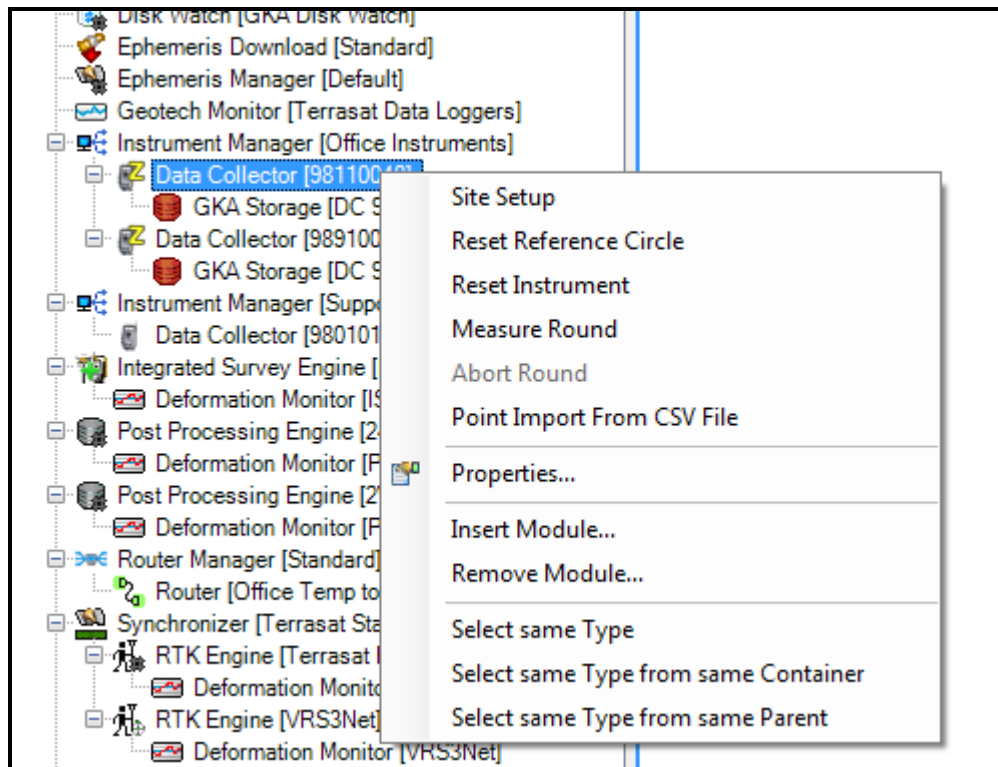
Battery (1 item)

Health	Sensor Name	Measurement	Sensor Failure Alarm
	Campbell Terrasat	13,4 V	Off

Hình 2.9. Giao diện Modul Data Logger

2.4.3. Modul DATA RECEIVER

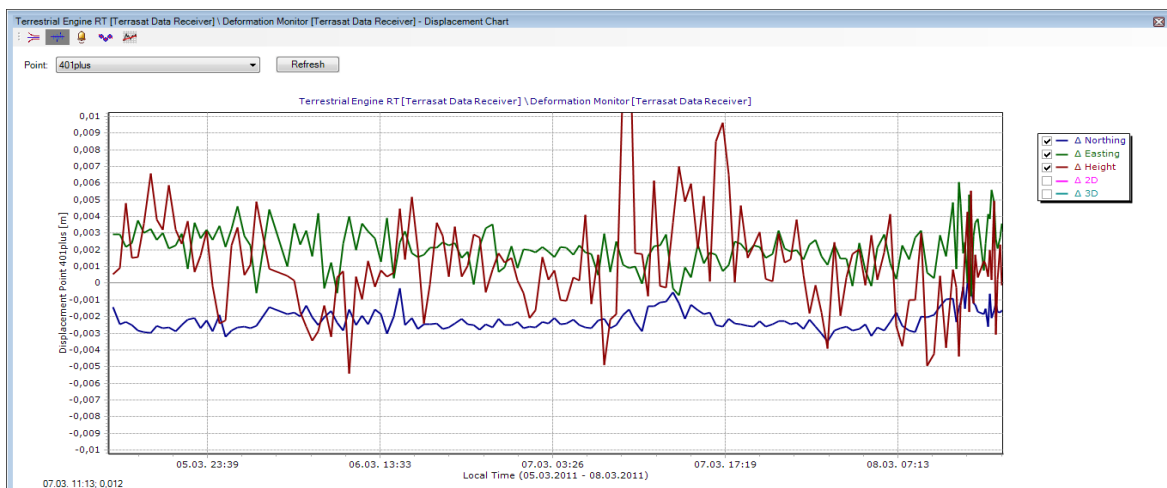
Modul Data Receiver đọc các trị đo từ chuỗi số liệu đo được từ máy toàn đạc điện tử ở khuôn dạng GNV, tính chuyển và lưu trữ trong cơ sở dữ liệu trung tâm. Các máy toàn đạc điện tử có khuôn dạng dữ liệu này đều có thể truyền dữ liệu đo đến phần mềm.

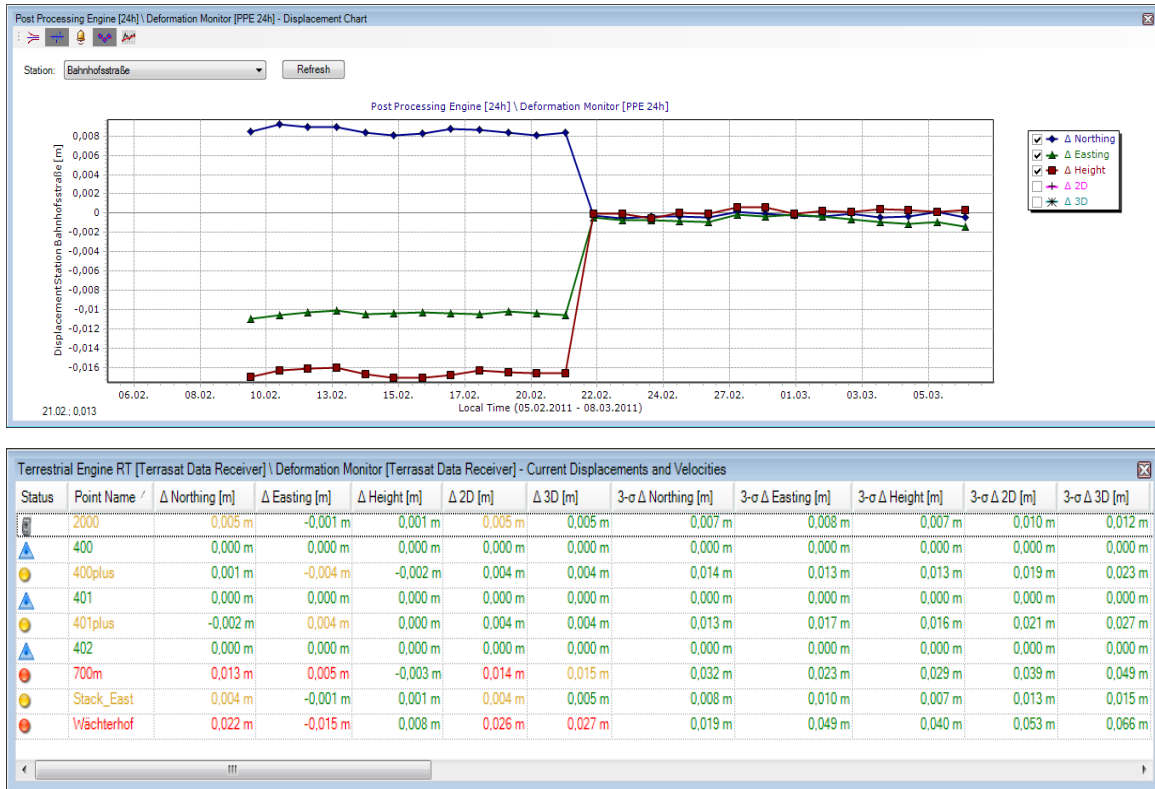


Hình 2.10. Giao diện Modul Data Receiver

2.4.4. Modul DEFOMATION MONITOR

Modul này phân tích các dữ liệu đã được xử lý. Các dữ liệu có thể từ máy toàn đạc, máy GPS hoặc kết hợp cả hai. Modul sẽ liệt kê các giá trị dịch chuyển, đưa ra các bản đồ, biểu đồ, kết quả bình sai và cho phép xác định trực tham chiếu bù. Giá trị này đồng thời được giới hạn bởi giới hạn cảnh báo.





Hình 2.11. Giao diện Modul Deformation Monitor

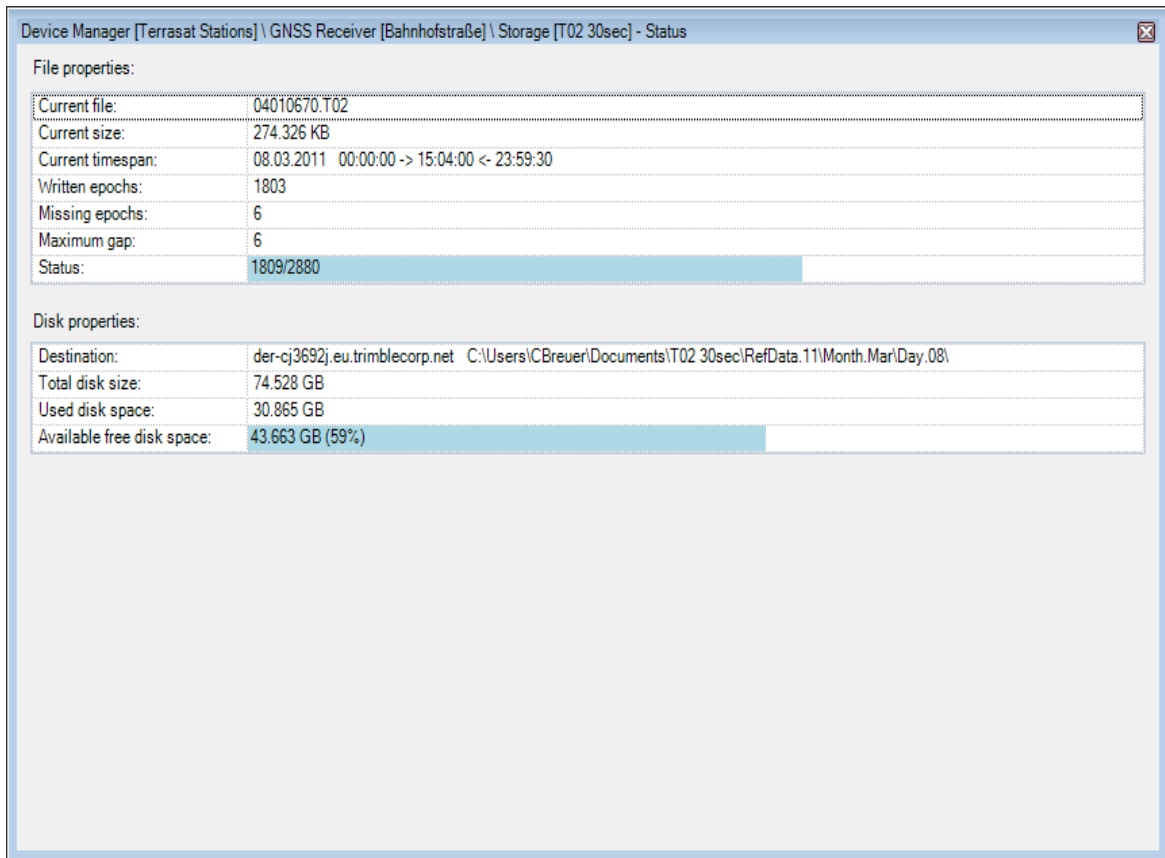
2.4.5. Modul DEVICE MANAGER

Khi hệ thống quan trắc kết hợp giữa toàn đặc điện tử và định vị vệ tinh GNSS, Modul này là công cụ chính để quản lý và hiển thị các trạm đo trong mạng lưới quan trắc. Các máy định vị khi kết hợp với mạng lưới sẽ được đăng ký các thông số khi thiết đặt trong mạng. Mỗi một trạm đo GNSS sẽ được đăng ký một địa chỉ với một modul tên riêng và một modul xuất dữ liệu riêng.

2.4.6. Modul DISKWATCH

Modul này cho phép quản lý và duy trì lâu dài và tự động kho dữ liệu của mỗi công việc (JOB). Phần mềm T4D chỉ có duy nhất một Modul này dùng cho cả hệ thống, cho phép người dùng quản lý ổ cứng của máy tính trong hệ thống.

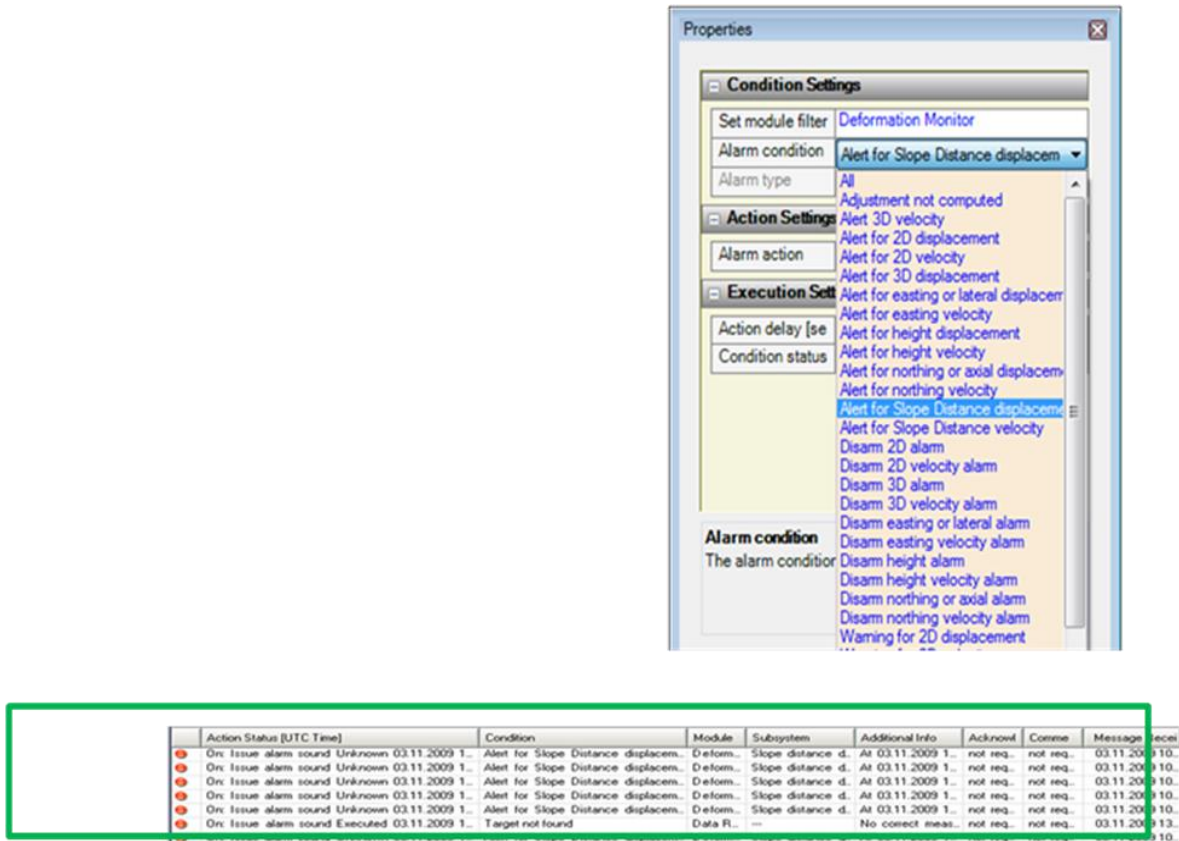
Modul sẽ giám sát dung lượng của ổ cứng máy tính của từng máy tính cụ thể, giúp cho việc giám sát, bổ sung dung lượng được kịp thời. Khi thấy dung lượng bộ nhớ sắp hết hoặc tệp tin quá cũ, hệ thống sẽ tự động xóa theo tiêu chí của người vận hành.



Hình 2.12. *Giao diện Modul Disk Watch*

2.4.7. Modul ALARM MANAGER

Đây là modul cốt lõi của hệ thống. khi hệ thống hoạt động, các chỉ tiêu (giới hạn) được đưa ra bởi một trong các modul đến trạng thái cảnh báo thì modul này lập tức đưa ra các thông điệp cảnh báo. Khi các trạng thái này thay đổi, modul sẽ lập tức đưa ra các thông điệp cảnh báo tiếp theo. Cảnh báo gồm nhiều mức: đưa thông tin, nhắc nhở, báo động. Để đảm bảo thông tin cảnh báo, hệ thống sẽ không ngừng đưa ra thông báo cho đến khi người nhận thông báo có xác nhận đã nhận được thông báo cảnh báo.



Hình 2.13. Giao diện Modul Alarm Manager

2.4.8. Modul GEOTECH MONITOR

Modul này thu thập dữ liệu từ một hay nhiều Data Logger Moduls, tính toán các số hiệu chỉnh và hiệu chỉnh cho toàn bộ dữ liệu. Khi các các giá trị này vượt quá hạn sai đặt trước, Modul này sẽ hiển thị các giá trị này lên màn hình biểu đồ và xuất ra các cảnh báo.

2.4.9. Modul GKA STORAGE

Modul này cho phép nhập các số liệu từ nhiều loại máy toàn đạc điện tử khác nhau với cùng khuôn dạng GKA.

2.4.10. Modul INSTRUMENT MANAGER

Modul này điều khiển toàn bộ các Modul Data Collector trong hệ thống. Kiểm soát toàn bộ hệ thống và chỉ ra các sai sót trong quá trình lắp đặt, cấu hình các thiết bị đồng thời giúp người dùng chỉnh lại các sai sót một cách dễ dàng nhất.

2.4.11. Modul REPORT GENERATOR

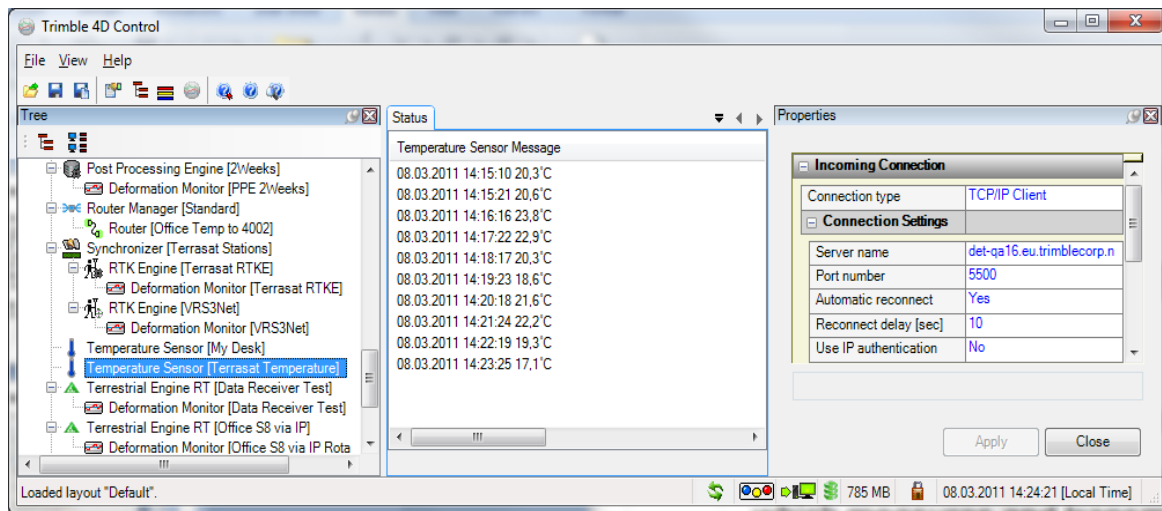
Modul này là một ứng dụng để tạo các bảng báo cáo – Reports, công việc thường xuyên của các công trình đo quan trắc. Các báo cáo này dựa trên khuôn

dạng XML cho phép tạo ra các khuôn dạng khác nhau như HTML hoặc PDF. Các báo cáo có thể được tự động tạo ra theo lịch biểu đặt trước hoặc theo yêu cầu của người sử dụng trong một thời điểm nhất định.

