

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI  
KHOA TRẮC ĐỊA – BẢN ĐỒ



**CHU THỊ HỒNG**

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**

**NGHIÊN CỨU MỘT SỐ BÀI TOÁN  
TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ ỨNG DỤNG TRONG  
TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH**

**HÀ NỘI, 2016**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI  
KHOA KHOA TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ**

**CHU THỊ HỒNG**

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**

**NGHIÊN CỨU MỘT SỐ BÀI TOÁN  
TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ ỨNG DỤNG TRONG  
TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH**

**Ngành : Kỹ thuật Trắc địa – Bản đồ**

**Mã ngành : D520503**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN: TS. ĐINH XUÂN VINH**

**HÀ NỘI, 2016**

## **LỜI CẢM ƠN**

Em xin chân thành cảm ơn các thầy, cô giáo của trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội nói chung và các thầy cô trong giáo khoa Trắc địa - Bản đồ nói riêng đã truyền đạt kiến thức và tận tình chỉ dạy cho em trong 4 năm học vừa qua. Đặc biệt, em xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ, chỉ bảo tận tình của thầy giáo TS. ĐINH XUÂN VINH - người đã hướng dẫn em trong suốt quá trình làm đồ án.

Do thời gian và trình độ có hạn nên đồ án không thể tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy, cô giáo để bản đồ án được hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

*Hà Nội, ngày tháng năm 2016*

Sinh viên

**CHU THỊ HỒNG**

## MỤC LỤC

<b>LỜI NÓI ĐẦU .....</b>	<b>1</b>
<b>CHƯƠNG 1. KHÁI NIỆM CHUNG .....</b>	<b>3</b>
1.1. MỘT SỐ DẠNG CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH .....	3
1.1.1. Trắc địa công trình thành phố, công nghiệp .....	3
1.1.2. Trắc địa công trình trong xây dựng cầu .....	4
1.1.3. Định tuyến đường giao thông. ....	4
1.1.4. Khi xây dựng đường hầm.....	5
1.2. CÁC GIAI ĐOẠN KHẢO SÁT THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH .....	6
1.2.1. Giai đoạn khảo sát thiết kế công trình.....	6
1.2.2. Giai đoạn thi công .....	7
1.2.3. Giai đoạn vận hành đưa công trình vào sử dụng.....	8
1.3. ĐẶC ĐIỂM LƯỚI KHÔNG CHẾ THI CÔNG.....	8
1.3.1. Phạm vi khống chế của lưới thi công nhỏ.....	8
1.3.2. Số lần sử dụng lưới nhiều .....	9
1.3.3. Điểm khống chế chịu ảnh hưởng của quá trình thi công .....	9
1.3.4. Lựa chọn mặt quy chiếu.....	9
1.3.5. Lưới cấp thấp có độ chính xác cao hơn lưới cấp cao.....	10
1.3.6. Đồ hình.....	10
1.3.7. Hệ tọa độ .....	10
1.4. ĐẶC ĐIỂM RIÊNG CỦA LƯỚI KHÔNG CHẾ THI CÔNG MỘT SỐ CÔNG TRÌNH.....	11
1.4.1. Lưới khống chế thi công khu vực thành phố .....	11
1.4.2. Khi xây dựng khu công nghiệp .....	11
1.4.3. Công trình cầu vượt.....	12
1.4.4. Khu vực đầu mối thủy lợi - thủy điện .....	12
1.4.5. Công trình đường hầm .....	13
1.4.6. Công trình đòi hỏi độ chính xác cao .....	13

<b>CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU BÀI TOÁN TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ TRONG TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH.....</b>	<b>15</b>
2.1. MỘT SỐ HỆ TỌA ĐỘ THƯỜNG DÙNG TRONG TRẮC ĐỊA Ở VIỆT NAM...	15
2.1.1. Hệ tọa độ Hà Nội -1972 (HN- 72) .....	15
2.1.2. Hệ tọa độ VN- 2000 .....	15
2.2. NGUYÊN TẮC CHỌN MÚI CHIẾU, MẶT CHIẾU TRONG TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH .....	16
2.2.1. Số hiệu chỉnh do độ cao .....	16
2.2.2. Số hiệu chỉnh do chiếu về mặt phẳng .....	17
2.3. TÍNH CHUYỂN GIỮA CÁC HỆ TỌA ĐỘ.....	20
2.3.1. Phương pháp tính chuyển tọa độ giữa các hệ quy chiếu.....	20
2.3.2. Tính chuyển giữa các hệ tọa độ.....	25
2.4. PHÉP CHIẾU TỪ ELLIPSOID LÊN MẶT PHẪNG .....	35
2.4.1. Phép chiếu Gauss - Kruger.....	35
2.4.2. Phép chiếu UTM .....	37
<b>CHƯƠNG 3. BÀI TOÁN THỰC NGHIỆM.....</b>	<b>39</b>
3.1. GIỚI THIỆU KHU VỰC THỰC NGHIỆM.....	39
3.1.1. Giới thiệu khu vực cầu Bãi Cháy.....	39
3.1.2. Những nét đặc biệt của cầu Bãi Cháy .....	40
3.2. BÀI TOÁN TÍNH CHUYỂN HỆ TỌA ĐỘ QUỐC GIA VỀ HỆ TỌA ĐỘ THI CÔNG CÔNG TRÌNH.....	43
3.2.1. Các hệ tọa độ dùng trong xây dựng .....	43
3.2.2. Sự khác biệt về hệ tọa độ nhà nước và hệ tọa độ công trình.....	44
3.2.3. Vấn đề tính chuyển tọa độ.....	46
3.2.4. Thực nghiệm .....	48
3.3. BÀI TOÁN TÍNH CHUYỂN CÁC ĐIỂM ĐO GPS VỀ HỆ TỌA ĐỘ THI CÔNG CÔNG TRÌNH.....	49
3.3.1. Sự cần thiết phải tính chuyển các điểm đo GPS về hệ tọa độ thi công công trình .....	49

3.3.2 Lưới không chế thi công cầu Bãi Cháy.....	50
3.3.3. Đánh giá độ chính xác tính chuyển.....	54
3.3.4. tính toán thực nghiệm [6].....	55
3.4 NHẬN XÉT .....	58
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....</b>	<b>59</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>60</b>