2.4.12. Modul TEMPERATURE SENSOR

Modul này điều khiển việc kết nối thiết bị cảm biến nhiệt độ gắn tại vị trí của máy toàn đạc, đo và ghi số liệu nhiệt theo đơn vị độ C – C°.

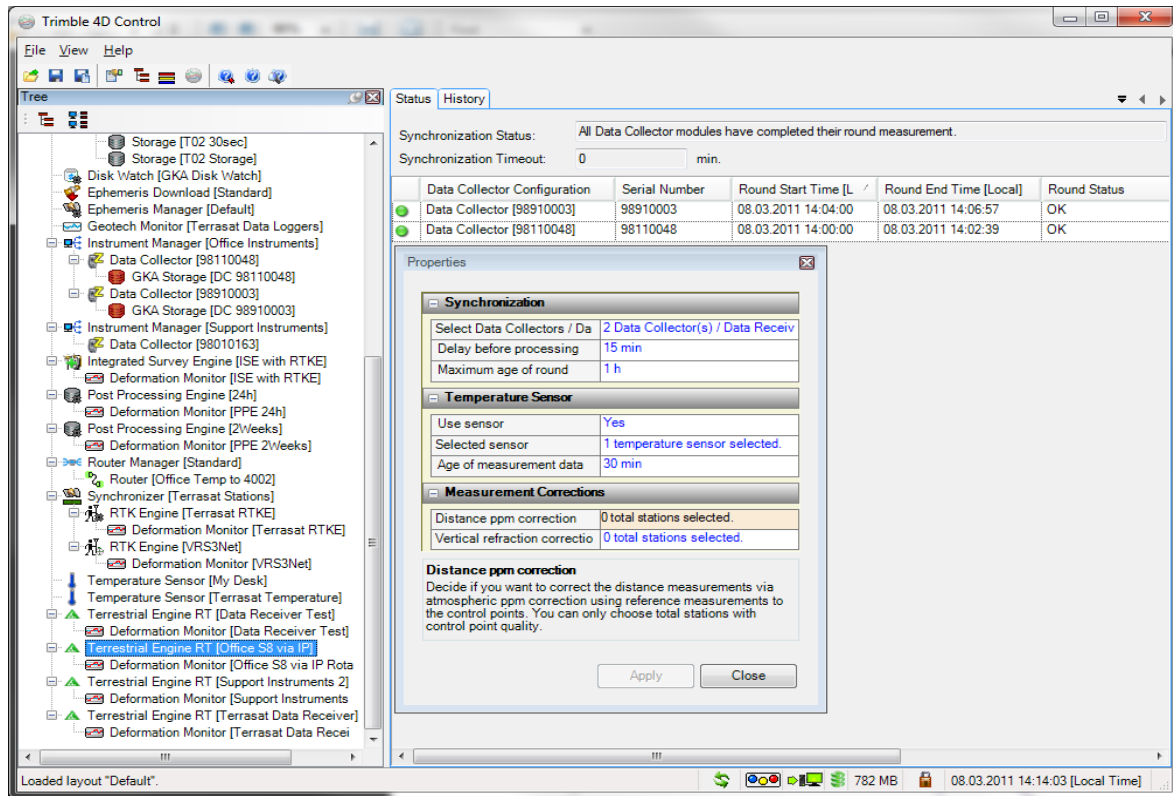
Số liệu đo được từ các Sensor nhiệt được thu, ghi vào cơ sở dữ liệu và được hiệu chỉnh vào kết quả đo với tần suất 1 phút/1 lần.



Hình 2.14. Giao diện Modul Temperature Sensor

2.4.13. Modul TERRESTRIAL ENGINE RT

Modul này được dùng để xử lý số liệu đo được từ 1 hay nhiều trạm toàn đạc điện tử trong cùng một thời gian. Số liệu đo đến các điểm cơ sở của các máy trong mỗi vòng đo (toàn vòng) sẽ được bình sai bằng Modul này đồng thời tính toán ra tọa độ của các điểm quan trắc cho mỗi vòng đo. Kết quả tính toán được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu trung tâm.



Hình 2.15. Giao diện Modul TERRESTRIAL ENGINE RT

2.5. LẮP ĐẶT HỆ THỐNG

2.5.1. Thiết bị cho một trạm máy chủ (Base)

Với những đập thủy điện nhỏ, thường chỉ lắp đặt hệ thống quan trắc đơn giản với một trạm máy đo, thiết bị và vật tư phụ trợ bao gồm:

- Máy toàn đạc điện tử Trimble S8: 01 bộ
- Gương bàn dùng cho điểm cơ sở: 04 bộ, Gương quan trắc: 25-30 chiếc, Gương giấy: 25 tờ
- Cáp kết nối các loại: 01 bộ, Thiết bị truyền số liệu Moxa: 01 bộ (Tx, Rx), Sensor nhiệt Papouch: 01 bộ
- Máy tính trạm HP: 01 bộ, Bộ cấp nguồn UPS: 01 bộ
- Phần mềm điều khiển T4D Total Station Realtime: 01 bộ

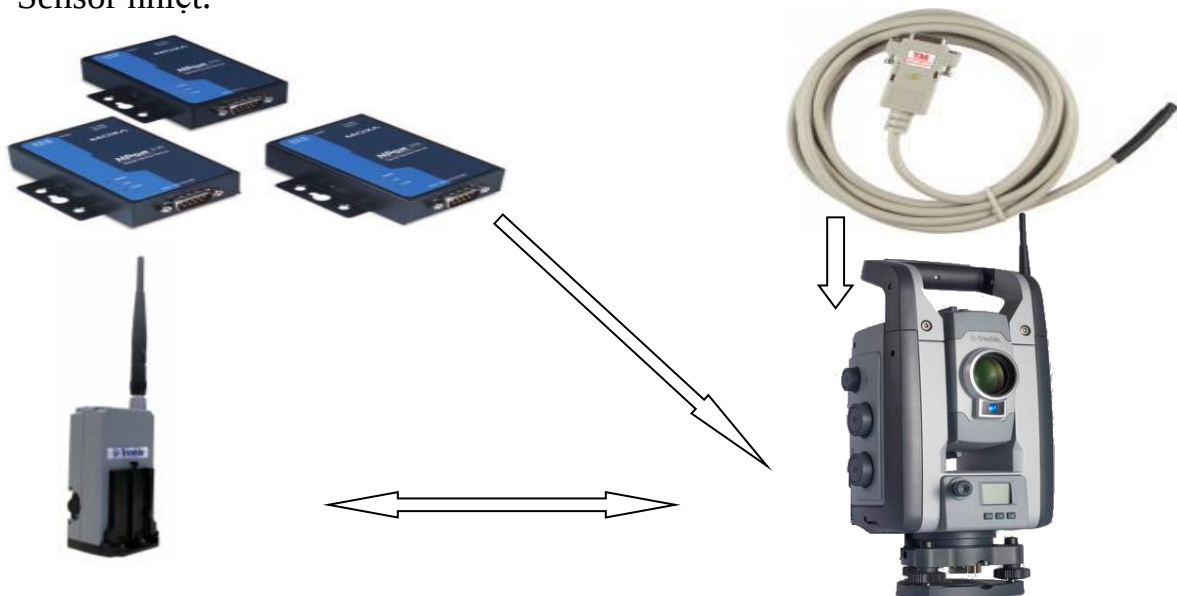
2.5.2. Lắp đặt hệ thống

Máy toàn đạc được đặt tại bệ mốc được thiết kế sẵn với định tâm bắt buộc. Để đảm bảo cho máy vận hành liên tục và tránh ảnh hưởng của thời tiết và bụi nước khi đập xả lũ phải làm hệ thống máy che. Sensor nhiệt được gắn ngay cạnh trạm máy.



Hình 2.16. Trạm máy chủ (Base)

Máy toàn đạc Trimble S8 được kết nối với nguồn điện qua cáp nguồn đến bộ lưu điện UPS. Cổng Serial kết nối trực tiếp với thiết bị truyền không dây Moxa kèm Sensor nhiệt.



Hình 2.17. Máy toàn đạc và các bộ phận truyền dẫn

Số liệu đo từ máy toàn đạc, Sensor nhiệt được truyền vào thiết bị Moxa qua cổng RS242, RS422. Moxa sẽ chuyển tín hiệu này sang dạng số theo khuôn dạng GNV. Tín hiệu từ Moxa về máy tính xử lý qua hai dạng:

- Radio: Liên kết sóng vô tuyến tần số 2.4GHz
- Ethernet: Liên kết mạng theo giao thức TCP/IP

Phần mềm T4D sẽ kiểm tra và tự động nhận IP riêng biệt của máy toàn đạc

và Sensor nhiệt qua cả hai giao thức trên.

Hình 2.18. *Sơ đồ liên kết tại trạm xử lý trung tâm*

Tại trung tâm xử lý, máy tính cài phần mềm T4D và thực hiện thao tác kết nối với từng thiết bị theo địa chỉ IP đặt trước. Tiến hành đặt các thông số cho máy toàn đạc bao gồm tên điểm cơ sở, tên điểm quan trắc. Tiến hành ngắm lần lượt đến các điểm đo và gán nhãn tên cho từng điểm. Chạy Modul Data Collector và Temperature Sensor để điều khiển việc cấu hình và đo ngắm.

Hệ thống sẽ chạy tự động Modul Deformation và Report/Alarm.

Chương 3

THIẾT KẾ XÂY DỰNG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG QUAN TRẮC TẠI CÁC CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN

3.1. THIẾT KẾ HỆ THỐNG LƯỚI QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH NGANG

3.1.1. Nguyên tắc xây dựng lưới quan trắc chuyển dịch ngang công trình

Chuyển dịch ngang công trình được xác định trên cơ sở so sánh tọa độ các điểm quan trắc gắn trên công trình ở 2 chu kỳ quan trắc khác nhau. Như vậy để thực hiện quan trắc chuyển dịch cần phải xây dựng một mạng lưới khống chế với 2 loại điểm mốc:

- Hệ thống mốc loại 1 được xây dựng tại các vị trí cố định bên ngoài phạm vi ảnh hưởng chuyển dịch của công trình, các mốc này có tác dụng là cơ sở tọa độ gốc cho toàn bộ công tác quan trắc và được gọi là mốc khống chế cơ sở. Yêu cầu đối với điểm mốc khống chế là *phải có vị trí ổn định trong suốt quá trình quan trắc*.

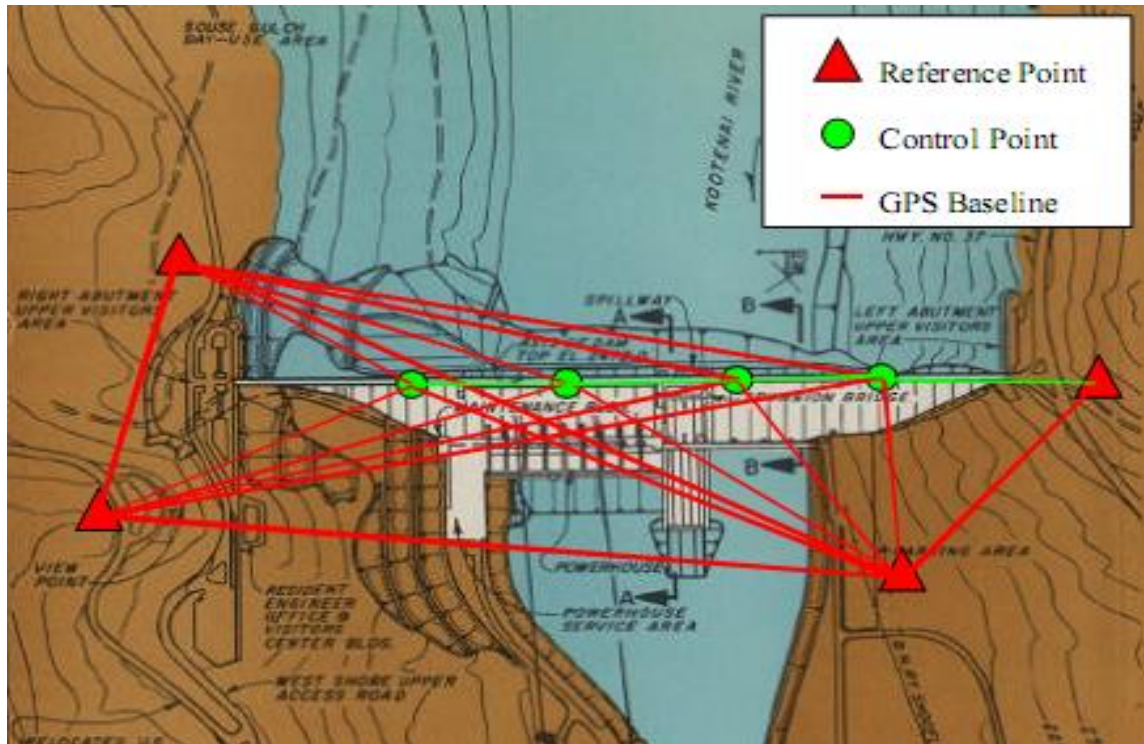
- Hệ thống mốc loại 2 là các mốc gắn trên công trình, cùng chuyển dịch với đối tượng quan trắc và được gọi là mốc chuyển dịch (mốc quan trắc).

Hình thức mốc trong quan trắc chuyển dịch ngang được thiết kế phù hợp với đặc điểm của từng loại công trình cụ thể, tuy nhiên điều bắt buộc là các mốc đó đều phải có kết cấu thuận tiện cho việc đặt thiết bị đo và bảo đảm hạn chế sai số định tâm máy cũng như bằng ngắm ở giới hạn cho phép.

Trong mỗi chu kỳ quan trắc cần thực hiện các phép đo để xác định vị trí tương đối giữa các điểm mốc khống chế nhằm kiểm tra và đánh giá độ ổn định của các mốc đó, như vậy sẽ tạo thành một bậc lưới được gọi là *lưới khống chế*. Đồ hình đo nối giữa hệ thống mốc quan trắc với các mốc khống chế tạo ra bậc lưới thứ 2, được gọi là *bậc lưới quan trắc*. Giữa 2 bậc lưới nêu trên có thể xây dựng thêm một số bậc trung gian, tạo thành một hệ thống lưới nhiều bậc. Tuy vậy, với các thiết bị đo đặc như hiện nay thì áp dụng lưới 2 bậc là phù hợp và bảo đảm tính chặt chẽ so với lưới có số bậc nhiều hơn.

Giải pháp hợp lý và có hiệu quả kinh tế là thành lập mạng lưới khống chế cơ

sở với các mốc chôn nông. Áp dụng các biện pháp đo và xử lý số liệu thích hợp để đánh giá mức độ chuyển dịch của các mốc trong lưới, trên cơ sở đó lựa chọn các mốc ổn định để làm cơ sở tọa độ gốc cho toàn bộ công tác quan trắc. Bậc lưới quan trắc được xây dựng như lưới phụ thuộc, trên cơ sở số liệu đo đạc tiến hành bình sai, tính toán tọa độ các mốc quan trắc và các tham số chuyển dịch biến dạng công trình.



Hình 3.1. Sơ đồ lưới cơ sở, lưới quan trắc một công trình thủy điện

3.1.2. Nguyên tắc thiết kế lưới

Đối tượng để quan trắc là những công trình chịu áp lực ngang một phía và rất nhạy cảm với biến dạng, Khi đó, người ta đặc biệt quan tâm đến chuyển dịch theo hướng áp lực. Vì vậy, để có thể phát hiện được chuyển dịch công trình thường yêu cầu sai số vị trí điểm theo hướng áp lực của các điểm quan trắc không vượt quá một giá trị nào đó. Trong quan trắc chuyển dịch và biến dạng, ngoài yêu cầu về độ chính xác còn đặt ra yêu cầu về mặt thời gian, tức là trong khoảng thời gian ngắn nhất cần cung cấp chính xác và kịp thời các thông tin về biến dạng công trình. Đối với lưới quan trắc chuyển dịch ngang công trình, việc thiết kế chọn điểm bị chi phối nhiều không những bởi điều kiện địa hình, mà còn bởi đặc điểm, yêu cầu kỹ thuật và dạng hình học của từng loại công trình. Đặc điểm này cho thấy ít có điều

kiện để chọn được một đồ hình tốt khi thiết kế lưới. Vì vậy, cần có các biện pháp để nâng cao độ chính xác hoặc đạt được hiệu quả của lưới thiết kế.

Thực tế cho thấy có một số mô hình thiết kế tối ưu lưới quan trắc chuyển dịch sau:

-Thiết kế tối ưu giá thành: Yêu cầu lưới có độ chính xác cho trước với giá thành nhỏ nhất. Biên số thiết kế được chọn là các đại lượng đo trong lưới. Đầu tiên, căn cứ vào bản đồ và thực địa để xác định tập đại lượng đo có thể giữa các điểm lưới. Nhiệm vụ của người thiết kế là chọn ra những đại lượng đo trong số các đại lượng đo có thể sao cho mạng lưới được tạo thành từ những đại lượng đo đã chọn vừa thỏa mãn độ chính xác yêu cầu vừa có kinh phí đo thấp nhất hoặc thời gian đo ít nhất.

- Thiết kế tối ưu thời gian quan trắc: Đòi hỏi lưới đạt độ chính xác cho trước với chi phí thời gian ít nhất.

- Thiết kế tối ưu độ chính xác lưới: Đòi hỏi lưới có độ chính xác cao nhất với chi phí lao động, thời gian, kinh phí cho trước.

3.1.3. Yêu cầu độ chính xác các bậc lưới

Cơ sở để tính toán độ chính xác các bậc lưới trong quan trắc chuyển dịch công trình là yêu cầu *độ chính xác xác định chuyển dịch ngang* (m_Q), thông thường giá trị m_Q phụ thuộc vào một số yếu tố như điều kiện địa chất nền móng, đặc điểm kết cấu, chế độ vận hành công trình. Do lưới quan trắc chuyển dịch công trình thường có yêu cầu rất chặt chẽ về độ chính xác, vì vậy khi ước tính cần phải áp dụng tiêu chuẩn sai số theo hướng để đặc trưng cho độ chính xác của bậc lưới quan trắc. Sai số vị trí điểm theo hướng cho trước (φ) được tính theo công thức:

$$m_{\varphi} = \mu \sqrt{E \cdot \cos^2 \varphi + F \cdot \sin^2 \varphi} \quad (3.1)$$

Trong đó E, F là các bán trục lớn và nhỏ của Elip sai số:

-Bán trục lớn:

$$E = \mu \sqrt{\frac{Q_{xx} + Q_{yy}}{2} + \sqrt{\frac{(Q_{xx} - Q_{yy})^2}{4} + 4Q_{xy}^2}}$$

-Bán trục nhỏ:

$$F = \mu \sqrt{\frac{Q_{xx} + Q_{yy}}{2} - \sqrt{\frac{(Q_{xx} - Q_{yy})^2 + 4Q_{xy}^2}{4}}} \quad (3.2)$$

-Hướng của bán trục lớn (α):

$$\tan(2\alpha) = \frac{2Q_{xy}}{Q_{xx} - Q_{yy}}$$

Dựa vào yêu cầu độ chính xác xác định chuyển dịch để xác định yêu cầu độ chính xác đối với các bậc lưới theo trình tự sau:

Trường hợp 1: Khi yêu cầu độ chính xác m_Q được cho là sai số theo hướng, khi đó đối với điểm quan trắc thứ i chúng ta có:

$$m_i^\varphi \leq \frac{m_Q}{\sqrt{2}} \quad (3.3)$$

Và lấy chỉ tiêu độ chính xác chung cho toàn bộ mạng lưới từ điều kiện:

$$\max(m_1^\varphi, m_2^\varphi, \dots, m_n^\varphi) \leq \frac{m_Q}{\sqrt{2}} \quad (3.4)$$

Trường hợp 2: Khi yêu cầu độ chính xác m_Q được cho là sai số của vector chuyển dịch, khi đó trước hết chúng ta phải xác định sai số lớn nhất đối với điểm quan trắc, hiển nhiên là sai số lớn nhất tại mỗi điểm sẽ bằng bán trục lớn của elip sai số tại điểm đó. Kí hiệu E_i là bán trục lớn của elip sai số tại điểm i , chúng ta sẽ có điều kiện:

$$\max(E_1, E_2, \dots, E_n) \leq \frac{m_Q}{\sqrt{2}} \quad (3.5)$$

2. Xác định sai số các bậc lưới

Trong hệ thống lưới có n bậc với hệ số giảm độ chính xác giữa các bậc lưới là k , sai số tổng hợp các bậc lưới là m_P thì sai số bậc lưới thứ i được xác định theo công thức:

$$m_i = \frac{m_P \cdot k^{i-1}}{\sqrt{1 + k^2 + \dots + k^{2(n-1)}}} \quad (3.6)$$

3.2. KẾT CẤU MỐC QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH NGANG

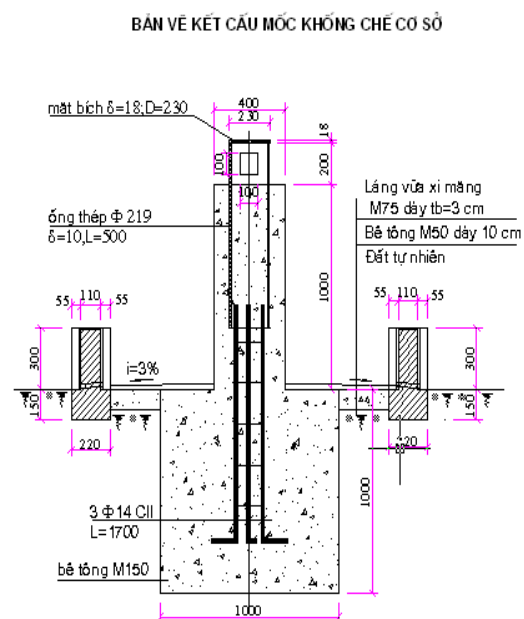
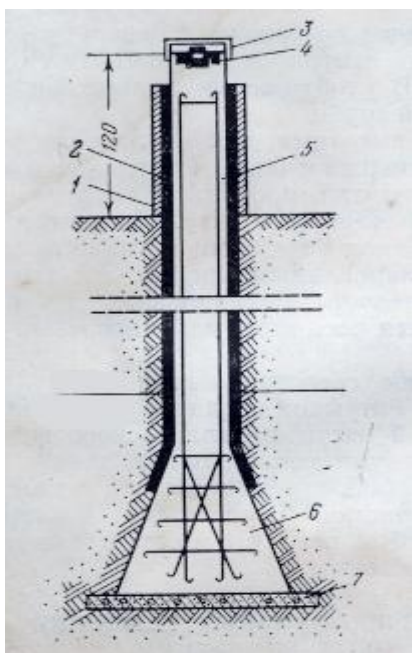
Mốc cơ sở được đặt ngoài phạm vi chuyển dịch ngang của công trình, tại những nơi có điều kiện địa chất ổn định. Trong mỗi chu kỳ quan trắc phải kiểm tra sự ổn định của các mốc cơ sở. Nếu phát hiện thấy mốc cơ sở bị chuyển dịch thì phải thực hiện hiệu chỉnh vào kết quả đo của các mốc quan trắc.

Mốc quan trắc được gắn trên công trình tại những vị trí cần theo dõi chuyển dịch. Kết cấu mốc phải được lựa chọn cẩn thận để bảo đảm độ bền vững, có thể bảo quản lâu dài và thuận lợi cho việc đặt thiết bị quan trắc.

3.2.1. Kết cấu mốc khống chế cơ sở

Trong quan trắc chuyển dịch ngang thường sử dụng loại mốc cột có kết cấu định tâm bắt buộc, loại mốc này cho phép thực hiện định tâm máy và tiêu ngắm với độ chính xác cao. Trên hình 3.2 và 3.3 đưa ra một số bản vẽ kết cấu và hình ảnh loại mốc cột đang được sử dụng để quan trắc nhiều công trình thủy điện ở Việt nam.

Đối với những công trình có yêu cầu độ chính xác quan trắc không cao, có thể sử dụng loại các loại mốc chôn chìm với lõi mốc được gia công bằng hợp kim thép không gỉ và có khắc vạch chữ thập để đánh dấu vị trí tim mốc.



Hình 3.2. Bản vẽ kết cấu mốc cơ sở

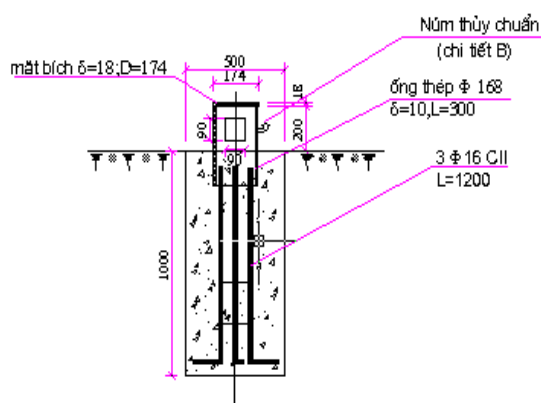


3.2.2. ~~Kết cấu móng quan trắc~~ cột bê tông ống sắt tại công trình thủy điện

Đối với công trình dân dụng, mốc quan trắc được đặt theo chu vi của công trình, các mốc cách nhau không quá 20m, ở những vị trí chịu ảnh hưởng lớn của áp lực ngang thì khoảng cách giữa các mốc là 10÷15m.

Đối với công trình công nghiệp, phân bố mốc quan trắc tùy thuộc vào loại móng công trình, móng băng liên khối: các mốc đặt cách nhau 10÷15m, móng cọc hoặc khối: trên mỗi khối móng được đặt không ít hơn 3 mốc.

Tại các đập thủy lợi, thủy điện, mốc quan trắc được bố trí trong đường hầm thân đập, dọc theo các tuyến cơ và đỉnh đập, nếu là đập đất đá thì khoảng cách giữa các mốc khoảng 15÷50m, còn đối với đập bê tông thì tại mỗi khối bố trí từ hai mốc trở lên.



Hình 3.4: Mốc quan trắc dạng cột bê tông ống sắt

3.3. THÀNH LẬP LƯỚI MẶT BẰNG QUAN TRẮC CHUYÊN DỊCH NGANG CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN

3.3.1. Lưới khống chế cơ sở

1. Phân bố điểm

Các điểm của lưới khống chế được chọn làm cơ sở tọa độ gốc cho việc xây dựng và tính toán mạng lưới quan trắc. Ngoài yêu cầu chọn vị trí có điều kiện địa chất ổn định, nằm ngoài phạm vi tác động của biến dạng công trình, các điểm khống chế cơ sở được chọn tại những nơi có địa hình thuận lợi cho việc đặt máy và đo ngắm tới các điểm quan trắc. Với những công trình đòi hỏi quan trắc chuyển dịch với độ chính xác cao thì các mốc khống chế cơ sở được thiết kế theo dạng định tâm bắt buộc. Đối với các công trình thủy điện, các mốc khống chế cơ sở thường được bố trí ở hai đầu đập và hai bên bờ sông về phía hạ lưu.

2. Cấu trúc hình học của lưới

Để bảo đảm độ chính xác cao của công tác quan trắc, đồ hình của lưới khống chế được thiết kế dưới dạng tam giác dày đặc. Trước đây, khi phương tiện đo chiều dài còn hạn chế, các mạng lưới khống chế thường được xây dựng dưới dạng lưới tam giác đo góc với một số cạnh đáy được đo chính xác bằng thước dây invar. Lưới tam giác đo góc có một số nhược điểm, cụ thể là khó chọn vị trí để đo cạnh đáy, lưới có độ chính xác không cao, thời gian thi công lâu. Hiện nay, nhờ những tiến bộ vượt bậc trong công nghệ đo dài điện tử nên mạng lưới khống chế thường xây dựng dưới các hình thức lưới tam giác đo cạnh hoặc đo góc- cạnh.

Trong quá trình thiết kế các mạng lưới góc-cạnh luôn gặp và phải giải quyết vấn đề xác định tương quan hợp lý giữa sai số đo góc và sai số đo chiều dài trong lưới, điều này không những giúp xây dựng được mạng lưới với sai số đồng đều mà còn có ý nghĩa về hiệu quả kinh tế.

Nhiều kết quả nghiên cứu, khảo sát vấn đề này đã chỉ ra rằng, tương quan hợp lý nhất giữa sai số đo góc và đo chiều dài trong các mạng lưới đo góc- cạnh là:

$$\frac{m_s}{S} = \frac{m_\beta}{\rho} \quad (3.7)$$

Trong đó m_β , m_s là sai số đo góc và đo chiều dài trong lưới.

Trong mọi trường hợp, khi thiết kế các chỉ tiêu độ chính xác đo trong mạng lưới góc-cạnh, cần chú ý bảo đảm điều kiện:

$$\frac{1}{3} < \frac{m_\beta}{\rho} : \frac{m_s}{S} < 3 \quad (3.8)$$

Nếu điều kiện (3.8) không được đáp ứng thì khi đó chỉ nên sử dụng phương pháp đo góc hay đo cạnh riêng biệt, tùy thuộc vào đại lượng nào nhỏ hơn m_β/ρ hay m_s/S .

Hiện nay với những tiến bộ của công nghệ điện tử, trong thành lập lưới trắc địa công trình thường sử dụng máy toàn đạc điện tử với các thông số kỹ thuật khác nhau. Sử dụng máy toàn đạc điện tử trong thành lập lưới cho hiệu quả cao, cả về thời gian, độ chính xác và giá thành công trình.

3.3.2. Lưới quan trắc

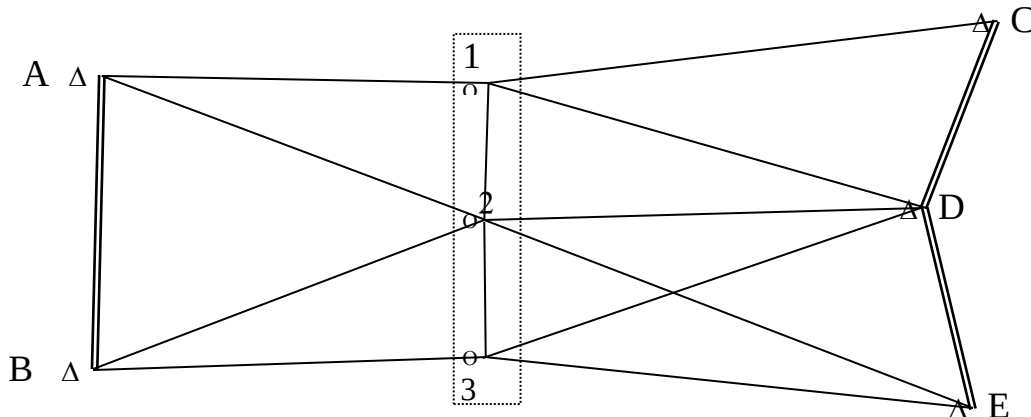
Chuyển dịch ngang công trình được xác định trên cơ sở so sánh tọa độ mốc quan trắc ở các thời điểm (chu kỳ) đo khác nhau. Trong mỗi chu kỳ thường xây dựng một bậc lưới trắc địa liên kết các mốc quan trắc, mạng lưới này được định vị theo hệ tọa độ của lưới khống chế cơ sở. Tùy thuộc địa hình thực địa và đặc điểm kết cấu công trình, có thể thành lập lưới quan trắc bằng các phương pháp tam giác, đa giác, giao hội hoặc lưới đo hướng chuẩn.

1. Phương pháp tam giác

Phương pháp tam giác (với các đồ hình đo góc, đo cạnh hoặc đo góc-cạnh) thường được ứng dụng để quan trắc chuyển dịch ngang của các công trình xây dựng ở vùng đồi núi như các đập thủy lợi- thủy điện, công trình cầu, đường.... Các mốc quan trắc được bố trí ở những vị trí đặc trưng của công trình, có kết cấu thuận tiện cho việc đặt máy, gương hoặc bảng ngắm. Để đo các yếu tố (góc, cạnh) trong lưới có thể sử dụng máy kinh vĩ hoặc toàn đạc điện tử chính xác cao. Lưới quan trắc được tính toán bình sai theo phương pháp chặt chẽ để bảo đảm độ tin cậy của

kết quả.

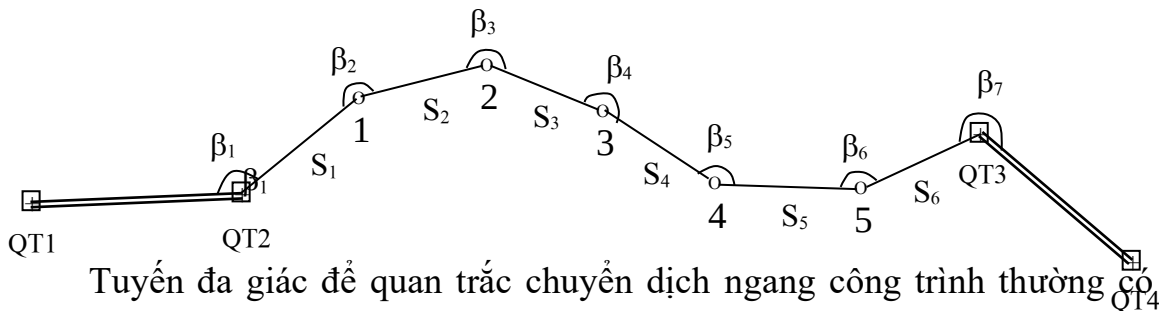
Lưới quan trắc được xây dựng theo hình thức tam giác thường là mạng lưới dày đặc với đồ hình rất chặt chẽ, cho phép xác định tọa độ các điểm trong lưới với độ chính xác cao. Tuy nhiên, do số lượng trị đo trong lưới tam giác thường là lớn nên việc đo đạc trong mạng lưới cũng tốn nhiều thời gian, công sức và các chi phí khác. Trên hình 3.3 nêu ví dụ về một mạng lưới quan trắc chuyển dịch công trình.



Hình 3.5. Lưới tam giác trong quan trắc chuyển dịch ngang

2. Phương pháp đa giác

Phương pháp đa giác được sử dụng để quan trắc chuyển dịch ngang của những công trình có dạng hình cung như các tuyến đường, hầm giao thông, tuyến đập dạng vòm. Trên mỗi tuyến quan trắc xây dựng 1 đường chuyển qua các mốc gắn tại công trình, ở hai đầu được dựa trên 2 điểm khống chế cơ sở và đo nối ít nhất 2 phương vị góc. Đo góc, cạnh trong tuyến đa giác bằng máy toàn đạc điện tử chính xác.

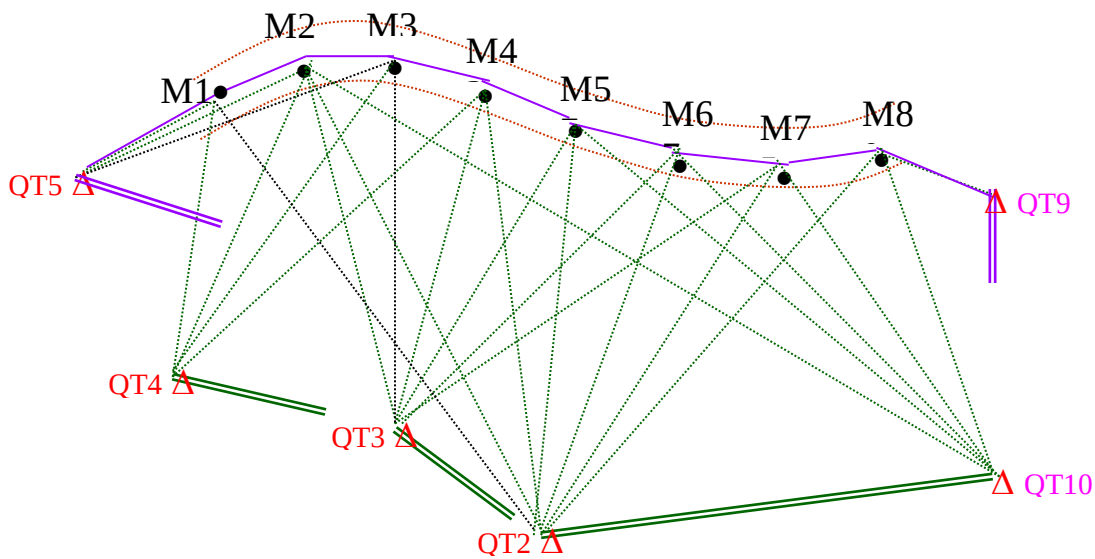


Tuyến đa giác để quan trắc chuyển dịch ngang công trình thường có dạng gần với đường tròn hoặc đường cong. Sai số vị trí các điểm của tuyến phụ thuộc vào sai số đo góc m_β , sai số đo cạnh m_s , điểm yếu nhất (sau bình sai) sẽ là điểm nằm ở

giữa tuyến.

3. Phương pháp giao hội

Các dạng lưới giao hội (giao hội góc, giao hội cạnh và giao hội góc- cạnh) có thể được áp dụng để quan trắc chuyển dịch ngang công trình một cách hiệu quả. Lưới giao hội dễ phù hợp với nhiều dạng địa hình, nhiều loại công trình và triển khai thi công thuận tiện bằng các loại máy toàn đạc điện tử. Khi thiết kế phương án cần cân nhắc, lựa chọn đồ hình giao hội phù hợp, để vừa bảo đảm các yêu cầu kỹ thuật quan trắc, vừa đạt hiệu quả kinh tế của công việc. Trong lưới giao hội, máy đo được đặt tại các điểm khống chế cơ sở, tiêu ngắm (hoặc gương) đặt tại các mốc quan trắc. Từ các điểm lưới khống chế tiến hành đo các yếu tố cần thiết (góc hoặc cạnh) đến tất cả các điểm quan trắc trên tuyến.