## DANH MỤC BẢNG

Bảng 3.1. Chiều dài các cạnh lưới GPS được đo lại bằng máy toàn đạc điện tử NiKON-551 .....	51
Bảng 3.2. Tọa độ các điểm GPS lưới khống chế thi công cầu bãi cháy .....	55
Bảng 3.3. Tọa độ các điểm đo GPS trong múi 108 (sau khi tính chuyển).....	56
Bảng 3.4. So sánh chiều dài cạnh lưới GPS theo phương án đã tính chuyển .....	56
Bảng 3.5. So sánh kết quả bình sai lưới khống chế thi công cầu bãi cháy .....	57

## DANH MỤC HÌNH

Hình 2.1. hệ tọa độ HN-72 .....	15
Hình 2.2. Chọn mặt chiếu trong trắc địa công trình.....	17
Hình 2.3. Phép chiếu Gauss-kruger: .....	18
Hình 2.4 Với phép chiếu UTM : .....	18
Hình 2.5. Hai hệ tọa độ song song với nhau .....	21
Hình 2.6. hai hệ tọa độ vuông góc phẳng.....	26
Hình 2.7. Hệ tọa độ trắc địa .....	29
Hình 2.8. Hệ tọa độ vuông góc phẳng Gauss-Kruger .....	36
Hình 2.9. phép chiếu UTM .....	37
Hình 2.10. Hệ tọa độ UTM .....	38
Hình 3.1. Thuật toán biến đổi đồng dạng theo độ cao mặt chiếu .....	47
Hình 3.2. Quy trình tính chuyển tọa độ.....	47
Hình 3.3. Lưới khống chế thi công cầu bãi cháy .....	51



## LỜI NÓI ĐẦU

Nền kinh tế nước ta đang phát triển mạnh mẽ hoà chung với nền kinh tế thế giới, công cuộc công nghiệp hoá - hiện đại hoá đất nước được thúc đẩy thực thi mạnh mẽ như: quy hoạch phát triển đô thị, xây dựng các khu công nghiệp, nhà máy, xí nghiệp, cầu đường... Với chủ trương đó, các công trình mới được xây dựng ngày càng nhiều hơn, các công trình cũ được tu bổ hoàn thiện hơn.

Hoà chung với sự phát triển của khoa học, kỹ thuật các công trình xây dựng cũng đòi hỏi ngày càng có độ chính xác cao đảm bảo cho công trình được ổn định và sử dụng lâu dài.

Để đáp ứng yêu cầu đó, công tác trắc địa đóng vai trò rất lớn từ giai đoạn khảo sát thiết kế, thi công đến khi đưa công trình vào vận hành và đi vào ổn định.

Một trong những vấn đề còn tồn tại trong công tác trắc địa công trình đó là: công việc thiết kế và thi công công trình là 2 giai đoạn tách biệt nhau. Có thể đơn vị thiết kế khác với đơn vị thi công, do đó dẫn đến việc thiết kế được thực hiện trong hệ toạ độ được chọn để khảo sát công trình hoặc khi khảo sát thiết kế dùng các tài liệu trắc địa thuộc hệ toạ độ cũ... Đến khi tiến hành thi công công trình thì lại được tiến hành trên thực địa với các yếu tố trắc địa hoàn toàn khác với thiết kế dẫn đến các trị đo dài thực tế trên công trình khác với trị đo lý thuyết tính toán làm cho công trình bị biến dạng hoặc không thể tiến hành thi công được do sai số gây nên vượt quá giới hạn cho phép.

Để đảm bảo độ chính xác thi công các công trình xây dựng cần tính chuyển giữa các hệ toạ độ để đảm bảo tính thống nhất giữa hệ toạ độ thiết kế và hệ toạ độ thi công công trình đồng thời sự biến dạng chiều dài là nhỏ nhất. Đây là một vấn đề các đơn vị sản xuất trong ngành trắc địa nói chung và trong trắc địa công trình nói riêng đang đòi hỏi rất cấp bách, chính vì thế em đã chọn đề tài tốt nghiệp của mình là: ***“Nghiên cứu một số bài toán tính chuyển toạ độ ứng dụng trong trắc địa công trình”***.

Nội dung đồ án của em gồm 3 chương như sau:

Lời nói đầu

Chương 1: Khái niệm chung.

Chương 2: Nghiên cứu bài toán tính chuyển tọa độ trong trắc địa công trình.

Chương 3: Bài toán thực nghiệm.

Mặc dù đã cố gắng nhiều, nhưng do trình độ và kinh nghiệm thực tế còn hạn chế nên trong đồ án không thể tránh được thiếu sót, vì vậy em kính mong thầy cô cùng các bạn đồng nghiệp tận tình chỉ bảo, em xin chân thành cảm ơn!

Hà nội, tháng 6 năm 2016 Sinh viên thực hiện Chu Thị Hồng.

## CHƯƠNG 1. KHÁI NIỆM CHUNG

### 1.1 MỘT SỐ DẠNG CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH

Tùy thuộc vào đối tượng phục vụ, nội dung của trắc địa công trình bao gồm: Trắc địa công trình thành phố, công nghiệp; trắc địa công trình đường sắt, đường bộ; trắc địa công trình ngầm; trắc địa công trình thủy lợi - thủy điện...

#### *1.1.1 Trắc địa công trình thành phố, công nghiệp*

Khu vực thành phố, công nghiệp bao gồm rất nhiều các công trình có mối liên hệ chặt chẽ với nhau. Vì vậy công tác trắc địa đóng vai trò rất quan trọng trong quá trình thi công, xây dựng, quy hoạch các công trình. Nhà cao tầng và các công trình dạng tháp là hai dạng công trình mà công tác trắc địa đóng vai trò quan trọng nhất trong trắc địa công trình thành phố, công nghiệp.

##### *1.1.1.1 Công tác trắc địa trong xây dựng nhà cao tầng*

Nhiệm vụ chủ yếu của công tác trắc địa là chuyển lên các tầng trục bố trí và độ cao thiết kế của công trình trong cùng một hệ tọa độ thống nhất.

Nội dung công tác trắc địa trong xây dựng nhà cao tầng bao gồm:

- Thành lập xung quanh công trình xây dựng một mạng lưới đường chuyền có đo nối với lưới trắc địa thành phố.
- Chuyển ra thực địa các trục chính của công trình từ các điểm đường chuyền.
- Bố trí chi tiết khi xây dựng phần dưới mặt đất của ngôi nhà.
- Thành lập lưới trắc địa cơ sở trên mặt bằng móng.
- Chuyển tọa độ và độ cao từ lưới cơ sở lên các tầng. Thành lập trên các tầng lưới không chế khung.
- Tại các tầng dựa vào lưới khung phát triển lưới bố trí phục vụ bố trí chi tiết.