Hình 3.7. Sơ đồ lưới quan trắc theo phương pháp giao hội

Dựa vào tọa độ của các điểm quan trắc ở 2 chu kỳ đo khác nhau để tính giá trị và hướng chuyển dịch. Nếu ký hiệu: $X^{(i)}$, $X^{(j)}$, $Y^{(i)}$, $Y^{(j)}$ - tọa độ của điểm N tính được ở chu kỳ i và j; Q_x , Q_y - chuyển dịch của điểm N theo trục OX, OY; Q , α - giá trị và hướng của chuyển dịch toàn phần thì các tham số chuyển dịch của điểm N được tính theo công thức (3.9):

$$Q_x = X^{(i)} - X^{(j)}$$

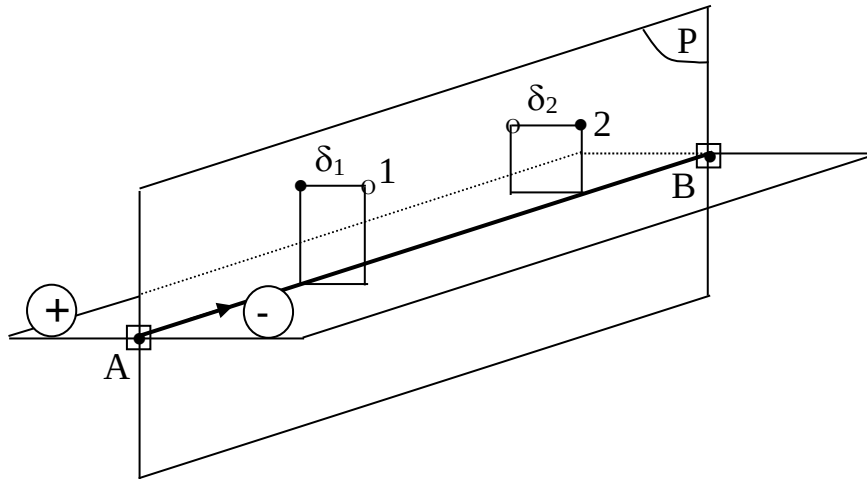
$$Q_y = Y^{(i)} - Y^{(j)}$$

$$Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} \quad (3.9)$$

$$\alpha = \text{Arctg} \frac{Q_y}{Q_x}$$

4. Phương pháp hướng chuẩn

Hướng chuẩn qua hai điểm là mặt phẳng thẳng đứng đi qua hai điểm đó. Trên hình 3.7 thể hiện mặt phẳng đứng P là hướng chuẩn qua 2 điểm A, B.



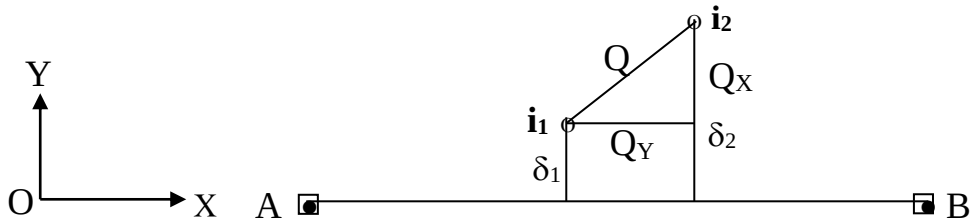
Hình 3.8. Khái niệm về hướng chuẩn

Độ lệch hướng của điểm (i) so với hướng chuẩn là khoảng cách từ điểm (i) đến hướng chuẩn (mặt phẳng thẳng đứng). Cũng trên hình 3.7: điểm 1 có độ lệch hướng δ_1 , độ lệch hướng của điểm 2 là δ_2 . Theo quy ước, độ lệch hướng về bên phải mặt phẳng P mang dấu (-), lệch về bên trái mang dấu (+).

Công tác trắc địa thực hiện với mục đích xác định độ lệch hướng của các điểm quan trắc so với mặt phẳng thẳng đứng qua 2 điểm cơ sở được gọi là đo hướng chuẩn. Thực tế phương pháp hướng chuẩn được áp dụng trong nhiều lĩnh vực trắc địa công trình: trong định vị công trình, trong đo vẽ hoàn công, trong đo chuyển dịch ngang các công trình dạng thẳng.

Trong phương pháp hướng chuẩn thường lấy trục hoành trùng với hướng chuẩn và trục tung vuông góc với nó. Chuyển dịch ngang một điểm của công trình là sự thay đổi tung độ của điểm đó trong các chu kỳ quan trắc khác nhau.

Giả định i là điểm quan trắc, ở chu kỳ 1 có vị trí i_1 với độ lệch hướng δ_1 và ở chu kỳ 2 có vị trí i_2 với độ lệch hướng δ_2 (hình 3.9):



Hình 3.9. Xác định chuyển dịch ngang theo hướng chuẩn

Khi đó chuyển dịch của điểm i theo hướng vuông góc với hướng chuẩn gốc AB được tính theo công thức:

$$Q_x = \delta_2 - \delta_1 \quad (3.10)$$

Phương pháp hướng chuẩn có ưu điểm là đơn giản, dễ thực hiện và cho độ chính xác cao, tuy nhiên nhược điểm của phương pháp quan trắc này là chỉ cho phép xác định chuyển dịch theo một hướng (vuông góc với hướng chuẩn).

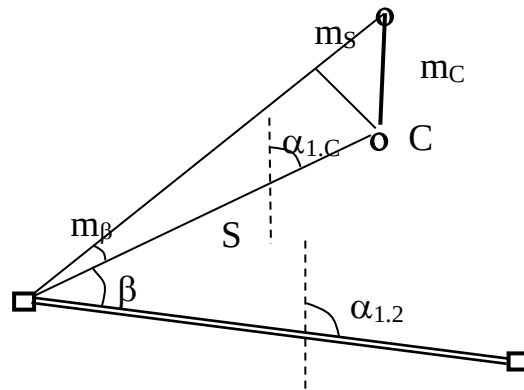
3.4. XÂY DỰNG LƯỚI MẶT BẰNG QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH NGANG VỚI ỨNG DỤNG HỆ THỐNG QUAN TRẮC TỰ ĐỘNG

3.4.1. Phương pháp quan trắc từ một trạm máy

Cơ sở lý thuyết của phương pháp này là tọa độ điểm 1,2 và phương vị $\alpha_{1,2}$ đã được xác định từ lưới không chế cơ sở. Tọa độ điểm C đã cho trong thiết kế.

Điểm C được bố trí ở thực địa bằng cách dựng góc β và chiều dài ngang l . β và l được tính từ số liệu cho trước và theo các công thức:

$$\begin{aligned}
 \alpha_{1,C} &= \text{Arctg} \frac{y_C - y_1}{x_C - x_1} \\
 \beta &= \alpha_{1,2} - \alpha_{1,C} \\
 S &= \sqrt{(x_C - x_1)^2 + (y_C - y_1)^2}
 \end{aligned}
 \tag{3.11}$$

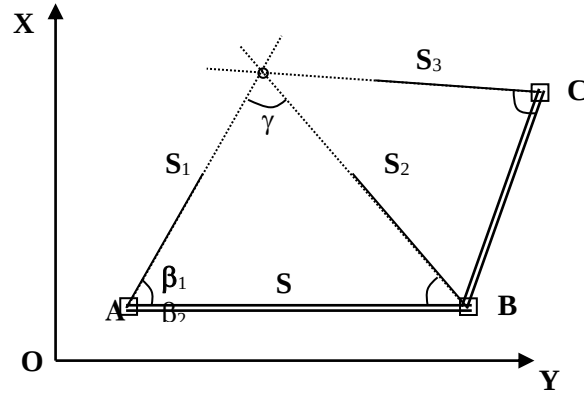


Hình 3.10. Phương pháp tọa độ cực

Phương pháp quan trắc từ một trạm máy thực chất là phương pháp tọa độ cực và không có trị đo thừa do đó độ tin cậy không cao và có thể dẫn tới sai lầm. Tuy nhiên với các thiết bị toàn đạc có độ chính xác cao như hiện nay người ta vẫn thực hiện phương án này khi kết hợp với công nghệ GPS, còn với phương pháp quan trắc tự động bằng máy toàn đạc nên sử dụng phương pháp quan trắc từ hai hay nhiều trạm máy.

3.4.2. Phương pháp quan trắc từ nhiều trạm máy

Để thêm trị đo thừa của trị đo người ta thường dùng phương pháp quan trắc từ hai hay nhiều trạm máy cùng một thời điểm. Thực chất của phương pháp này là phương pháp giao hội. Cơ sở lý thuyết của phương pháp này là xét điểm quan trắc P được xác định bằng một trong 3 phương pháp giao hội đơn là giao hội góc, giao hội cạnh và giao hội góc- cạnh (hình 3.11). Ký hiệu sai số đo góc là m_β , còn sai số đo các cạnh S_1 và S_2 là m_{S1} và m_{S2} tương ứng. Khi đó các công thức tính sai số vị trí điểm P đối với từng trường hợp giao hội như sau:



Hình 3.11: Đồ hình giao hội

- Trường hợp giao hội góc

$$m'_P = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin(\gamma)} \sqrt{S_1^2 + S_2^2} \quad (3.12)$$

- Trường hợp giao hội cạnh

$$m''_P = \frac{1}{\sin(\gamma)} \sqrt{m_{S1}^2 + m_{S2}^2} \quad (3.13)$$

- Trường hợp giao hội góc-cạnh

$$m_P = \frac{m'_P \cdot m''_P}{\sqrt{m_P'^2 + m_P''^2}} \quad (3.14)$$

Trong đó: m'_P và m''_P là sai số vị trí điểm P, được tính riêng rẽ cho đồ hình giao hội góc và giao hội cạnh.

Khi điểm P được xác định bằng phương pháp giao hội từ hơn 2 điểm khống chế cơ sở, ký hiệu N là số lượng tất cả các trị đo, K là số trị đo tối thiểu (trong lưới giao hội K=2), khi đó có thể tính gần đúng sai số trung phương vị trí điểm giao hội theo công thức:

$$M \approx M_0 \sqrt{\frac{K}{N}} \quad (3.15)$$

Trong công thức (3.15) M_0 là sai số trung phương vị trí điểm giao hội (P), tính được khi N=2.

Nhiều kết quả khảo sát lý thuyết và thực nghiệm cho thấy tương quan độ

chính xác giữa các đồ hình lưới giao hội góc, giao hội cạnh và giao hội góc- cạnh như sau:

- Khi chiều dài cạnh ngắn thì độ chính xác của giao hội góc và giao hội cạnh là tương đương.

- Khi chiều dài cạnh tăng lên độ chính xác của lưới giao hội góc giảm rất nhanh so với lưới giao hội cạnh, đồng thời độ chính xác của giao hội góc- cạnh cũng không tăng nhiều so với giao hội cạnh.

Từ những phân tích trên có thể nhận thấy: với các mạng lưới cỡ vừa và lớn (chiều dài trong lưới giao hội dao động trong khoảng $300 \div 1500\text{m}$) thì áp dụng giao hội cạnh là có lợi nhất.

3.5. ƯỚC TÍNH ĐỘ CHÍNH XÁC LƯỚI QUAN TRẮC

Để ước tính độ chính xác lưới quan trắc mặt bằng cần phải áp dụng phương pháp ước tính chặt chẽ trên cơ sở bài toán bình sai gián tiếp. Theo phương pháp này quy trình ước tính được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1: Chọn ẩn số (là các đại lượng cần xác định) trong lưới: ẩn số trong lưới mặt bằng là tọa độ (hoặc số hiệu chỉnh tọa độ) của các điểm cần xác định.

Bước 2: Lập ma trận hệ số (A) của hệ phương trình số hiệu chỉnh:

$$A\delta X + L = V \quad (3.15)$$

Trong hệ phương trình (1): ma trận A có số hàng bằng số đại lượng đo, số cột bằng số ẩn số.

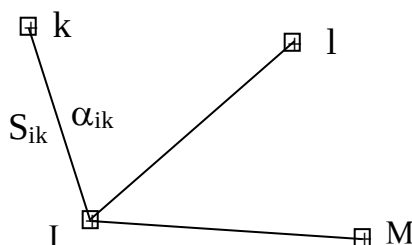
Xác định ma trận trọng số của vector các đại lượng đo:

$$P = \mu^2 K^{-1} \quad (3.16)$$

Trong đó: K là ma trận tương quan giữa các đại lượng đo.

Trong lưới quan trắc chuyển dịch ngang có 3 loại trị đo là trị đo góc, trị đo cạnh và trị đo phương vị:

1.1. Phương trình số hiệu chỉnh hướng (hình 3.12)



$$V_{ik} = -\delta z_1 + a_{ik}\delta x_k + b_{ik}\delta y_{ik} - a_{ik}\delta x_i - b_{ik}\delta y_i + l_{ik} \quad (3.17)$$

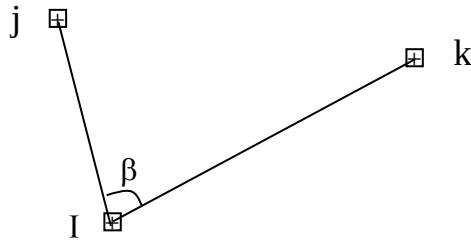
Trong đó:

δz_i - số hiệu chỉnh góc định hướng

$$\begin{pmatrix} a_{ik} \\ b_{ik} \end{pmatrix} = \frac{\rho}{S_{ik}} \begin{pmatrix} -\sin \alpha_{ik} \\ \cos \alpha_{ik} \end{pmatrix} \quad (3.18)$$

Số hiệu chỉnh δz_i được khử theo quy tắc Schreiber bằng cách lập phương trình tổng đối với mỗi trạm đo.

2. Phương trình số hiệu chỉnh góc (hình 3.13)



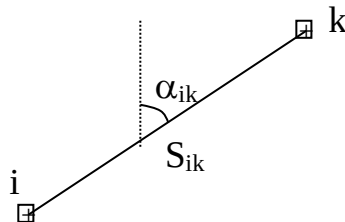
Hình 3.13. Góc đo trên trạm máy

$$V_n = a_{ij}\delta x_j + b_{ij}\delta y_j - a_{ik}\delta x_k - b_{ik}\delta y_k + (a_{ik} - a_{ij})\delta x_i + (b_{ik} - b_{ij})\delta y_i + l_n \quad (3.19)$$

Trong đó:

$$\begin{pmatrix} a_{ik} \\ b_{ik} \end{pmatrix} = \frac{\rho}{S_{ik}} \begin{pmatrix} -\sin \alpha_{ik} \\ \cos \alpha_{ik} \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} a_{ij} \\ b_{ij} \end{pmatrix} = \frac{\rho}{S_{ij}} \begin{pmatrix} -\sin \alpha_{ij} \\ \cos \alpha_{ij} \end{pmatrix} \quad (3.20)$$

3. Phương trình số hiệu chỉnh cạnh (hình 3.14)



Hình 3.14: Cạnh đo

$$V_{ik} = a_{ik}\delta x_k + b_{ik}\delta y_k - a_{ik}\delta x_i - b_{ik}\delta y_i + l_{ik} \quad (3.21)$$

Trong đó:

$$\begin{pmatrix} a_{ik} \\ b_{ik} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin\alpha_{ik} \\ \cos\alpha_{ik} \end{pmatrix} \quad (3.22)$$

Bước 3: Lập ma trận hệ số (R) của hệ phương trình chuẩn:

$$R = A^T P A \quad (3.23)$$

Bước 4: Tính ma trận nghịch đảo

Ma trận nghịch đảo $Q = R^{-1}$ có tác dụng để thực hiện bước đánh giá độ chính xác các yếu tố trong lưới và được xác định từ giải hệ phương trình ma trận $RQ = E$. Đối với lưới tự do, thay cho ma trận nghịch đảo Q cần sử dụng ma trận giả nghịch đảo $R^\sim$, được tính theo công thức:

$$R^\sim = (R + CP_0C^T)^{-1} - TP_0^{-1}T^T \quad (3.24)$$

Với:

$$T = B(C^T B)^{-1} \quad (3.25)$$

Bước 5: Tính các chỉ tiêu sai số của lưới:

Trường hợp tổng quát, ước tính lưới được dựa trên công thức sai số trung phương của hàm số sau bình sai:

$$m_F = \mu \sqrt{\frac{1}{P_F}} \quad (3.26)$$

Trong công thức (13): μ là sai số trung phương đơn vị trọng số (đặc trưng cho độ chính xác đo chênh cao), còn $1/P_F$ là trọng số đảo của hàm số (đặc trưng cho đồ hình lưới).

$$\frac{1}{P_F} = f^T Q f \text{ hoặc } \frac{1}{P_F} = f^T R^\sim f \quad (3.27)$$

Sai số trung phương ẩn số được tính theo công thức:

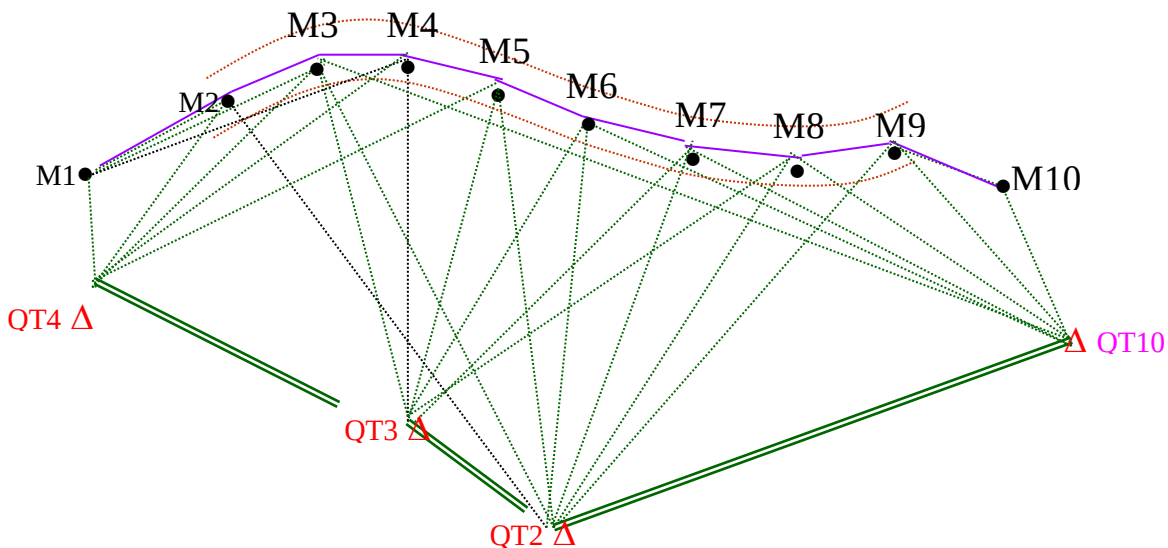
$$m_{X_i} = \mu \sqrt{Q_{ii}} \quad (3.28)$$

3.6. KHẢO SÁT VỊ TRÍ ĐẶT TRẠM MÁY CHỦ

Trong thực tế quan trắc công trình đập thủy điện, các điểm mốc của lưới cơ

sở thường được bố trí tại hai đầu tuyến đập và một số điểm tại phía hạ lưu. Một số công trình còn thiết kế thêm một số điểm trên thượng lưu. Để đưa ra phương án tối ưu khi lắp đặt trạm máy chủ tại công trình chúng tôi tiến hành khảo sát độ chính xác quan trắc cho một công trình thủy điện lấy từ thực tế sản xuất ở Việt Nam với 3 phương án bố trí trạm máy chủ là: Phương án hai trạm máy chủ tại hai đầu tuyến đập (PA1), phương án hai trạm máy chủ tại hai bờ phía hạ lưu đập (PA2), phương án bố trí một trạm tại đầu tuyến đập và một trạm phía hạ lưu (PA3). Ước tính độ chính xác cho các phương án nêu trên bằng phần mềm tính toán chuyên dùng theo thuật toán và quy trình đã nêu ở mục 3.5.

Đề quan trắc tuyến đập công trình thủy điện được lấy làm ví dụ đã thiết kế 04 điểm khống chế cơ sở (hai điểm ở hai đầu tuyến đập và hai điểm ở phía hạ lưu), trên tuyến đập đã thiết kế lắp đặt 10 điểm quan trắc (hình 3.15). Dự kiến sử dụng hệ thống quan trắc tự động bằng máy toàn đạc Trimble S8 với các thông số độ chính xác đo đạc: sai số đo góc $m_\beta=1''$, sai số đo cạnh $m_s=1+1\text{ppm}$. Kết quả ước tính độ chính xác được đưa ra trong Phụ lục 1, 2, 3. Trong bảng 3.1 trình bày tóm tắt kết quả so sánh độ chính xác vị trí điểm đối với các phương án.



Hình 3.15. Sơ đồ lưới quan trắc theo phương pháp giao hội

Bảng 3.1: So sánh độ chính xác vị trí điểm của 3 phương án

Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	PA1	PA2	PA3
1	M1	2251.62	6994.97	0.0013	0.0013	0.0012

2	M2	2283.33	6995.38	0.0014	0.0013	0.0013
3	M3	2319.96	6998.35	0.0014	0.0014	0.0014
4	M4	2330.58	6998.27	0.0014	0.0014	0.0014
5	M5	2352.10	6998.19	0.0013	0.0014	0.0014
6	M6	2387.01	6997.96	0.0013	0.0014	0.0015
7	M7	2418.56	6997.79	0.0012	0.0014	0.0016
8	M8	2440.21	6997.61	0.0013	0.0014	0.0017
9	M9	2449.73	6997.57	0.0014	0.0014	0.0017
10	M10	2474.73	6997.34	0.0014	0.0014	0.0017

Trên cơ sở so sánh độ chính xác từ bảng 3.1 có thể rút ra các nhận xét như sau:

1. Sai số vị trí các điểm quan trắc trong 3 phương án là tương đương nhau và nằm trong khoảng từ 1 đến 2 mm. Điều này chứng tỏ hệ thống quan trắc tự động Trimble S8 có thể áp dụng được để quan trắc chuyển dịch ngang của tất cả các loại đập thủy điện (hiện nay ở Việt Nam yêu cầu độ chính xác đập bê tông nằm trong khoảng từ 2 đến 3mm).
2. Vị trí đặt trạm máy chủ ít chịu ảnh hưởng của đồ hình lưới, vì vậy trong thực tế tùy theo điều kiện cụ thể để chọn sao cho thuận lợi nhất khi triển khai lắp đặt và không bị ảnh hưởng khi đập xả lũ.

Chương 4

THIẾT KẾ LẮP ĐẶT HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG QUAN TRẮC CÔNG TRÌNH THỦY ĐIỆN YALY

4.1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ CÔNG TRÌNH THỰC NGHIỆM

4.1.1. Đặc điểm kết cấu của công trình thủy điện Yaly

Nhà máy thủy điện Yaly được xây dựng trên sông Sê San thuộc ranh giới hai tỉnh Gia Lai, Kon Tum, là công trình thủy điện lớn thứ hai nước ta đã phát điện các tổ máy, sau nhà máy thủy điện Hoà Bình ở thời điểm hiện tại. Thủy điện Yaly có vai trò quan trọng trong việc phát triển hệ thống năng lượng của nước ta hiện nay cũng như trong tương lai.

Thủy điện Yaly nằm trong hệ thống điện toàn quốc, có nhiệm vụ chủ yếu là cung cấp điện cho miền Nam và miền Trung, góp phần làm tăng độ ổn định và tin cậy của hệ thống điện Quốc gia. Ngoài ra, thủy điện Yaly với diện tích mặt hồ lớn có thể phục vụ cho phát triển thủy sản, các mục đích về du lịch, văn hoá khu vực miền Trung – Tây Nguyên.



Hình 4.1. Toàn cảnh nhà máy thủy điện Yaly

Thủy điện Yaly có các thông số kỹ thuật chủ yếu như sau :

- Công suất máy lắp : 720 MW.

- Công suất đảm bảo : 227.38 MW.
- Điện lượng trung bình : 3.658 tỷ KWh/năm.
- Mức nước dâng bình thường : 515 m.
- Mức nước chết : 490 m.
- Dung tích hồ chứa với mực nước dâng bình thường: 1.037 triệu m³.
- Lưu lượng lũ tính toán: 14.500 m³/s.
- Bốn tổ máy với công suất mỗi tổ: 180 MW
- Diện tích mặt hồ: 54 km².

Công trình thủy điện Yaly đã được khởi công xây dựng chính thức từ tháng 11 năm 1993, đến giữa năm 1998 đã thực hiện ngăn đập, tích nước hồ chứa và năm 2000 công trình đã được nghiệm thu và đưa vào sử dụng.

Tuyến áp lực của thủy điện Yaly (gồm đập dâng, đập tràn) là một trong những hạng mục quan trọng của nhà máy. Đập dâng của thủy điện Yaly là loại đập đá đổ với lõi giữa là lớp đất nện dày, về dạng hình học thì đây là loại đập vòm trọng lực với bán kính cong $R = 400$ m. Với các thông số kích thước chủ yếu như sau :

- Chiều dài theo đỉnh đập: 1190 m.
- Chiều cao đập lớn nhất: 69 m.
- Chiều rộng chân đập: 250 m.
- Chiều rộng tại đỉnh đập: 10 m.

Theo mặt cắt ngang, đập được chia thành 4 bậc gồm 1 bậc ở phía thượng lưu và 3 bậc ở hạ lưu, mỗi bậc có hành lang rộng khoảng 8 - 10 m.

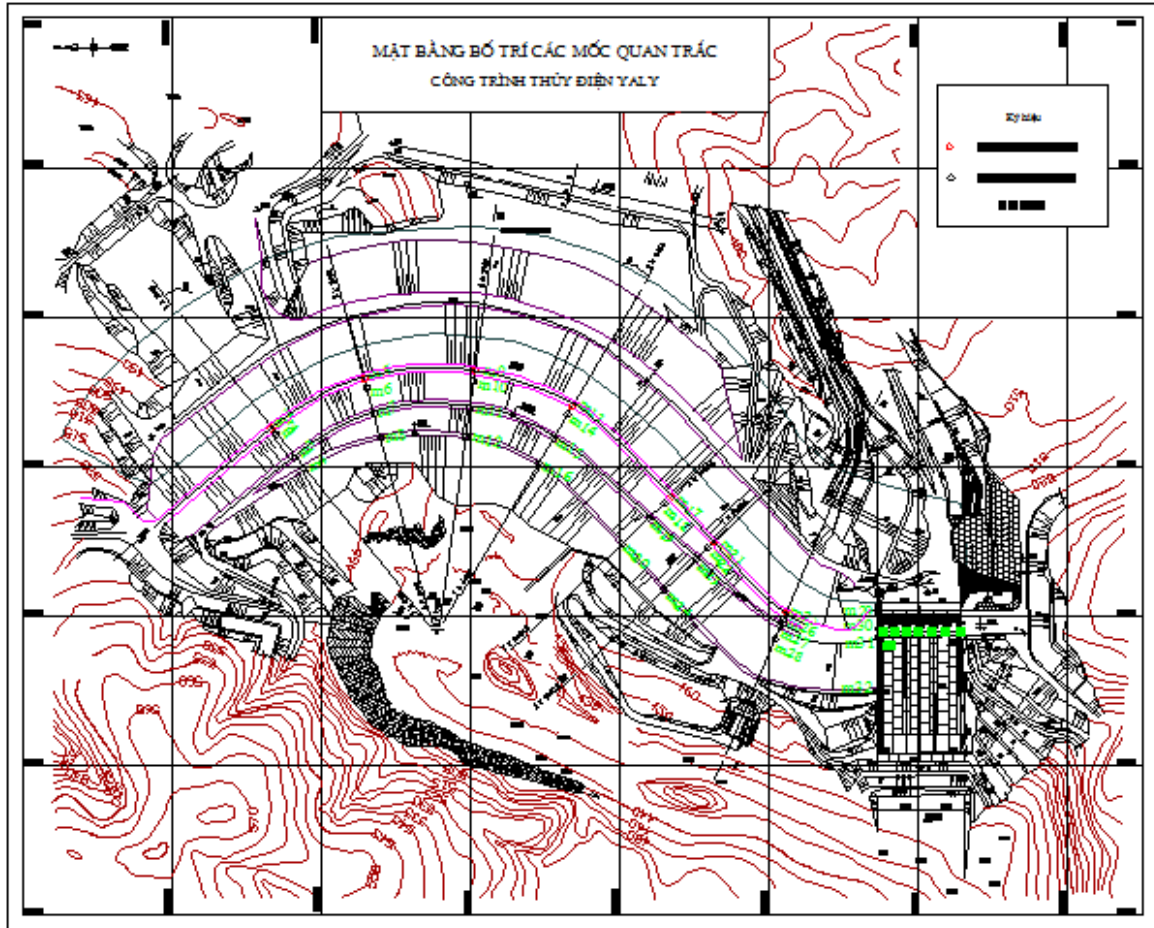
Đập tràn xả lũ có kết cấu bê tông cốt thép trên nền đá và bao gồm hai phần chính là: phần tràn và phần dốc nước. Đập tràn có kích thước:

- Chiều dài đập: 191m.
- Chiều rộng: 105m.

4.1.2. Yêu cầu kỹ thuật quan trắc

Cơ quan thiết kế theo yêu cầu quan trắc đập dâng thủy điện Yali gồm 32 điểm nằm trên 04 cơ đập, mỗi cơ đập gồm 08 điểm được đặt tên lần lượt từ m1

đến m32. Móc quan trắc được thiết kế trên cùng một trục tính từ tâm cung đập, tại mỗi vị trí móc theo thiết kế, người ta gắn cùng các Sensor địa kỹ thuật khác như cảm biến ứng suất dây rung, cảm biến độ nghiêng... (hình 4.2).



Hình 4.2. Lưới quan trắc mặt bằng thủy điện Yali

Các điểm móc không chế cơ sở được xây dựng tại các vị trí ổn định, thuận lợi cho việc quan trắc trực tiếp đến các điểm quan trắc gắn trên công trình. Hệ thống điểm không chế được liên kết chặt chẽ, tạo thành mạng lưới dày đặc và kết cấu đồ hình vững chắc. Đế móc được đổ bằng bê tông mác cao, trên mặt xây tường vây bảo vệ. Thân móc được làm bằng trụ sắt, mặt trên thiết kế lỗ định tâm bắt buộc. Thân móc thường được sơn hai màu đỏ trắng như cọc tiêu, số hiệu móc được sơn ngay trên thân móc.



Hình 4.3. Hình ảnh móc cơ sở cột sắt định tâm bắt buộc

4.2. HỆ THỐNG LƯỚI MẶT BẰNG QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH NGANG THỦY ĐIỆN YALY

4.2.1. Thiết kế các bậc lưới

Lưới quan trắc chuyển dịch ngang công trình bao gồm 2 bậc lưới:

Bậc một là lưới không chế cơ sở với mục đích làm cơ sở mặt bằng gốc cho toàn bộ công tác quan trắc.

Bậc hai là lưới quan trắc, các điểm của lưới này (điểm quan trắc) được gắn lên công trình, như vậy chuyển dịch của hệ thống điểm quan trắc sẽ đặc trưng cho chuyển dịch của công trình.

1. Lưới không chế cơ sở mặt bằng

Hệ thống móc không chế cơ sở trong quan trắc chuyển dịch công trình cần phải có độ ổn định cao, do đó móc không chế phải đặt ở nơi có nền đất ổn định, nằm ngoài phạm vi chuyển dịch của công trình, thuận lợi cho công tác đo ngắm và phát triển bậc lưới tiếp theo.

2. Lưới quan trắc chuyển dịch

Lưới quan trắc chuyển dịch bao gồm hệ thống các điểm quan trắc được gắn trực tiếp trên công trình và cùng chuyển dịch với công trình, giá trị chuyển dịch của các điểm quan trắc là sự thay đổi tọa độ của các điểm đó theo thời gian và là

chuyển dịch cục bộ của công trình tại vị trí đặt mốc. Như vậy lưới quan trắc chuyển dịch thực chất là lưới mặt bằng, được thành lập nhằm mục đích xác định tọa độ của các điểm (quan trắc) tại từng thời điểm nhất định.

4.2.2. Yêu cầu độ chính xác các cấp lưới

Thông thường việc xây dựng lưới khống chế có nhiều bậc, nhưng đối với quan trắc chuyển dịch ngang công trình được xây dựng trên hai bậc lưới, đó là lưới khống chế cơ sở và lưới quan trắc, từ yêu cầu độ chính xác quan trắc chuyển dịch ngang tuyến đập ($m_q \leq 5\text{mm}$) vậy công thức xác định sai số trung phương vị trí điểm tổng hợp cả hai bậc lưới.

$$m_p = \frac{m_q}{\sqrt{2}} \quad (4.1)$$

Sai số tổng hợp của hai bậc lưới được tính theo công thức:

$$m_0 = \sqrt{m_{kc}^2 + m_{qt}^2} \quad (4.2)$$

Trong đó : m_0 : – Sai số tổng hợp của hai bậc lưới.
 m_{kc} : – Sai số của bậc lưới khống chế cơ sở.
 m_{qt} : – Sai số của bậc lưới quan trắc.

Khi đó giữa hai bậc lưới khống chế liên tiếp thì sai số của bậc lưới trên chính là sai số số liệu gốc của bậc lưới dưới. Gọi k là hệ số giảm độ chính xác giữa hai bậc lưới, khi đó sẽ xác định được độ chính xác các cấp lưới.

- Độ chính xác cấp lưới khống chế cơ sở :

$$m_{kc} = \frac{m_0}{\sqrt{1+k^2}} \quad (4.3)$$

- Độ chính xác cấp lưới quan trắc :

$$m_{qt} = \frac{k.m_0}{\sqrt{1+k^2}} \quad (4.4)$$

Với $k = 1.8$ và yêu cầu độ chính xác quan trắc chuyển dịch tuyến đập Thủy điện Yali $m_q = 5\text{mm}$, suy ra :

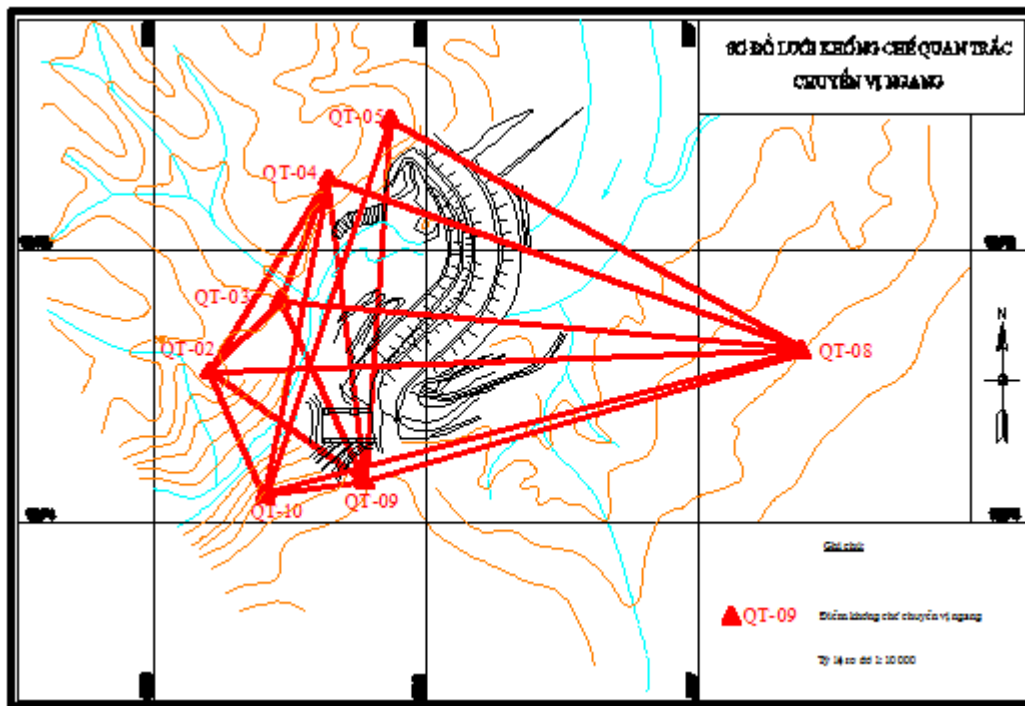
$$m_p = \frac{m_q}{\sqrt{2}} = 3.5(\text{mm})$$

- Sai số vị trí điểm lưới khống chế cơ sở: $m_{kc} = 0.9\text{mm}$
- Sai số vị trí điểm lưới quan trắc: $m_{qt} = 3.1\text{mm}$

4.3. THÀNH LẬP LƯỚI KHỐNG CHẾ CƠ SỞ

4.3.1. Phương án xây dựng lưới theo công nghệ truyền thống

Hiện tại lưới cơ sở được thiết kế gồm 7 mốc và được liên kết theo dạng đồ hình lưới tam giác đo góc cạnh (hình 4.4). Trong các chu kỳ quan trắc mạng lưới này được đo bằng máy toàn đạc độ chính xác cao (TC2002/2003).



Hình 4.4. Sơ đồ lưới khống chế quan trắc ngang thủy điện Yaly

Trong mạng lưới thiết kế có 28 góc và 17 cạnh. Kết quả ước tính thiết kế đối với mạng lưới này được đưa ra trong phụ lục số 4, sai số vị trí điểm nêu ra trong bảng 4.1.