##### *1.1.1.2 Công tác trắc địa khi xây dựng các công trình dạng tháp*

Trong xây dựng các công trình dạng tháp có độ cao lớn, công tác trắc địa rất phức tạp. Nhiệm vụ cơ bản của công tác trắc địa phục vụ cho việc xây

dựng các công trình dạng tháp bao gồm:

- Giữ vị trí thẳng đứng của trục công trình, đảm bảo tâm thiết kế.
- Đảm bảo thi công chính xác hình dạng công trình theo mẫu đã thiết kế, theo tiết diện ngang của từng phần, tránh sự lệch tâm của các phần công trình đã xây dựng.
- Quan sát biến dạng của công trình trong thời gian xây dựng và trong quá trình sử dụng công trình để có thể đánh giá về sự ổn định của công trình.

### ***1.1.2 Trắc địa công trình trong xây dựng cầu***

Dựa trên các bản thiết kế lưới và các điểm của lưới khống chế, tiến hành bố trí tâm trụ và móng cầu. Trong giai đoạn này cần phải bố trí tuyến đường qua cầu và bố trí trực tiếp các tâm trụ cầu.

Khi thi công cần bố trí chi tiết trụ và móng cầu. Cần kiểm tra kết cấu nhịp cầu sau khi thi công xong phần thân trụ. Do trục của các gối tựa được bố trí từ các trục trụ với sai số trung bình khoảng 2-3 mm. Khi đó công tác trắc địa trong lắp ráp nhịp cầu và đặt nó lên các trụ gồm có:

- Xác định vị trí đường tim cầu và kiểm tra định kỳ xem việc lắp ráp các giàn chính có thẳng hay không.
- Đặt giàn đúng độ cao và kiểm tra trực tải xây dựng

### ***1.1.3 Định tuyến đường giao thông.***

Công tác định tuyến đường là tập hợp tất cả các công tác khảo sát, xây dựng theo tuyến được chọn, đáp ứng được những yêu cầu của các điều kiện kỹ thuật và đòi hỏi một chi phí nhỏ nhất cho việc xây dựng tuyến. Điều quan trọng nhất cho việc định tuyến là những tuyến đường phải thoả mãn đồng thời các thông số trong mặt phẳng và thông số độ cao.

Trước khi tiến hành xây dựng ta phải xác định các thông số cần thiết cho việc định tuyến, bao gồm:

- Xác định vị trí các điểm cọc trên tuyến, đo kiểm tra cạnh, đo góc ngoặt

trên tuyến (góc chuyển hướng trên tuyến) và bố trí chi tiết đường cong.

- Đo kiểm tra độ cao các điểm cọc và chêm dày lưới khống chế độ cao thi công.

- Đánh dấu tuyến và trục các công trình, đồng thời chuyển ra khỏi vùng đào đắp các dấu mốc đã bố trí.

Trong quá trình thi công ta phải xác định các điểm cơ bản của đường cong: góc ngoặt, bán kính cong, chiều dài tiếp cự, chiều dài đường cong tròn, chiều dài đoạn phân cự, độ rút ngắn của đường cong.

Do các điểm cơ bản chưa đủ để đặc trưng cho vị trí tuyến đường ở ngoài thực địa, cần phải bố trí thêm một số điểm khác cách đều nhau nằm trên toàn bộ chiều dài đường cong.

Ngoài ra, cần phải tiến hành bố trí chi tiết các yếu tố của đường cong chuyển tiếp và bố trí chi tiết nền đường bao gồm: mặt cắt ngang của đường, mặt cắt ngang thi công và mặt cắt ngang ở chỗ đào đắp.

#### ***1.1.4 Khi xây dựng đường hầm***

Nhiệm vụ chủ yếu của trắc địa trong xây dựng đường hầm là bảo đảm đào thông hầm đối hướng với độ chính xác theo yêu cầu. Ngoài ra còn cần phải bảo đảm xây dựng đường hầm, các công trình kiến trúc trong hầm đúng với hình dạng, kích thước thiết kế và phải quan trắc biến dạng công trình trong lúc thi công cũng như khi sử dụng đường hầm.

Để đảm bảo các yêu cầu đó, cần thành lập cơ sở trắc địa trong xây dựng đường hầm với các nội dung sau:

- Xây dựng hệ thống khống chế mặt bằng trên mặt đất
- Định hướng cơ sở trắc địa trong hầm
- Thành lập lưới khống chế mặt bằng trong hầm dưới dạng đường chuyền.
- Thành lập hệ thống khống chế độ cao.

Tuỳ thuộc các loại công trình, điều kiện thực tế và các giai đoạn khác nhau trong xây dựng công trình mà yêu cầu đối với công tác trắc địa cũng khác nhau.

## **1.2 CÁC GIAI ĐOẠN KHẢO SÁT THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH**

Công tác trắc địa phục vụ xây dựng các loại công trình khác nhau đều có đặc điểm và yêu cầu riêng. Nhưng từ phương pháp và nguyên lý cơ bản mà xét, lại có nhiều điểm chung. Vì vậy công tác trắc địa có thể không phân chia theo chủng loại các công trình mà phân chia theo tuần tự các giai đoạn.

Đối với mỗi công trình thì quy trình xây dựng đều phải trải qua các giai đoạn sau:

- Giai đoạn khảo sát thiết kế
- Giai đoạn thi công xây dựng
- Giai đoạn vận hành đưa công trình vào sử dụng

### ***1.2.1 Giai đoạn khảo sát thiết kế công trình***

Mục đích của giai đoạn này là xem xét tính khả thi của dự án khi chủ đầu tư có ý định xây dựng công trình. Trong giai đoạn này cần xem xét khả năng có thể xây dựng công trình trong khu vực được lựa chọn, tính toán khái lược về tổng vốn đầu tư, chi phí xây dựng công trình và đánh giá hiệu quả kinh tế mà nó mang lại cho nền kinh tế quốc dân khi công trình đi vào hoạt động.

Công tác trắc địa giai đoạn này là phải cung cấp cho đơn vị thiết kế những tài liệu cần thiết đó là các loại bản đồ gồm: bản đồ địa hình, bản đồ địa chất và ảnh hàng không của khu vực quy định nhằm xác định vị trí đặt công trình trên cơ sở đánh giá khối lượng di dân, giải phóng mặt bằng, các tác động đến môi trường.

Sau khi tính khả thi của dự án được chủ đầu tư và các cơ quan chức năng phê chuẩn thì công tác trắc địa trong giai đoạn này cần đi sâu vào khảo sát

khu vực một cách tỷ mỉ và chính xác hơn:

- Cần làm rõ thêm điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn của khu vực, điều tra khả năng tiếp cận khu vực của các tuyến đường sắt và đường ô tô, vạch lối thoát của các đường ống, mương rạch thoát nước...