Bảng 4.1: Kết quả ước tính lưới cơ sở

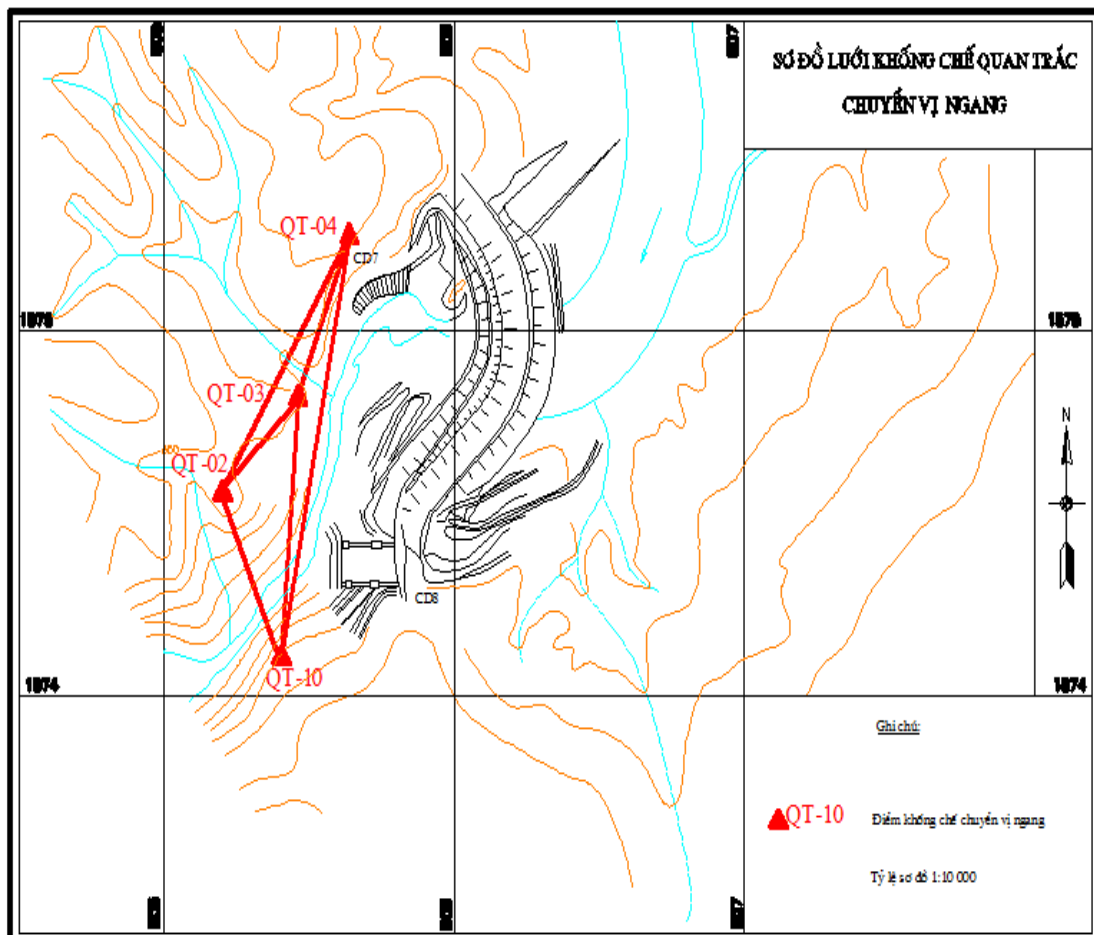
Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	Mx	My	Mp
1	QT10	1574036.4410	805473.4810	0.0007	0.0012	0.0013
2	QT2	1574554.4980	805200.0740	0.0008	0.0009	0.0012
3	QT3	1574814.6060	805458.7390	0.0007	0.0008	0.0011
4	QT4	1575256.5020	805633.1290	0.0009	0.0012	0.0015

5	QT5	1575472.3890	805858.8320	0.0015	0.0018	0.0023
6	QT8	1574507.8680	807688.7470	0.0010	0.0013	0.0016
7	QT9	1574191.3150	805794.8650	0.0008	0.0008	0.0012

Số liệu trong bảng 4.1 cho thấy lưới cơ sở đang được áp dụng tại thủy điện Yaly đáp ứng được yêu cầu quan trắc bằng công nghệ truyền thống.

4.3.2. Phương án xây dựng lưới theo công nghệ quan trắc tự động

Khi áp dụng công nghệ quan trắc tự động chúng ta chỉ cần quan trắc từ 2 trạm máy chủ, do vậy có thể thiết kế 1 mạng lưới cơ sở với số điểm ít hơn. Trong luận văn này tác giả đã thực nghiệm thiết kế mạng lưới cơ sở gồm 04 điểm (bỏ bớt các điểm QT5, QT8, QT9). Sơ đồ lưới theo phương án thiết kế lưới được đưa trong hình 4.5. Trong sơ đồ lưới này dự kiến đo 09 góc và 06 cạnh bằng máy quan trắc tự động Trimble S8 (thông số độ chính xác $m_\beta=1''$, $m_s=1+1\text{ppm}$).



Hình 4.5. Sơ đồ thiết kế lưới cơ sở quan trắc tự động

Kết quả ước tính độ chính xác của lưới được đưa ra trong phụ lục số 5, sai số vị trí điểm nêu trong bảng 4.2.

Bảng 4.2: Kết quả ước tính độ chính xác lưới cơ sở quan trắc tự động

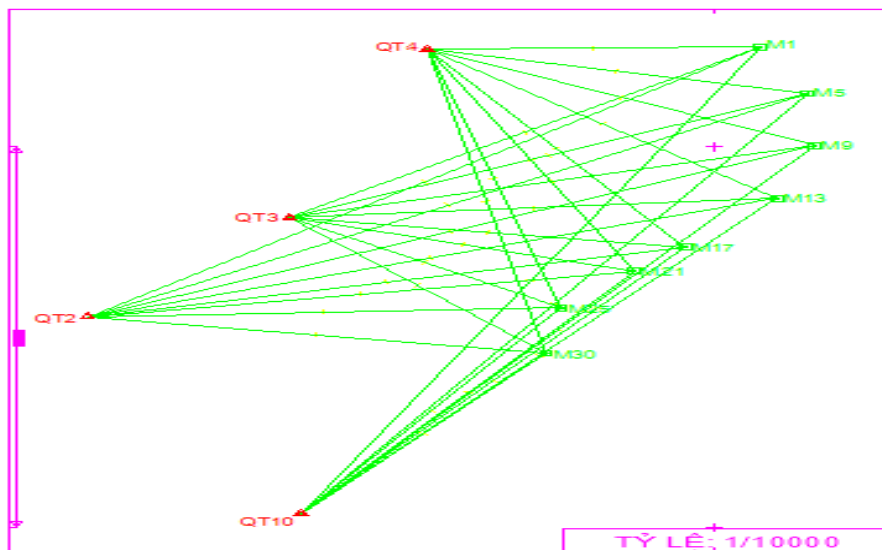
Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	M _x	M _y	M _p
1	QT10	1574191.3150	805794.8650	0.0008	0.0006	0.0010
2	QT2	1574554.4980	805200.0740	0.0007	0.0007	0.0010
3	QT3	1574814.6060	805458.7390	0.0006	0.0005	0.0008
4	QT4	1575256.5020	805633.1290	0.0008	0.0005	0.0009

4.4. THÀNH LẬP LƯỚI QUAN TRẮC

Như đã giới thiệu, tại tuyến đập thủy điện Yaly có 32 điểm quan trắc phân bố trên 04 tuyến cơ đập, tại mỗi tuyến có 08 điểm. Vì các điểm quan trắc trên 08 tuyến có đồ hình tương tự nhau nên trong luận văn chỉ nêu ra đồ hình quan trắc tại tuyến đỉnh đập (đồ hình quan trắc tại các tuyến cơ khác cũng được xây dựng tương tự).

4.4.1. Phương án xây dựng lưới theo công nghệ truyền thống

Lưới hiện tại là mạng lưới đã được xây dựng bằng phương pháp giao hội cạnh, tọa độ tại mỗi điểm quan trắc được xác định từ việc đo cạnh đến 04 điểm khống chế cơ sở (hình 4.6).

**Hình 4.6.** Sơ đồ lưới quan trắc bằng phương pháp giao hội

Kết quả ước tính độ chính xác được trình bày tại phụ lục số 6, trong bảng 4.3 đưa ra kết quả ước tính sai số vị trí 8 điểm quan trắc trên tuyến đỉnh đập, qua đó

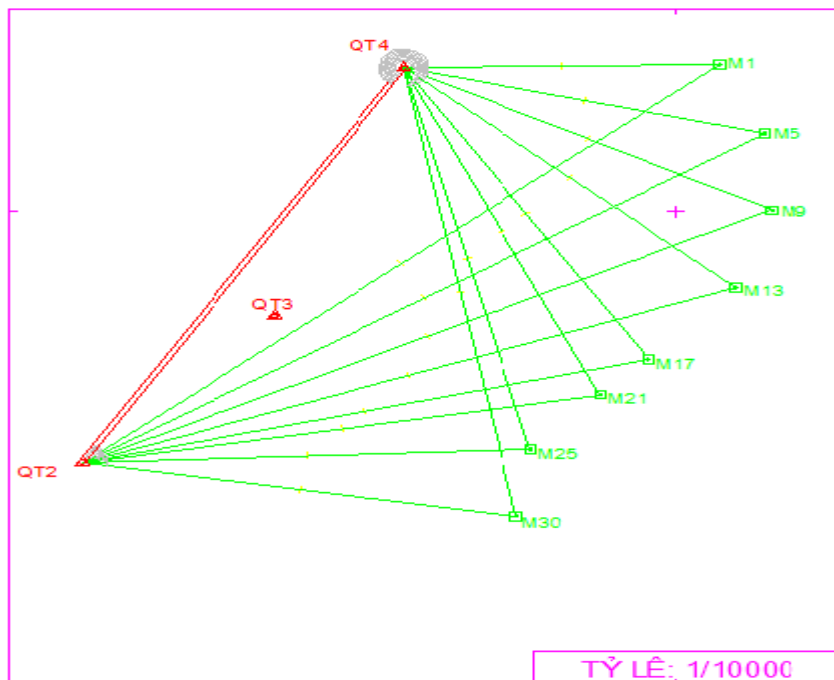
cho thấy rằng mạng lưới được xây dựng đáp ứng yêu cầu độ chính xác theo thiết kế.

Bảng 4.3: Kết quả ước tính độ chính xác vị trí điểm quan trắc trên tuyến

Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	M _x	M _y	M _p
1	M1	1575262.1050	806058.8500	0.0021	0.0014	0.0025
2	M5	1575140.0820	806119.4370	0.0020	0.0012	0.0023
3	M9	1575002.8450	806129.1660	0.0019	0.0011	0.0022
4	M13	1574865.0680	806080.3390	0.0017	0.0010	0.0020
5	M17	1574736.8800	805962.9510	0.0014	0.0010	0.0018
6	M21	1574674.3560	805897.9690	0.0013	0.0010	0.0017
7	M25	1574577.5420	805804.7300	0.0012	0.0011	0.0016
8	M30	1574458.2780	805785.2170	0.0011	0.0012	0.0016

4.4.2. Phương án xây dựng lưới theo công nghệ quan trắc tự động

Theo công nghệ này mạng lưới quan trắc được xây dựng theo đồ hình góc cạnh theo hai điểm cơ sở QT2, QT4. Các yếu tố trong lưới được dự kiến đo bằng máy Trimble S8. Đồ hình lưới quan trắc thiết kế theo công nghệ quan trắc tự động như trong hình 4.7.



Hình 4.7. Sơ đồ thiết kế lưới quan trắc tự động từ 2 máy chủ

Kết quả ước tính độ chính xác được trình bày tại phụ lục số 7, trong bảng 4.4 đưa ra kết quả ước tính sai số vị trí 8 điểm quan trắc trên tuyến, qua đó cho thấy rằng mạng lưới được xây dựng đáp ứng yêu cầu độ chính xác theo thiết kế.

Bảng 4.4: Kết quả ước tính độ chính xác lưới quan trắc tự động

Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	M _x	M _y	M _p
1	M1	1575262.1050	806058.8500	0.0017	0.0013	0.0022
2	M5	1575140.0820	806119.4370	0.0019	0.0013	0.0023
3	M9	1575002.8450	806129.1660	0.0019	0.0013	0.0023
4	M13	1574865.0680	806080.3390	0.0018	0.0014	0.0023
5	M17	1574736.8800	805962.9510	0.0016	0.0014	0.0022
6	M21	1574674.3560	805897.9690	0.0016	0.0014	0.0021
7	M25	1574577.5420	805804.7300	0.0015	0.0014	0.0021
8	M30	1574458.2780	805785.2170	0.0016	0.0015	0.0022

4.4.3. Nhận xét các phương án xây dựng lưới

Qua việc phân tích đánh giá các phương án xây dựng lưới quan trắc theo phương án cũ và phương án quan trắc tự động tại công trình quan trắc thủy điện Yaly có thể rút ra một số nhận xét đánh giá như sau:

1. Đối với mạng lưới cơ sở xây dựng theo phương pháp truyền thống cần phải xây dựng nhiều điểm khống chế cơ sở hơn, còn đối với phương án quan trắc tự động cần sử dụng 2 điểm cơ sở cho nên mạng lưới cơ sở theo phương án quan trắc tự động có thể rút bớt số điểm xuống còn 4 đến 5 điểm mà vẫn bảo đảm yêu cầu quan trắc. Như vậy sẽ rút ngắn được đáng kể thời gian thi công lưới cũng như giảm giá chi phí thành lập lưới.

2. Độ chính xác thành lập cả hai mạng lưới cơ sở và lưới quan trắc trong hai phương án là tương đương nhau và đều đáp ứng yêu cầu quan trắc đối với công trình thực nghiệm.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

1. Quan trắc biến dạng chuyển dịch công trình là một dạng công việc đòi hỏi độ chính xác cao, vì vậy để thực hiện công tác này cần phải áp dụng các loại thiết bị và quy trình công nghệ tiên tiến nhất. Hệ thống quan trắc tự động là công nghệ mới được phát triển và có tiềm năng được áp dụng một cách hiệu quả trong thực tế sản xuất. Chính vì vậy việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ này trong các công trình thủy điện là cần thiết.

2. Quan trắc tự động với hệ thống hạ tầng thông tin hiện nay cho phép công tác quan trắc công trình thủy điện được liên tục, đưa ra những thông số chuyển dịch chính xác và nhanh chóng bằng nhiều hình thức truyền tin.

3. Hệ thống lưới mặt bằng để quan trắc dịch chuyển ngang bằng hệ thống tự động có những đặc điểm như sau:

- Mạng lưới khống chế cơ sở nên được thiết kế xây dựng theo hình thức lưới đo góc cạnh với số lượng mốc trong lưới khoảng 4 đến 5 điểm, trong đó sử dụng 2 điểm làm trạm cơ sở để quan trắc. Vị trí trạm quan trắc được lựa chọn tùy thuộc từng điều kiện cụ thể của từng công trình.

- Lưới quan trắc có kết cấu là lưới giao hội góc cạnh được đo đồng bộ từ 2 điểm cơ sở.

4. Trong báo cáo học thuật đã thực hiện khảo sát việc xây dựng hệ thống lưới mặt bằng quan trắc chuyển dịch ngang các tuyến đập thủy điện trên mô hình các công trình thủy điện tại Việt Nam, kết quả thực nghiệm đã góp phần minh chứng, làm rõ hơn cho nội dung khảo sát lý thuyết và bước đầu đã chứng tỏ khả năng ứng dụng hệ thống quan trắc tự động vào mục đích quan trắc các công trình thủy điện.

Kiến nghị

1. Hiện nay do điều kiện giá thành thiết bị nên hệ thống chưa được đưa vào các công trình tại Việt Nam, tuy nhiên do có tính tự động hóa và độ chính xác cao

của công nghệ này nên việc nghiên cứu các khía cạnh kỹ thuật của hệ thống là cần thiết để hướng tới việc triển khai áp dụng công nghệ này trong thực tế sản xuất.

2. Hệ thống tự động quan trắc cho phép xác định tọa độ theo không gian 3 chiều. Trong khuôn khổ báo cáo này mới chỉ nghiên cứu ứng dụng hệ thống quan trắc tự động để xác định chuyển dịch ngang. Cần phải có những nghiên cứu tiếp theo để kiểm chứng khả năng áp dụng của hệ thống để xác định cả độ lún công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng điện I, *Báo cáo kết quả quan trắc biến dạng các công trình thủy điện Yaly*.
2. Hoàng Ngọc Hà (2006), *Bình sai tính toán trắc địa và GPS*, Nxb Khoa học kỹ thuật - Hà Nội.
3. Trần Khánh (2003), *Nghiên cứu quy trình công nghệ công tác quan trắc biến dạng công trình thủy điện*, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp bộ (Bộ Giáo dục và Đào tạo), Mã số. B2000-36-14, 5/2003.
4. Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc (2010), *Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình*, Nxb Giao thông vận tải. Hà Nội
5. Nguyễn Quang Phúc (2007), *Nghiên cứu biến dạng công trình bằng phương pháp trắc địa*, Bài giảng cho học viên Cao học ngành Trắc địa, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
6. TCXDVN 351: 2005, Quy trình kỹ thuật quan trắc chuyển dịch ngang nhà và công trình.
7. Trimble.com, *Trimble Total Station S8 for Monitoring*.
8. Trimble.com, *Trimble Dam Monitoring Solution*.
9. Trimble.com, *Trimble Deformation Software*.
10. US.Army Corps of engineers (2002), *Structural Deformation Surveying*.
11. Zaisev A. K. và nkk. (1991), *Khảo sát biến dạng công trình bằng phương pháp trắc địa*, Nxb “Nhedra”, Moskva (Tiếng Nga).
12. D.X.Mikhelev vµ nnk (1977), *Công tác trắc địa trong nghiên cứu biến dạng công trình*. Nxb “Nhedra”, Moskva (Tiếng Nga).