- Tiến hành đo vẽ trực tiếp bản đồ địa hình tỷ lệ lớn 1:2000 - 1:1000 trên toàn bộ khu vực xây dựng công trình, đồng thời tiến hành đo mặt cắt địa hình bao gồm mặt cắt dọc và mặt cắt ngang.

- Ngoài ra từ bản đồ địa hình vừa đo vẽ kết hợp với những tài liệu về địa chất và thủy văn thành lập bản đồ địa chất công trình.

Dựa trên những kết quả của công tác trắc địa trong giai đoạn này đơn vị thiết kế sẽ thiết kế sơ bộ công trình, dự toán kinh phí xây dựng, kinh phí vận chuyển từ đó đưa ra tổng vốn đầu tư. Trên cơ sở đó đưa ra các phương án xây dựng công trình để so sánh chọn ra phương án tối ưu và tiến hành thiết kế kỹ thuật. Trong giai đoạn này đơn vị thiết kế sẽ tiến hành thiết kế chi tiết và cụ thể hơn dựa trên phương pháp tối ưu nhằm đưa ra các phương pháp và công nghệ phù hợp với việc xây dựng công trình.

Sau đó, tiến hành thiết kế công trình lên bản vẽ nhằm cụ thể hoá kích thước, vị trí của công trình theo một tỷ lệ nhất định để cung cấp cho các đơn vị thi công ngoài thực địa.

### ***1.2.2 Giai đoạn thi công***

Đây là giai đoạn chuyển bản thiết kế công trình ra ngoài thực địa. Dựa trên bản thiết kế công trình và bản đồ tỷ lệ lớn đã được thành lập, tiến hành chuyển bản thiết kế ra ngoài thực địa bằng cách thành lập các lưới khống chế thi công trong khu vực xây dựng. Sau khi đã thành lập xong lưới thi công, ta đi bố trí các yếu tố cơ bản của công trình: trục công trình, các tâm trụ cột, nếu là các công trình dạng tuyến phải bố trí các điểm đặc trưng như vị trí các góc ngoặt... Các yếu tố đặc trưng này sau khi bố trí phải được chôn mốc đánh dấu

và phải được đo kiểm tra lại để đảm bảo đúng vị trí và kích thước như bản thiết kế. Công tác trắc địa trong giai đoạn này đòi hỏi độ chính xác rất cao vì nó ảnh hưởng trực tiếp tới độ chính xác của các yếu tố chi tiết của công trình sau này.

Kết thúc giai đoạn này là đo vẽ hoàn công công trình nhằm xác định chính xác lại các vị trí mặt bằng và độ cao của các yếu tố phục vụ cho quan trắc chuyển dịch công trình sau khi công trình đi vào sử dụng.

### ***1.2.3 Giai đoạn vận hành đưa công trình vào sử dụng***

Công tác trắc địa chủ yếu trong giai đoạn này là quan trắc sự chuyển dịch biến dạng của công trình: thành lập lưới không chế cơ sở, lưới mốc chuẩn và mốc kiểm tra nhằm xác định đầy đủ, chính xác các giá trị chuyển dịch, phục vụ cho việc đánh giá độ ổn định và bảo trì công trình.

Ba công đoạn trên liên quan mật thiết với nhau và cần phải được thực hiện theo một trình tự quy định.

## **1.3 ĐẶC ĐIỂM LƯỚI KHÔNG CHẾ THI CÔNG**

Lưới không chế thi công công trình được thành lập với hai mục đích chủ yếu: chuyển bản thiết kế ra thực địa (bố trí) và đo vẽ hoàn công công trình. Những mục đích này là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến độ chính xác, mật độ điểm, số bậc, đồ hình và phương pháp xây dựng lưới. Chất lượng của lưới không chế thi công sẽ đảm bảo độ chính xác của công trình trong suốt thời gian xây dựng cũng như khi vận hành đưa công trình vào sử dụng. Thành lập lưới không chế thi công là một trong những nội dung quan trọng của công tác trắc địa trong xây dựng công trình.

So với các dạng lưới trắc địa dùng cho công tác đo vẽ bản đồ thì lưới không chế thi công công trình có một số đặc điểm nổi bật sau:

### ***1.3.1. Phạm vi không chế của lưới thi công nhỏ***

Các lưới không chế thi công thường có phạm vi không chế nhỏ. Trong



phạm vi nhỏ đó, các công trình được phân bố dày đặc và phức tạp, nếu không có mật độ điểm không chế dày thì khó có thể đảm bảo được công tác bố trí trong thời gian thi công.

Ngoài ra các điểm không chế cần có độ chính xác cao, độ lệch vị trí khỏi các trục công trình không được vượt quá giới hạn nhất định. Vì vậy so với lưới đo vẽ bản đồ thì độ chính xác trong lưới thi công là cao hơn.

### ***1.3.2. Số lần sử dụng lưới nhiều***

Trong quá trình thi công thì các điểm của lưới không chế được sử dụng trực tiếp để bố trí công trình. Điều đó cho thấy điểm không chế được sử dụng rất nhiều lần. Từ khi bắt đầu thi công công trình đến khi hoàn thành công trình, các điểm không chế có thể được sử dụng nhiều lần (đo đạc, bố trí các hạng mục công trình). Do đó điểm không chế thi công cần phải đạt yêu cầu cao về độ ổn định, tính bền vững, sự tiện lợi khi sử dụng và bảo vệ an toàn vị trí của mốc không chế.

### ***1.3.3. Điểm không chế chịu ảnh hưởng của quá trình thi công***

Ở các công trình lớn thì mật độ kiến trúc dày và thường được xây dựng không theo trật tự làm cản trở tầm nhìn thông giữa các điểm không chế. Ngoài ra các máy móc xây dựng hoạt động liên tục trên công trường làm ảnh hưởng đến độ ổn định của các điểm không chế. Vì vậy, việc thành lập lưới là một yếu tố quan trọng trong thiết kế thi công công trình.

### ***1.3.4. Lựa chọn mặt quy chiếu***

Trong bố trí các công trình thường dùng khoảng cách thực tế giữa các điểm không chế, do đó cạnh góc trong lưới không chế không chiếu lên mặt nước biển trung hình như lưới không chế đo vẽ bản đồ. Đối với lưới không chế công trình, cạnh góc được chiếu lên mặt phẳng có độ cao là độ cao trung bình khu vực xây dựng.

### ***1.3.5. Lưới cấp thấp có độ chính xác cao hơn lưới cấp cao***

Đối với công trình nhiều hạng mục, yêu cầu độ chính xác giữa chúng là khác nhau. Độ chính xác bố trí các hạng mục thấp hơn độ chính xác của quan hệ hình học của các phần chi tiết nằm trong hạng mục công trình. Do đó lưới khống chế thi công công trình thường được chọn theo phương án nhiều cấp sao cho phù hợp với yêu cầu độ chính xác công trình (tránh sai số số liệu gốc).

Đầu tiên là lưới cấp cao bao phủ toàn bộ khu vực công trình. Sau đó là chêm dày bằng lưới cấp thấp bằng các phương pháp chêm điểm, nó được thành lập theo yêu cầu cụ thể của từng hạng mục. Trong bố trí công trình, yêu cầu độ chính xác của lưới cấp thấp cao hơn so với lưới cấp cao.

### ***1.3.6. Đồ hình***

Đồ hình và phương pháp thành lập lưới phù hợp với đặc điểm kỹ thuật công trình và thuận lợi cho công tác bố trí, đo vẽ hoàn công ở các giai đoạn tiếp theo.

### ***1.3.7 Hệ tọa độ***

Hệ tọa độ của lưới khống chế thi công phải thống nhất với hệ tọa độ đã dùng trong các giai đoạn khảo sát và thiết kế công trình. Tốt nhất đối với các công trình có quy mô nhỏ hơn 100 ha nên sử dụng hệ tọa độ giả định, đối với các công trình có quy mô lớn phải sử dụng hệ tọa độ Nhà nước và phải chọn kinh tuyến trục hợp lý để độ biến dạng chiều dài không vượt quá 1/50.000 (tức là  $< 2 \text{ mm}/100 \text{ m}$ ), nếu vượt quá thì phải tính chuyên.

Từ những đặc điểm riêng của lưới khống chế thi công công trình cho thấy tính chất đa dạng của loại lưới khống chế này. Tùy thuộc vào tính chất quan trọng của từng công trình, điều kiện địa hình, điều kiện thi công mà mạng lưới khống chế thi công công trình phải được xây dựng một cách linh hoạt, nhằm đáp ứng được những yêu cầu trong quá trình thi công các công trình.

Độ chính xác và mật độ điểm của lưới khống chế thi công công trình tùy

thuộc vào yêu cầu nhiệm vụ phải giải quyết trong giai đoạn thi công công trình.

Việc lựa chọn phương pháp thành lập lưới phụ thuộc vào nhiều yếu tố: dạng công trình, hình dạng và diện tích của khu vực xây dựng. Trên khu vực xây dựng công trình có thể áp dụng các phương pháp thành lập lưới sau: lưới tam giác (đo góc, đo cạnh, đo góc - cạnh), lưới đa giác, lưới GPS, lưới ô vuông xây dựng.

Lưới khống chế thi công được thành lập dựa vào mạng lưới khống chế đã có ở giai đoạn khảo sát thiết kế.

## **1.4 ĐẶC ĐIỂM RIÊNG CỦA LƯỚI KHỐNG CHẾ THI CÔNG MỘT SỐ CÔNG TRÌNH**

Đối với từng loại công trình thì yêu cầu độ chính xác khác nhau mà nội dung, nhiệm vụ và vai trò của công tác trắc địa trong khi thi công cũng khác nhau:

### ***1.4.1 Lưới khống chế thi công khu vực thành phố***

ở thành phố, không thành lập lưới chuyên dùng mà sử dụng lưới khống chế nhà nước làm cơ sở, nhưng chiều dài cạnh rút ngắn 1,5-2 lần để có mật độ 1 điểm/5 - 15 km<sup>2</sup>.

Loại và hình dạng của lưới phụ thuộc vào diện tích và hình dạng của thành phố. Thành phố có dạng kéo dài thì thành lập chuỗi tam giác đơn hoặc kép. Thành phố có dạng trải rộng thì thành lập lưới có dạng đa giác trung tâm và có thể đo thêm các đường chéo. Thành phố lớn có diện rộng thì thành lập lưới gồm nhiều đa giác trung tâm.

Trên khu vực thành phố, lưới đo góc – cạnh kết hợp được xem là tốt nhất. Loại lưới này có độ chính xác cao, đồ hình của lưới có thể vượt ra ngoài những quy định thông thường mà vẫn đảm bảo độ chính xác.

### ***1.4.2 Khi xây dựng khu công nghiệp***

Do đặc điểm của khu vực thành phố, các khu công nghiệp thường có các hạng mục công trình được bố trí thành các lô, các mảng có trục song song

hoặc vuông góc với nhau. Vì vậy ở đây ta thành lập mạng lưới ô vuông xây dựng là hợp lý nhất. Các điểm khống chế của lưới ô vuông phải được thiết kế một cách linh hoạt để phục vụ cho việc bố trí các trục chính của công trình .

Vai trò của công tác trắc địa là phải tiến hành bố trí các điểm trục chính của toà nhà (nằm mép ngoài của toà nhà), bố trí chi tiết các công tác đào hố móng và đổ bê tông móng, đồng thời bố trí chi tiết kết cấu xây dựng ở các tầng, các điểm góc nhà, liên tục kiểm tra độ chính xác xây dựng trong quá trình thi công.

### **1.4.3 Công trình cầu vượt**

Cơ sở để ước tính độ chính xác cần thiết của lưới là yêu cầu về độ chính xác đo chiều dài cầu và độ chính xác vị trí trụ cầu, thường từ 1-3cm. Đồ hình cơ bản của lưới thường là tứ giác trắc địa đơn hoặc kép. Một hoặc hai cạnh đáy được đo với độ chính xác  $1:200.000 \div 1:300.000$ ; góc đo với độ chính xác  $m_{\beta} = 1'' \div 2''$ . Ngày nay máy đo dài điện tử được sử dụng rộng rãi, lưới trắc địa trong xây dựng cầu thường đo góc - cạnh kết hợp. Trong trường hợp này đồ hình lưới có thể đơn giản hơn mà độ chính xác vẫn đảm bảo yêu cầu.

### **1.4.4 Khu vực đầu mối thủy lợi - thủy điện**

Trong giai đoạn thi công thành lập lưới chuyên dùng, nhằm đảm bảo độ chính xác bố trí công trình. Đặc điểm của lưới tam giác khu vực đầu mối thủy lợi

- Thủy điện là cạnh ngắn (0.5-1.5 km), đo góc và cạnh đáy với độ chính xác cao:  $m_{\beta} = 1'' \div 1''.5$ ,  $m_s/S = 1/200.000 \div 1/250.000$ , sai số vị trí điểm cỡ 5mm.