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1

THÀNH QUẢ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ LƯỚI MẶT BẰNG
LƯỚI QUAN TRẮC ĐẬP THỦY ĐIỆN-PHƯƠNG ÁN 1

=====

BẢNG 1. CHỈ TIÊU KỸ THUẬT LƯỚI

STT	Tên tham số	Giá trị
1	Tổng số điểm	14
2	Số điểm góc	4
3	Số điểm mới lập	10
4	Số góc thiết kế	20
5	Số cạnh thiết kế	20
6	Số phương vị thiết kế	0
7	Sai số đo góc	1.0"
8	Sai số đo cạnh	1+1ppm

BẢNG 2: SỐ LIỆU KHỞI TÍNH

Số TT	Tên điểm	Tọa độ	
		X (m)	Y (m)
1	QT1	2445.3940	7278.3180
2	QT2	2597.7150	7000.0000
3	QT3	2000.0000	7000.0000
4	QT4	2152.7350	7220.0800

BẢNG 3: TỌA ĐỘ CÁC ĐIỂM THIẾT KẾ

Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	Mx	My	Mp
1	M1	2251.6260	6994.9750	0.0009	0.0010	0.0013
2	M2	2283.3350	6995.3860	0.0009	0.0010	0.0014
3	M3	2319.9680	6998.3550	0.0009	0.0010	0.0014
4	M4	2330.5890	6998.2750	0.0009	0.0010	0.0014
5	M5	2352.1040	6998.1910	0.0009	0.0010	0.0013
6	M6	2387.0100	6997.9690	0.0009	0.0009	0.0013

7	M7	2418.5680	6997.7950	0.0009	0.0008	0.0012
8	M8	2440.2150	6997.6120	0.0009	0.0007	0.0012
9	M9	2449.7310	6997.5740	0.0009	0.0007	0.0011
10	M10	2474.7350	6997.3440	0.0009	0.0006	0.0011

BẢNG 5: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ GÓC THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu góc			Góc thiết kế (o ' ")
	Trái	Giữa	Phải	
1	QT2	QT3	M1	358 51 21.42
2	QT2	QT3	M2	359 04 01.35
3	QT2	QT3	M3	359 42 19.57
4	QT2	QT3	M4	359 42 03.73
5	QT2	QT3	M5	359 42 20.29
6	QT2	QT3	M6	359 41 57.55
7	QT2	QT3	M7	359 41 53.42
8	QT2	QT3	M8	359 41 21.10
9	QT2	QT3	M9	359 41 27.35
10	QT2	QT3	M10	359 40 46.02
11	QT3	QT2	M1	0 49 54.63
12	QT3	QT2	M2	0 50 27.03
13	QT3	QT2	M3	0 20 21.62
14	QT3	QT2	M4	0 22 11.96
15	QT3	QT2	M5	0 25 19.18
16	QT3	QT2	M6	0 33 08.14
17	QT3	QT2	M7	0 42 18.65
18	QT3	QT2	M8	0 52 07.13
19	QT3	QT2	M9	0 56 21.13
20	QT3	QT2	M10	1 14 14.01

BẢNG 6: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ CẠNH THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu cạnh		Cạnh thiết kế (m)
	Đầu	Cuối	
1	QT3	M1	251.6762

2	QT3	M2	283.3726
3	QT3	M3	319.9722
4	QT3	M4	330.5935
5	QT3	M5	352.1086
6	QT3	M6	387.0153
7	QT3	M7	418.5738
8	QT3	M8	440.2215
9	QT3	M9	449.7375
10	QT3	M10	474.7424
11	QT2	M1	346.1255
12	QT2	M2	314.4139
13	QT2	M3	277.7519
14	QT2	M4	267.1316
15	QT2	M5	245.6177
16	QT2	M6	210.7148
17	QT2	M7	179.1606
18	QT2	M8	157.5181
19	QT2	M9	148.0039
20	QT2	M10	123.0087
Min	QT2	M10	123.0087
Max	QT3	M10	474.7424

KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC LƯỚI

1. Sai số trọng số đơn vị: $M = 1.00''$
2. Điểm yếu nhất: $(M2 \quad) \text{ mp} = 0.0014(\text{m})$
3. Chiều dài cạnh yếu: $(QT2 \quad _M10 \quad) \text{ ms/S} = 137600$
4. Phương vị cạnh yếu: $(M10 \quad _QT2 \quad) \text{ ma} = 0.97''$

PHỤ LỤC 2

THÀNH QUẢ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ LƯỚI MẶT BẰNG
LƯỚI QUAN TRẮC ĐẬP THỦY ĐIỆN-PHƯƠNG ÁN 2

=====

BẢNG 1. CHỈ TIÊU KỸ THUẬT LƯỚI

STT	Tên tham số	Giá trị
1	Tổng số điểm	14
2	Số điểm gốc	4
3	Số điểm mới lập	10
4	Số góc thiết kế	20
5	Số cạnh thiết kế	20
6	Số phương vị thiết kế	0
7	Sai số đo góc	1.0"
8	Sai số đo cạnh	1+1ppm

BẢNG 2: SỐ LIỆU KHỞI TÍNH

Số TT	Tên điểm	Tọa độ	
		X (m)	Y (m)
1	QT1	2445.3940	7278.3180
2	QT2	2597.7150	7000.0000
3	QT3	2000.0000	7000.0000
4	QT4	2152.7350	7220.0800

BẢNG 3: TỌA ĐỘ CÁC ĐIỂM THIẾT KẾ

Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	Mx	My	Mp
1	M1	2251.6260	6994.9750	0.0010	0.0009	0.0013
2	M2	2283.3350	6995.3860	0.0010	0.0009	0.0013
3	M3	2319.9680	6998.3550	0.0010	0.0009	0.0014
4	M4	2330.5890	6998.2750	0.0010	0.0009	0.0014
5	M5	2352.1040	6998.1910	0.0010	0.0009	0.0014
6	M6	2387.0100	6997.9690	0.0010	0.0010	0.0014

7	M7	2418.5680	6997.7950	0.0010	0.0010	0.0014
8	M8	2440.2150	6997.6120	0.0010	0.0010	0.0014
9	M9	2449.7310	6997.5740	0.0010	0.0010	0.0014
10	M10	2474.7350	6997.3440	0.0010	0.0010	0.0014

BẢNG 5: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ GÓC THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu góc			Góc thiết kế (o ' ")
	Trái	Giữa	Phải	
1	QT4	QT1	M1	44 22 42.88
2	QT4	QT1	M2	48 56 31.14
3	QT4	QT1	M3	54 36 45.24
4	QT4	QT1	M4	56 27 14.29
5	QT4	QT1	M5	60 19 34.35
6	QT4	QT1	M6	66 58 53.09
7	QT4	QT1	M7	73 16 58.39
8	QT4	QT1	M8	77 41 18.25
9	QT4	QT1	M9	79 37 49.56
10	QT4	QT1	M10	84 42 25.02
11	QT1	QT4	M1	282 27 42.39
12	QT1	QT4	M2	288 54 43.33
13	QT1	QT4	M3	295 46 13.09
14	QT1	QT4	M4	297 28 10.97
15	QT1	QT4	M5	300 41 07.18
16	QT1	QT4	M6	305 16 19.64
17	QT1	QT4	M7	308 50 36.94
18	QT1	QT4	M8	311 00 38.48
19	QT1	QT4	M9	311 54 18.92
20	QT1	QT4	M10	314 04 21.87

BẢNG 6: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ CẠNH THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu cạnh		Cạnh thiết kế (m)
	Đầu	Cuối	
1	QT1	M1	343.2627

2	QT1	M2	326.0577
3	QT1	M3	306.7751
4	QT1	M4	302.6620
5	QT1	M5	295.2527
6	QT1	M6	286.3638
7	QT1	M7	281.8027
8	QT1	M8	280.7538
9	QT1	M9	280.7775
10	QT1	M10	282.5018
11	QT4	M1	245.8693
12	QT4	M2	259.8918
13	QT4	M3	277.7208
14	QT4	M4	284.3053
15	QT4	M5	298.2997
16	QT4	M6	322.8282
17	QT4	M7	346.5224
18	QT4	M8	363.5062
19	QT4	M9	371.1005
20	QT4	M10	391.5295
Min	QT4	M1	245.8693
Max	QT4	M10	391.5295

KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC LƯỚI

1. Sai số trọng số đơn vị: $M = 1.00''$
2. Điểm yếu nhất: (M10) mp = 0.0014(m)
3. Chiều dài cạnh yếu: (QT4 _M1) ms/S = 252300
4. Phương vị cạnh yếu: (M1 _QT4) ma = 0.77''

PHỤ LỤC 3

THÀNH QUẢ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ LƯỚI MẶT BẰNG
LƯỚI QUAN TRẮC ĐẬP THỦY ĐIỆN-PHƯƠNG ÁN 3

=====

BẢNG 1. CHỈ TIÊU KỸ THUẬT LƯỚI

STT	Tên tham số	Giá trị
1	Tổng số điểm	14
2	Số điểm gốc	4
3	Số điểm mới lập	10
4	Số góc thiết kế	20
5	Số cạnh thiết kế	20
6	Số phương vị thiết kế	0
7	Sai số đo góc	1.0"
8	Sai số đo cạnh	1+1ppm

BẢNG 2: SỐ LIỆU KHỞI TÍNH

Số TT	Tên điểm	Tọa độ	
		X (m)	Y (m)
1	QT1	2445.3940	7278.3180
2	QT2	2597.7150	7000.0000
3	QT3	2000.0000	7000.0000
4	QT4	2152.7350	7220.0800

BẢNG 3: TỌA ĐỘ CÁC ĐIỂM THIẾT KẾ

Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	Mx	My	Mp
1	M1	2251.6260	6994.9750	0.0009	0.0009	0.0012
2	M2	2283.3350	6995.3860	0.0009	0.0009	0.0013
3	M3	2319.9680	6998.3550	0.0009	0.0010	0.0014
4	M4	2330.5890	6998.2750	0.0009	0.0010	0.0014
5	M5	2352.1040	6998.1910	0.0010	0.0011	0.0014
6	M6	2387.0100	6997.9690	0.0010	0.0011	0.0015

7	M7	2418.5680	6997.7950	0.0010	0.0012	0.0016
8	M8	2440.2150	6997.6120	0.0010	0.0013	0.0017
9	M9	2449.7310	6997.5740	0.0010	0.0013	0.0017
10	M10	2474.7350	6997.3440	0.0011	0.0014	0.0017

BẢNG 5: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ GÓC THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu góc			Góc thiết kế (o ' ")
	Trái	Giữa	Phải	
1	QT4	QT3	M1	303 36 59.42
2	QT4	QT3	M2	303 49 39.36
3	QT4	QT3	M3	304 27 57.58
4	QT4	QT3	M4	304 27 41.73
5	QT4	QT3	M5	304 27 58.29
6	QT4	QT3	M6	304 27 35.55
7	QT4	QT3	M7	304 27 31.42
8	QT4	QT3	M8	304 26 59.11
9	QT4	QT3	M9	304 27 05.35
10	QT4	QT3	M10	304 26 24.03
11	QT3	QT4	M1	58 28 37.01
12	QT3	QT4	M2	64 55 37.94
13	QT3	QT4	M3	71 47 07.71
14	QT3	QT4	M4	73 29 05.59
15	QT3	QT4	M5	76 42 01.80
16	QT3	QT4	M6	81 17 14.25
17	QT3	QT4	M7	84 51 31.56
18	QT3	QT4	M8	87 01 33.10
19	QT3	QT4	M9	87 55 13.53
20	QT3	QT4	M10	90 05 16.48

BẢNG 6: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ CẠNH THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu cạnh		Cạnh thiết kế (m)
	Đầu	Cuối	
1	QT3	M1	251.6762

2	QT3	M2	283.3726
3	QT3	M3	319.9722
4	QT3	M4	330.5935
5	QT3	M5	352.1086
6	QT3	M6	387.0153
7	QT3	M7	418.5738
8	QT3	M8	440.2215
9	QT3	M9	449.7375
10	QT3	M10	474.7424
11	QT4	M1	245.8693
12	QT4	M2	259.8918
13	QT4	M3	277.7208
14	QT4	M4	284.3053
15	QT4	M5	298.2997
16	QT4	M6	322.8282
17	QT4	M7	346.5224
18	QT4	M8	363.5062
19	QT4	M9	371.1005
20	QT4	M10	391.5295
Min	QT4	M1	245.8693
Max	QT3	M10	474.7424

KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC LƯỚI

1. Sai số trọng số đơn vị: $M = 1.00''$
2. Điểm yếu nhất: (M10) mp = 0.0017(m)
3. Chiều dài cạnh yếu: (QT4 _M1) ms/S = 281400
4. Phương vị cạnh yếu: (M1 _QT4) ma = 0.72''

PHỤ LỤC 4

THÀNH QUẢ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ LƯỚI MẶT BẰNG
LƯỚI KHÔNG CHẾ CƠ SỞ - PHƯƠNG ÁN HIỆN TẠI

=====

BẢNG 1. CHỈ TIÊU KỸ THUẬT LƯỚI

STT	Tên tham số	Giá trị
1	Tổng số điểm	7
2	Số điểm gốc	7
3	Số điểm mới lập	0
4	Số góc thiết kế	28
5	Số cạnh thiết kế	17
6	Số phương vị thiết kế	0
7	Sai số đo góc	1.0"
8	Sai số đo cạnh	1+1ppm

BẢNG 2: SỐ LIỆU KHỞI TÍNH

Số TT	Tên điểm	Tọa độ	
		X (m)	Y (m)
1	QT10	1574036.4410	805473.4810
2	QT2	1574554.4980	805200.0740
3	QT3	1574814.6060	805458.7390
4	QT4	1575256.5020	805633.1290
5	QT5	1575472.3890	805858.8320
6	QT8	1574507.8680	807688.7470
7	QT9	1574191.3150	805794.8650

BẢNG 3: TỌA ĐỘ CÁC ĐIỂM THIẾT KẾ

Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	Mx	My	Mp
1	QT10	1574036.4410	805473.4810	0.0007	0.0012	0.0013
2	QT2	1574554.4980	805200.0740	0.0008	0.0009	0.0012
3	QT3	1574814.6060	805458.7390	0.0007	0.0008	0.0011
4	QT4	1575256.5020	805633.1290	0.0009	0.0012	0.0015

5	QT5	1575472.3890	805858.8320	0.0015	0.0018	0.0023
6	QT8	1574507.8680	807688.7470	0.0010	0.0013	0.0016
7	QT9	1574191.3150	805794.8650	0.0008	0.0008	0.0012

BẢNG 4: TƯƠNG HỒ VỊ TRÍ ĐIỂM

Điểm đầu	Điểm cuối	Chiều dài (m)	Ms (mm)	Ms/S	Phương vị (o ' ")	Ma (")
QT10	QT4	1230.4618	1.2	1/1043300	7 27 17.78	0.33
	QT5	1486.7555	1.8	1/ 846900	15 01 19.05	0.31
	QT9	356.7543	1.1	1/ 338200	64 16 14.59	0.62
	QT2	585.7768	1.0	1/ 579800	332 10 36.98	0.55
	QT3	778.3046	1.0	1/ 765900	358 54 52.87	0.42
QT2	QT4	824.8310	1.2	1/ 708300	31 40 11.17	0.39
	QT3	366.8293	1.0	1/ 370100	44 50 26.26	0.50
	QT8	2489.1098	1.7	1/1443900	91 04 24.31	0.09
	QT9	696.9062	1.1	1/ 657600	121 24 30.57	0.43
	QT10	585.7768	1.0	1/ 579800	152 10 36.98	0.55
QT3	QT4	475.0620	1.0	1/ 455200	21 32 10.30	0.48
	QT8	2251.0051	1.6	1/1376400	97 49 54.83	0.11
	QT9	708.1471	1.0	1/ 710900	151 39 47.06	0.40
	QT10	778.3046	1.0	1/ 765900	178 54 52.87	0.42
	QT2	366.8293	1.0	1/ 370100	224 50 26.26	0.50
QT4	QT8	2187.6970	1.9	1/1175400	110 00 39.89	0.13
	QT9	1077.3959	1.2	1/ 881100	171 21 58.55	0.32
	QT10	1230.4618	1.2	1/1043300	187 27 17.78	0.33
	QT3	475.0620	1.0	1/ 455200	201 32 10.30	0.48
	QT2	824.8310	1.2	1/ 708300	211 40 11.17	0.39
QT5	QT8	2068.5477	2.3	1/ 908400	117 47 34.97	0.20
	QT9	1282.6700	1.7	1/ 761500	182 51 30.73	0.33
	QT10	1486.7555	1.8	1/ 846900	195 01 19.05	0.31
QT8	QT9	1920.1549	1.8	1/1059900	260 30 39.64	0.16
	QT2	2489.1098	1.7	1/1443900	271 04 24.31	0.09
	QT3	2251.0051	1.6	1/1376400	277 49 54.83	0.11

	QT4	2187.6970	1.9	1/1175400	290 00 39.89	0.13
	QT5	2068.5477	2.3	1/ 908400	297 47 34.97	0.20
QT9	QT5	1282.6700	1.7	1/ 761500	2 51 30.73	0.33
	QT8	1920.1549	1.8	1/1059900	80 30 39.64	0.16
	QT10	356.7543	1.1	1/ 338200	244 16 14.59	0.62
	QT2	696.9062	1.1	1/ 657600	301 24 30.57	0.43
	QT3	708.1471	1.0	1/ 710900	331 39 47.06	0.40
	QT4	1077.3959	1.2	1/ 881100	351 21 58.55	0.32

BẢNG 5: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ GÓC THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu góc			Góc thiết kế (o ' ")
	Trái	Giữa	Phải	
1	QT2	QT10	QT3	26 44 15.89
2	QT3	QT10	QT4	8 32 24.91
3	QT4	QT10	QT5	7 34 01.27
4	QT5	QT10	QT9	49 14 55.54
5	QT4	QT2	QT3	13 10 15.09
6	QT3	QT2	QT8	46 13 58.05
7	QT8	QT2	QT9	30 20 06.26
8	QT9	QT2	QT10	30 46 06.41
9	QT2	QT3	QT4	156 41 44.03
10	QT4	QT3	QT8	76 17 44.54
11	QT8	QT3	QT9	53 49 52.22
12	QT9	QT3	QT10	27 15 05.81
13	QT10	QT3	QT2	45 55 33.39
14	QT8	QT4	QT9	61 21 18.66
15	QT9	QT4	QT10	16 05 19.23
16	QT10	QT4	QT3	14 04 52.52
17	QT3	QT4	QT2	10 08 00.87
18	QT8	QT5	QT9	65 03 55.76
19	QT9	QT5	QT10	12 09 48.32
20	QT9	QT8	QT2	10 33 44.67
21	QT2	QT8	QT3	6 45 30.52

22	QT3	QT8	QT4	12 10 45.06
23	QT4	QT8	QT5	7 46 55.08
24	QT10	QT9	QT2	57 08 15.98
25	QT2	QT9	QT3	30 15 16.48
26	QT3	QT9	QT4	19 42 11.49
27	QT4	QT9	QT5	11 29 32.19
28	QT5	QT9	QT8	77 39 08.91

BẢNG 6: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ CẠNH THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu cạnh		Cạnh thiết kế (m)
	Đầu	Cuối	
1	QT10	QT2	585.7768
2	QT10	QT3	778.3046
3	QT10	QT4	1230.4618
4	QT10	QT5	1486.7555
5	QT10	QT9	356.7543
6	QT2	QT4	824.8310
7	QT2	QT3	366.8293
8	QT2	QT8	2489.1098
9	QT2	QT9	696.9062
10	QT3	QT4	475.0620
11	QT3	QT8	2251.0051
12	QT3	QT9	708.1471
13	QT4	QT8	2187.6970
14	QT4	QT9	1077.3959
15	QT5	QT8	2068.5477
16	QT5	QT9	1282.6700
17	QT8	QT9	1920.1549

KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC LƯỚI

1. Sai số trọng số đơn vị: $M = 1.00''$
2. Điểm yếu nhất: (QT5) $m_p = 0.0023(m)$

3. Chiều dài cạnh yếu: $(QT9 - QT10) \text{ ms/S} = 338200$

4. Phương vị cạnh yếu: $(QT10 - QT9) \text{ ma} = 0.62''$

PHỤ LỤC 5

THÀNH QUẢ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ LƯỚI MẶT BẰNG
LƯỚI KHÔNG CHẾ CƠ SỞ - P.A QUAN TRẮC TỰ ĐỘNG

=====

BẢNG 1. CHỈ TIÊU KỸ THUẬT LƯỚI

STT	Tên tham số	Giá trị
1	Tổng số điểm	4
2	Số điểm gốc	4
3	Số điểm mới lập	0
4	Số góc thiết kế	9
5	Số cạnh thiết kế	6
6	Số phương vị thiết kế	0
7	Sai số đo góc	1.0"
8	Sai số đo cạnh	1+1ppm