Hình dạng của lưới phụ thuộc vào chiều dài, hình dạng của đập, chiều rộng của sông và địa hình hai bên bờ sông.

Xu hướng chính thành lập lưới khống chế khu vực đầu mối thủy lợi - thủy điện là:

- Các điểm được bố trí gần với các trục cơ bản của công trình, một cạnh trùng với trục đập.

- Đo góc – cạnh kết hợp để đơn giản hoá kết cấu của lưới mà độ chính xác vẫn bảo đảm.

- Khi xây đập bê tông cao, các điểm của lưới khống chế cần được phân bố ở hai bờ, có độ cao khác nhau để tiện bố trí đập.

#### ***1.4.5 Công trình đường hầm***

Cơ sở để ước tính độ chính xác cần thiết của lưới là sai số hướng ngang cho phép của trục đường hầm đào đối hướng.

Hình dạng lưới khống chế trắc địa đường hầm phụ thuộc vào hình dạng của tuyến hoặc hệ thống đường hầm.

Đối với một tuyến đường hầm, thường thành lập chuỗi tam giác, đo cạnh đáy ở hai đầu chuỗi, chuỗi tam giác đo góc – cạnh kết hợp, hoặc. Để chuyển toạ độ và phương vị xuống hầm, cần phải có điểm của lưới khống chế ở gần miệng giếng đứng và cửa hầm.

#### ***1.4.6 Công trình đòi hỏi độ chính xác cao***

Đối với công trình đòi hỏi độ chính xác cao như nhà máy gia tốc hạt, công trình cao, tháp vô tuyến.. nhưng phạm vi nhỏ thì thành lập lưới tam giác nhỏ đo cạnh (25 ÷ 50m) độ chính xác rất cao (0.1 ÷ 0.5mm).

Như vậy vai trò của lưới khống chế thi công rất quan trọng trong suốt quá trình xây dựng công trình. Chất lượng của lưới khống chế thi công sẽ đảm bảo tính chính xác của công trình trong thời gian xây dựng cũng như khi đưa công trình vào sử dụng.

Khi khảo sát thiết kế công trình, đa số các trường hợp đều sử dụng hệ toạ độ giả định (hoặc hệ toạ độ đã có ở khu vực xây dựng) để thành lập hồ sơ khảo sát thiết kế công trình, do đó bản thiết kế công trình thường được thiết kế trên những tài liệu này. Trong giai đoạn thi công công trình, các đơn vị thi công cần phải thành lập lưới khống chế thi công tại khu vực xây dựng (theo phương pháp truyền thống hoặc theo công nghệ GPS), dẫn đến có sự khác

biệt giữa hệ toạ độ thiết kế và hệ toạ độ thi công. Sự khác biệt đó đã gây ra sự biến dạng chiều dài các cạnh của lưới không chế thi công, ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác bố trí công trình. Vì vậy phải tính chuyển toạ độ các điểm trong lưới không chế thi công để đảm bảo độ chính xác của công trình.

## CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU BÀI TOÁN TÍNH CHUYỂN TỌA ĐỘ TRONG TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH

### 2.1 MỘT SỐ HỆ TỌA ĐỘ THƯỜNG DÙNG TRONG TRẮC ĐỊA Ở VIỆT NAM

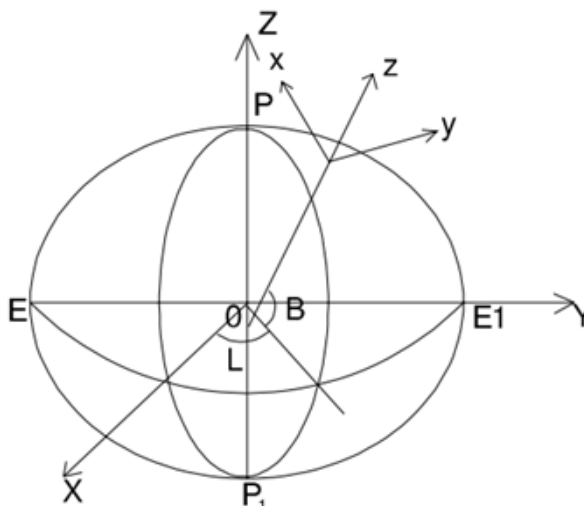
#### 2.1.1 Hệ tọa độ Hà Nội -1972 (HN- 72)

Từ năm 1959 đến 1966 Cục đo đạc và bản đồ nhà nước được sự giúp đỡ của các chuyên gia Trung Quốc tiến hành xây dựng hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia, sau này gọi là hệ tọa độ Hà Nội - 1972.

Hệ tọa độ Hà Nội - 1972 được tính theo tọa độ của mạng lưới trắc địa Trung Quốc. Ellipsoid quy chiếu là Ellipsoid Krasowski được định vị theo giá trị quy ước tọa độ một điểm gốc tại Hà Nội (được truyền từ Trung Quốc sang). Ellipsoid Krasowxki có các tham số sau:

Bán trục lớn:  $a = 6378245\text{m}$

Độ dẹt:  $\alpha = 1/298.3$



Hình 2.1: hệ tọa độ HN-72

#### 2.1.2. Hệ tọa độ VN- 2000

Ellipsoid quy chiếu quốc gia là Ellipsoid WGS - 84 toàn cầu với kích thước :

- Bán trục lớn  $a = 6378137\text{m}$
- Độ dẹt  $\alpha = 1/298.257223563$ .
- Tốc độ quay  $w = 7292115 \cdot 10^{-11} \text{ rad/s}$
- Kinh tuyến trục  $105^\circ$

Ellipsoid WGS-84 toàn cầu được xác định phù hợp với lãnh thổ quốc gia trên cơ sở có sử dụng điểm GPS cạnh dài, có độ cao thủy chuẩn phân bố đều trên toàn lãnh thổ.

Điểm gốc tọa độ quốc gia: Điểm N00 đặt trong khuôn viên Viện nghiên cứu Địa chính.

Hệ tọa độ phẳng: Hệ tọa độ UTM quốc tế được thiết lập trên cơ sở lưới chiếu hình trụ ngang đồng góc, với hệ số biến dạng chiều dài  $k = 0.9996$  với múi chiếu  $6^\circ$  và  $k = 0.9999$  với múi chiếu  $3^\circ$ .

## 2.2 NGUYÊN TẮC CHỌN MÚI CHIỀU, MẶT CHIỀU TRONG TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH

Trước khi xử lý toán học, lưới trắc địa nhà nước được chiếu xuống mặt Ellipsoid thực dụng. Vì vậy các trị đo trong lưới hạng I, II...đều được hiệu chỉnh. Điều đó cũng có nghĩa là các trị đo tiếp theo về sau đều được chiếu xuống mặt quy ước duy nhất đó.

Tọa độ điểm được tính trong hệ tọa độ phẳng, vuông góc của phép chiếu Gauss hoặc UTM.

Trong TĐCT, khi thành lập lưới khống chế thi công cần phải lựa chọn mặt chiếu và múi chiếu trước khi tiến hành bình sai lưới. Chiều dài cạnh đo trên mặt đất cần đưa vào 2 số hiệu chỉnh [1].

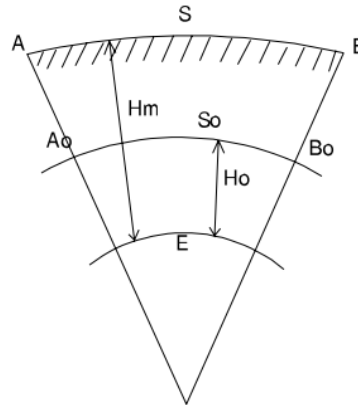
### 2.2.1 Số hiệu chỉnh do độ cao

Số hiệu chỉnh do chiếu cạnh AB xuống mặt chiếu  $A_0 B_0$

$\Delta S_H = A_0 B_0 - AB$  được tính theo công thức :



$$\Delta S_H = -\frac{S(H_m - H_0)}{R_m} \quad (2.1)$$



Hình 2.2. Chọn mặt chiếu trong trắc địa công trình

S: Chiều dài canh đo được

Độ cao trung bình của canh  $H_0$ : Độ cao của mặt chiếu  $R_m$ : Bán kính trung hình của Ellipsoid (=6370km)

Mặt chiếu được chọn trong TĐCT là mặt có độ cao trung hình của khu vực xây dựng công trình. Đối với đường xe điện ngầm là mặt có độ cao trung bình của trục hầm.

### 2.2.2 Số hiệu chỉnh do chiếu về mặt phẳng

Số hiệu chỉnh của chiều dài canh sẽ có dấu dương và tăng từ trục đến mép của múi chiếu.

Khoảng cách  $S_0$  giữa hai điểm trên mặt phẳng được tính theo công thức:

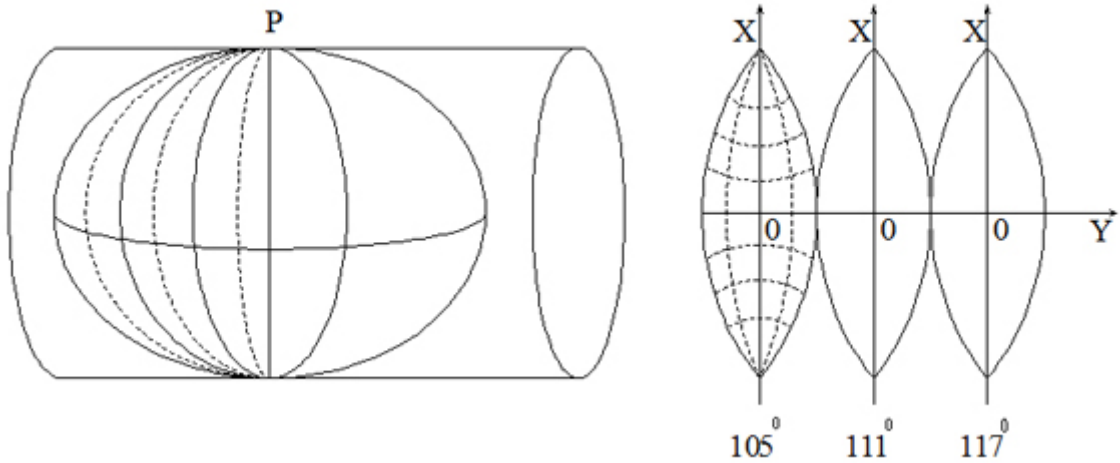
$$S_0 = S \left( \frac{S(H_m - H_0)}{R_m} \right) \quad (2.2)$$

Trong đó:  $s$  - Chiều dài canh trên Ellipsoid

$R_m$ -Bán kính trung bình của Ellipsoid

$y_m = \frac{y_d + y_c}{2}$  : trị trung bình hoành độ điểm đầu và điểm của cạnh đo số

hiệu chỉnh vào chiều dài cạnh đo chiếu về mặt phẳng được tính gần đúng theo công thức:



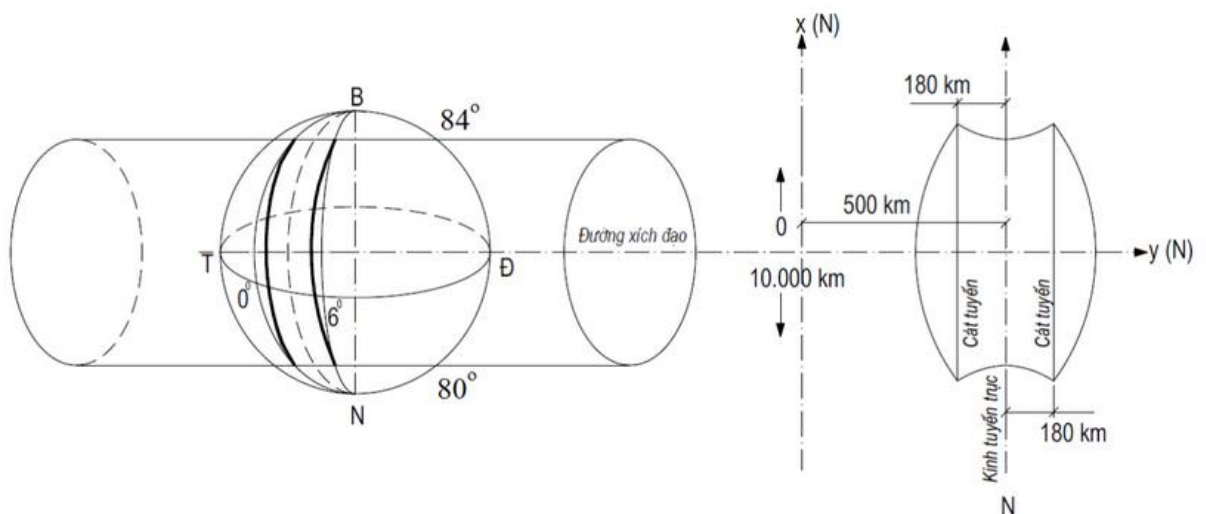
Hình 2.3. Phép chiếu Gauss-kruger:

$$\Delta S_G = S \frac{y_m^2}{2R_m^2} \quad (2.3)$$

$$\frac{\Delta S_G}{S} = \frac{y_m^2}{2R_m^2} \quad (2.4)$$

Từ đó suy ra:

$$y_m = \sqrt{\frac{2R_m^2 \Delta S}{S}} = R_m \sqrt{\frac{2\Delta S}{S}} \quad (2.5)$$