BẢNG 2: SỐ LIỆU KHỞI TÍNH

Số TT	Tên điểm	Tọa độ	
		X (m)	Y (m)
1	QT9	1574191.3150	805794.8650
2	QT2	1574554.4980	805200.0740
3	QT3	1574814.6060	805458.7390
4	QT4	1575256.5020	805633.1290

BẢNG 3: TỌA ĐỘ CÁC ĐIỂM THIẾT KẾ

Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	Mx	My	Mp
1	QT9	1574191.3150	805794.8650	0.0008	0.0006	0.0010
2	QT2	1574554.4980	805200.0740	0.0007	0.0007	0.0010
3	QT3	1574814.6060	805458.7390	0.0006	0.0005	0.0008
4	QT4	1575256.5020	805633.1290	0.0008	0.0005	0.0009

BẢNG 4: TƯƠNG HỒ VỊ TRÍ ĐIỂM

Điểm đầu	Điểm cuối	Chiều dài (m)	Ms (mm)	Ms/S	Phương vị (o ' ")	Ma (")
QT9	QT2	696.9062	1.2	1/ 571600	301 24 30.57	0.34
	QT3	708.1471	1.1	1/ 623500	331 39 47.06	0.26
	QT4	1077.3959	1.4	1/ 788200	351 21 58.55	0.12
QT2	QT4	824.8310	1.3	1/ 650700	31 40 11.17	0.25
	QT3	366.8293	1.1	1/ 343200	44 50 26.26	0.41
	QT9	696.9062	1.2	1/ 571600	121 24 30.57	0.34
QT3	QT4	475.0620	1.1	1/ 423500	21 32 10.30	0.37
	QT9	708.1471	1.1	1/ 623500	151 39 47.06	0.26
	QT2	366.8293	1.1	1/ 343200	224 50 26.26	0.41
QT4	QT9	1077.3959	1.4	1/ 788200	171 21 58.55	0.12
	QT3	475.0620	1.1	1/ 423500	201 32 10.30	0.37
	QT2	824.8310	1.3	1/ 650700	211 40 11.17	0.25

BẢNG 5: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ GÓC THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu góc			Góc thiết kế (o ' ")
	Trái	Giữa	Phải	
1	QT2	QT9	QT3	30 15 16.48
2	QT3	QT9	QT4	19 42 11.49
3	QT4	QT2	QT3	13 10 15.09
4	QT3	QT2	QT9	76 34 04.31
5	QT9	QT3	QT2	73 10 39.21
6	QT2	QT3	QT4	156 41 44.03
7	QT4	QT3	QT9	130 07 36.76
8	QT9	QT4	QT3	30 10 11.75
9	QT3	QT4	QT2	10 08 00.87
Min	QT3	QT4	QT2	10 08 00.87
Max	QT2	QT3	QT4	156 41 44.03

BẢNG 6: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ CẠNH THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu cạnh		Cạnh thiết kế (m)
	Đầu	Cuối	

1	QT9	QT2	696.9062
2	QT9	QT3	708.1471
3	QT9	QT4	1077.3959
4	QT2	QT3	366.8293
5	QT2	QT4	824.8310
6	QT3	QT4	475.0620
Min	QT2	QT3	366.8293
Max	QT9	QT4	1077.3959

KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC LƯỚI

1. Sai số trọng số đơn vị: $M = 1.00''$
2. Điểm yếu nhất: (QT9) $mp = 0.0010(m)$
3. Chiều dài cạnh yếu: (QT3 _QT2) $ms/S = 343200$
4. Phương vị cạnh yếu: (QT2 _QT3) $ma = 0.41''$

PHỤ LỤC 6

THÀNH QUẢ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ LƯỚI MẶT BẰNG
LƯỚI QUAN TRẮC TUYẾN ĐỈNH ĐẬP – PHƯƠNG ÁN HIỆN TẠI

=====

BẢNG 1. CHỈ TIÊU KỸ THUẬT LƯỚI

STT	Tên tham số	Giá trị
1	Tổng số điểm	12
2	Số điểm gốc	4
3	Số điểm mới lập	8
4	Số góc thiết kế	0
5	Số cạnh thiết kế	32
6	Số phương vị thiết kế	0
8	Sai số đo cạnh	1+1ppm

BẢNG 2: SỐ LIỆU KHỞI TÍNH

Số TT	Tên điểm	Tọa độ	
		X (m)	Y (m)
1	QT2	1574554.4990	805200.0720
2	QT3	1574814.6060	805458.7420
3	QT4	1575256.5040	805633.1290
4	QT10	1574036.4390	805473.4780

BẢNG 3: TỌA ĐỘ CÁC ĐIỂM THIẾT KẾ

Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	Mx	My	Mp
1	M1	1575262.1050	806058.8500	0.0021	0.0014	0.0025
2	M5	1575140.0820	806119.4370	0.0020	0.0012	0.0023
3	M9	1575002.8450	806129.1660	0.0019	0.0011	0.0022
4	M13	1574865.0680	806080.3390	0.0017	0.0010	0.0020
5	M17	1574736.8800	805962.9510	0.0014	0.0010	0.0018
6	M21	1574674.3560	805897.9690	0.0013	0.0010	0.0017
7	M25	1574577.5420	805804.7300	0.0012	0.0011	0.0016
8	M30	1574458.2780	805785.2170	0.0011	0.0012	0.0016

BẢNG 4: TƯƠNG HỒ VỊ TRÍ ĐIỂM

Điểm đầu	Điểm cuối	Chiều dài (m)	Ms (mm)	Ms/S	Phương vị (o ' ")	Ma (")
M1	QT10	1358.2774	1.6	1/ 831200	205 31 44.07	0.30
	QT2	1112.7470	1.1	1/1019800	230 30 45.19	0.43
	QT3	748.5886	1.1	1/ 712500	233 17 17.52	0.64
	QT4	425.7578	1.3	1/ 315800	269 14 46.43	1.04
M5	QT10	1278.7849	1.6	1/ 805400	210 20 25.13	0.28
	QT2	1090.0181	1.1	1/ 977200	237 30 18.69	0.39
	QT3	736.5138	1.0	1/ 701700	243 46 26.08	0.58
	QT4	500.0496	1.4	1/ 358100	283 27 47.55	0.77
M9	QT10	1167.8473	1.5	1/ 764400	214 09 22.11	0.27
	QT2	1031.6151	1.1	1/ 924100	244 14 23.22	0.37
	QT3	696.3492	1.0	1/ 666000	254 18 59.51	0.56
	QT4	557.1316	1.4	1/ 394200	297 05 02.01	0.60
M13	QT10	1027.0863	1.4	1/ 710600	216 13 04.22	0.27
	QT2	933.4469	1.1	1/ 848200	250 33 59.52	0.36
	QT3	623.6419	1.0	1/ 599000	265 21 31.81	0.55
	QT4	594.3222	1.4	1/ 427900	311 11 42.57	0.48
M17	QT10	854.5182	1.3	1/ 640700	214 56 46.02	0.28
	QT2	784.3769	1.1	1/ 727700	256 33 16.90	0.37
	QT3	510.1647	1.0	1/ 491000	278 45 48.28	0.58
	QT4	615.4605	1.3	1/ 473500	327 35 43.42	0.40
M21	QT10	766.2445	1.3	1/ 594600	213 38 27.97	0.29
	QT2	708.1143	1.1	1/ 656800	260 15 18.27	0.38
	QT3	461.0753	1.0	1/ 443700	287 42 31.87	0.59
	QT4	639.5596	1.2	1/ 518300	335 32 15.03	0.37
M25	QT10	634.4449	1.2	1/ 516500	211 28 26.76	0.34
	QT2	605.0969	1.1	1/ 545500	267 49 03.23	0.40
	QT3	419.4127	1.0	1/ 406800	304 25 05.36	0.61
	QT4	700.3116	1.1	1/ 625900	345 48 57.91	0.34
M30	QT10	524.5277	1.2	1/ 426800	216 27 51.84	0.41

	QT2	593.0035	1.1	1/ 521200	279 20 17.25	0.40
	QT3	483.2759	1.0	1/ 466500	317 30 12.42	0.53
	QT4	812.5857	1.1	1/ 752200	349 12 45.32	0.31
QT2	M1	1112.7470	1.1	1/1019800	50 30 45.19	0.43
	M5	1090.0181	1.1	1/ 977200	57 30 18.69	0.39
	M9	1031.6151	1.1	1/ 924100	64 14 23.22	0.37
	M13	933.4469	1.1	1/ 848200	70 33 59.52	0.36
	M17	784.3769	1.1	1/ 727700	76 33 16.90	0.37
	M21	708.1143	1.1	1/ 656800	80 15 18.27	0.38
	M25	605.0969	1.1	1/ 545500	87 49 03.23	0.40
	M30	593.0035	1.1	1/ 521200	99 20 17.25	0.40
QT3	M1	748.5886	1.1	1/ 712500	53 17 17.52	0.64
	M5	736.5138	1.0	1/ 701700	63 46 26.08	0.58
	M9	696.3492	1.0	1/ 666000	74 18 59.51	0.56
	M13	623.6419	1.0	1/ 599000	85 21 31.81	0.55
	M17	510.1647	1.0	1/ 491000	98 45 48.28	0.58
	M21	461.0753	1.0	1/ 443700	107 42 31.87	0.59
	M25	419.4127	1.0	1/ 406800	124 25 05.36	0.61
	M30	483.2759	1.0	1/ 466500	137 30 12.42	0.53
QT4	M1	425.7578	1.3	1/ 315800	89 14 46.43	1.04
	M5	500.0496	1.4	1/ 358100	103 27 47.55	0.77
	M9	557.1316	1.4	1/ 394200	117 05 02.01	0.60
	M13	594.3222	1.4	1/ 427900	131 11 42.57	0.48
	M17	615.4605	1.3	1/ 473500	147 35 43.42	0.40
	M21	639.5596	1.2	1/ 518300	155 32 15.03	0.37
	M25	700.3116	1.1	1/ 625900	165 48 57.91	0.34
	M30	812.5857	1.1	1/ 752200	169 12 45.32	0.31
QT10	M1	1358.2774	1.6	1/ 831200	25 31 44.07	0.30
	M5	1278.7849	1.6	1/ 805400	30 20 25.13	0.28
	M25	634.4449	1.2	1/ 516500	31 28 26.76	0.34
	M21	766.2445	1.3	1/ 594600	33 38 27.97	0.29
	M9	1167.8473	1.5	1/ 764400	34 09 22.11	0.27
	M17	854.5182	1.3	1/ 640700	34 56 46.02	0.28

	M13	1027.0863	1.4	1/ 710600	36 13 04.22	0.27
	M30	524.5277	1.2	1/ 426800	36 27 51.84	0.41

BẢNG 5: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ CẠNH THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu cạnh		Cạnh thiết kế (m)
	Đầu	Cuối	
1	QT2	M1	1112.7470
2	QT2	M5	1090.0181
3	QT2	M9	1031.6151
4	QT2	M13	933.4469
5	QT2	M17	784.3769
6	QT2	M21	708.1143
7	QT2	M25	605.0969
8	QT2	M30	593.0035
9	QT3	M1	748.5886
10	QT3	M5	736.5138
11	QT3	M9	696.3492
12	QT3	M13	623.6419
13	QT3	M17	510.1647
14	QT3	M21	461.0753
15	QT3	M25	419.4127
16	QT3	M30	483.2759
17	QT4	M1	425.7578
18	QT4	M5	500.0496
19	QT4	M9	557.1316
20	QT4	M13	594.3222
21	QT4	M17	615.4605
22	QT4	M21	639.5596
23	QT4	M25	700.3116
24	QT4	M30	812.5857
25	QT10	M1	1358.2774
26	QT10	M5	1278.7849
27	QT10	M9	1167.8473

28	QT10	M13	1027.0863
29	QT10	M17	854.5182
30	QT10	M21	766.2445
31	QT10	M25	634.4449
32	QT10	M30	524.5277
Min	QT3	M25	419.4127
Max	QT10	M1	1358.2774

KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC LƯỚI

1. Sai số trọng số đơn vị: $M = 2.00''$
2. Điểm yếu nhất: $(M1 \quad) \text{ mp} = 0.0025(\text{m})$
3. Chiều dài cạnh yếu: $(QT4 \quad _M1 \quad) \text{ ms/S} = 315800$
4. Phương vị cạnh yếu: $(M1 \quad _QT4 \quad) \text{ ma} = 1.04''$

PHỤ LỤC 7

THÀNH QUẢ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ LƯỚI MẶT BẰNG LƯỚI QUAN TRẮC TUYẾN ĐỈNH ĐẬP – P.A QUAN TRẮC TỰ ĐỘNG

=====

BẢNG 1. CHỈ TIÊU KỸ THUẬT LƯỚI

STT	Tên tham số	Giá trị
1	Tổng số điểm	12
2	Số điểm góc	4
3	Số điểm mới lập	8
4	Số góc thiết kế	16
5	Số cạnh thiết kế	16
6	Số phương vị thiết kế	0
7	Sai số đo góc	1.0''
8	Sai số đo cạnh	1+1ppm

BẢNG 2: SỐ LIỆU KHỎI TÍNH

Số TT	Tên điểm	Tọa độ	
		X (m)	Y (m)
1	QT2	1574554.4990	805200.0720
2	QT3	1574814.6060	805458.7420
3	QT4	1575256.5040	805633.1290
4	QT10	1574036.4390	805473.4780

BẢNG 3: TỌA ĐỘ CÁC ĐIỂM THIẾT KẾ

Số TT	Tên điểm	Tọa độ		Sai số vị trí điểm (m)		
		X (m)	Y (m)	Mx	My	Mp
1	M1	1575262.1050	806058.8500	0.0017	0.0013	0.0022
2	M5	1575140.0820	806119.4370	0.0019	0.0013	0.0023
3	M9	1575002.8450	806129.1660	0.0019	0.0013	0.0023
4	M13	1574865.0680	806080.3390	0.0018	0.0014	0.0023
5	M17	1574736.8800	805962.9510	0.0016	0.0014	0.0022
6	M21	1574674.3560	805897.9690	0.0016	0.0014	0.0021
7	M25	1574577.5420	805804.7300	0.0015	0.0014	0.0021
8	M30	1574458.2780	805785.2170	0.0016	0.0015	0.0022

BẢNG 4: TƯƠNG HỒ VỊ TRÍ ĐIỂM

Điểm đầu	Điểm cuối	Chiều dài (m)	Ms (mm)	Ms/S	Phương vị (o ' ")	Ma (")
M1	QT2	1112.7470	1.3	1/ 841900	230 30 45.19	0.32
	QT4	425.7578	1.3	1/ 334400	269 14 46.43	0.84
M5	QT2	1090.0181	1.4	1/ 753200	237 30 18.69	0.34
	QT4	500.0496	1.4	1/ 368500	283 27 47.55	0.77
M9	QT2	1031.6151	1.5	1/ 676300	244 14 23.22	0.36
	QT4	557.1316	1.4	1/ 392000	297 05 02.01	0.69
M13	QT2	933.4469	1.5	1/ 603100	250 33 59.52	0.38
	QT4	594.3222	1.5	1/ 406900	311 11 42.57	0.62
M17	QT2	784.3769	1.5	1/ 519500	256 33 16.90	0.41
	QT4	615.4605	1.5	1/ 419300	327 35 43.42	0.54

M21	QT2	708.1143	1.5	1/ 477200	260 15 18.27	0.44
	QT4	639.5596	1.5	1/ 435700	335 32 15.03	0.50
M25	QT2	605.0969	1.4	1/ 419200	267 49 03.23	0.51
	QT4	700.3116	1.5	1/ 478700	345 48 57.91	0.44
M30	QT2	593.0035	1.5	1/ 407300	279 20 17.25	0.56
	QT4	812.5857	1.5	1/ 538600	349 12 45.32	0.40
QT2	QT4	824.8329	----	-----	31 40 11.47	----
	M1	1112.7470	1.3	1/ 841900	50 30 45.19	0.32
	M5	1090.0181	1.4	1/ 753200	57 30 18.69	0.34
	M9	1031.6151	1.5	1/ 676300	64 14 23.22	0.36
	M13	933.4469	1.5	1/ 603100	70 33 59.52	0.38
	M17	784.3769	1.5	1/ 519500	76 33 16.90	0.41
	M21	708.1143	1.5	1/ 477200	80 15 18.27	0.44
	M25	605.0969	1.4	1/ 419200	87 49 03.23	0.51
	M30	593.0035	1.5	1/ 407300	99 20 17.25	0.56
QT4	M1	425.7578	1.3	1/ 334400	89 14 46.43	0.84
	M5	500.0496	1.4	1/ 368500	103 27 47.55	0.77
	M9	557.1316	1.4	1/ 392000	117 05 02.01	0.69
	M13	594.3222	1.5	1/ 406900	131 11 42.57	0.62
	M17	615.4605	1.5	1/ 419300	147 35 43.42	0.54
	M21	639.5596	1.5	1/ 435700	155 32 15.03	0.50
	M25	700.3116	1.5	1/ 478700	165 48 57.91	0.44
	M30	812.5857	1.5	1/ 538600	169 12 45.32	0.40
	QT2	824.8329	----	-----	211 40 11.47	----

BẢNG 5: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ GÓC THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu góc			Góc thiết kế (o ' ")
	Trái	Giữa	Phải	
1	QT4	QT2	M1	18 50 33.73
2	QT4	QT2	M5	25 50 07.22
3	QT4	QT2	M9	32 34 11.75
4	QT4	QT2	M13	38 53 48.05
5	QT4	QT2	M17	44 53 05.44

6	QT4	QT2	M21	48 35 06.80
7	QT4	QT2	M25	56 08 51.76
8	QT4	QT2	M30	67 40 05.78
9	QT2	QT4	M1	237 34 34.97
10	QT2	QT4	M5	251 47 36.09
11	QT2	QT4	M9	265 24 50.54
12	QT2	QT4	M13	279 31 31.10
13	QT2	QT4	M17	295 55 31.96
14	QT2	QT4	M21	303 52 03.57
15	QT2	QT4	M25	314 08 46.44
16	QT2	QT4	M30	317 32 33.85
Min	QT4	QT2	M1	18 50 33.73
Max	QT2	QT4	M30	317 32 33.85

BẢNG 6: KÝ HIỆU VÀ GIÁ TRỊ CẠNH THIẾT KẾ

Số TT	Ký hiệu cạnh		Cạnh thiết kế (m)
	Đầu	Cuối	
1	QT2	M1	1112.7470
2	QT2	M5	1090.0181
3	QT2	M9	1031.6151
4	QT2	M13	933.4469
5	QT2	M17	784.3769
6	QT2	M21	708.1143
7	QT2	M25	605.0969
8	QT2	M30	593.0035
9	QT4	M1	425.7578
10	QT4	M5	500.0496
11	QT4	M9	557.1316
12	QT4	M13	594.3222
13	QT4	M17	615.4605
14	QT4	M21	639.5596
15	QT4	M25	700.3116
16	QT4	M30	812.5857

Min	QT4	M1	425.7578
Max	QT2	M1	1112.7470

KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC LƯỚI

1. Sai số trọng số đơn vị: $M = 1.00''$
2. Điểm yếu nhất: (M9) mp = 0.0023(m)
3. Chiều dài cạnh yếu: (QT4 _M1) ms/S = 334400
4. Phương vị cạnh yếu: (M1 _QT4) ma = 0.84''