Hình 2.4 Với phép chiếu UTM :

$$\Delta S_{UTM} = S \left( m_0 - 1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) \quad (2.6)$$

$m_0$ : tỷ lệ chiếu trên kinh tuyến trục

$$\frac{\Delta S_{UTM}}{S} = \left( m_0 - 1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) \quad (2.7)$$

$$y_m = R_m \sqrt{2 \left( \frac{\Delta S_{UTM}}{S} + 1 - m_0 \right)} \quad (2.8)$$

Khi đó chiều dài cạnh của lưới khống chế thi công sẽ tính theo công thức

$$S' = \Delta S_H + \Delta S_G \quad (2.9)$$

$S'$ : Chiều dài cạnh đưa vào bình sai

$S$ : Chiều dài cạnh đo trực tiếp trên mặt đất

Như vậy chiều dài cạnh đưa vào hình sai sẽ có sự sai khác so với chiều dài cạnh đo trực tiếp trên mặt đất do ảnh hưởng của 2 số hiệu chỉnh nêu trên.

Nguyên tắc chọn mặt chiếu, múi chiếu trong TĐCT là phải chọn mặt chiếu và múi chiếu sao cho ảnh hưởng của các số hiệu chỉnh  $\Delta S_H$  và  $\Delta S_G$  nhỏ và có thể bỏ qua. Khi đó mặt chiếu và múi chiếu được chọn theo điều kiện.

$$\left| \frac{\Delta S_H}{S} \right| \leq \frac{1}{200000}$$

$$\left| \frac{\Delta S_G}{S} \right| \leq \frac{1}{200000}$$

(2.10)

Do đó mặt chiếu được chọn trong TĐCT sao cho chênh cao giữa mặt đất và mặt chiếu không được vượt quá 32m.

$$|H_m - H_0| \leq \pm 32m \quad (2.11)$$

Với phép chiếu Gauss:

Khoảng cách từ khu vực xây dựng đến kinh tuyến trục của múi chiếu được chọn không được vượt quá 20 km

$$y_m < \pm 20 \text{ km} \quad (2.12)$$

Với phép chiếu UTM:

Múi  $6^\circ$  có  $m_0 = 0.9996$ , để sai số tương đối của canh không vượt quá  $1/200000$ , thì khoảng cách từ kinh tuyến trục của múi chiếu đến khu vực xây dựng công trình không vượt quá:

$$y_m = 6370 \sqrt{2 \left( \frac{1}{200000} + 1 - 0.9996 \right)} \approx 180 \text{ Km} \quad (2.13)$$

Tương tự với múi  $3^\circ$  có  $m_0 = 0.9999$ , thì khoảng cách từ kinh tuyến trục của múi chiếu đến khu vực xây dựng công trình không vượt quá:

$$y_m = 6370 \sqrt{2 \left( \frac{1}{200000} + 1 - 0.9999 \right)} \approx 90 \text{ Km} \quad (2.14)$$

Khi đó có thể coi các số hiệu chỉnh do độ cao mặt chiếu  $\Delta S_H$  và số hiệu chỉnh do phép chiếu  $\Delta S_G$  không đáng kể và có thể bỏ qua, chiều dài canh đo trực tiếp không bị biến dạng.

## 2.3. TÍNH CHUYỂN GIỮA CÁC HỆ TOẠ ĐỘ

### 2.3.1 Phương pháp tính chuyển toạ độ giữa các hệ quy chiếu

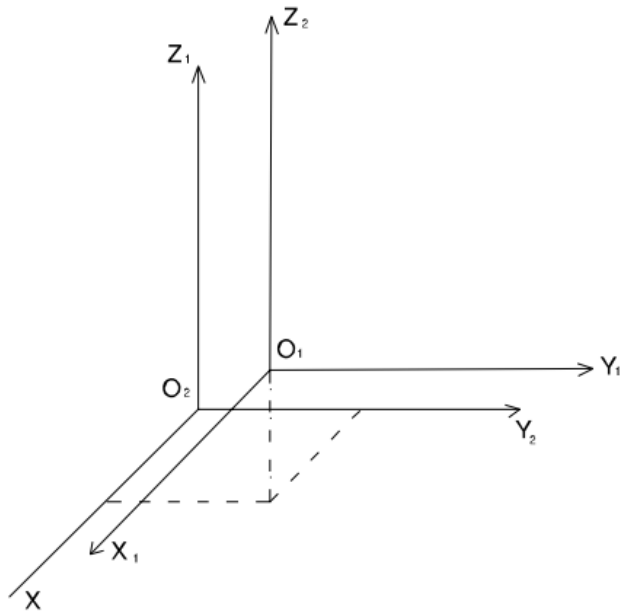
#### 2.3.1.1 Tính chuyển giữa hai hệ toạ độ vuông góc không gian

Nghiên cứu việc xác lập công thức chuyển đổi toạ độ giữa các hệ toạ độ vuông góc không gian đều quy tụ vào việc xác định 3, 5 hoặc 7 tham số tính chuyển. Các công thức này hiện nay đều được dùng khá rộng rãi.

#### a. Phương pháp 3 tham số

Trường hợp 3 tham số được xác định với các giả thiết sau:

- Tâm của 2 Ellipsoid không trùng nhau
- Trục của 2 hệ toạ độ song song với nhau
- Độ chênh về kích thước (dm) giữa hai Ellipsoid là không đáng kể.



Hình 2.5. Hai hệ tọa độ song song với nhau

Để chuyển đổi hệ tọa độ  $O_1X_1Y_1Z_1$  về hệ tọa độ  $O_2X_2Y_2Z_2$  sử dụng công thức sau [4]:

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

trong đó  $O_1X_1Y_1Z_1$  - tọa độ trước tính chuyển

$(X_2Y_2Z_2)$  - tọa độ sau tính chuyển

$X_0, Y_0, Z_0$  - tham số tịnh tiến hệ tọa độ  $O_1X_1Y_1Z_1$  về hệ tọa độ  $O_2X_2Y_2Z_2$

Trường hợp 3 tham số thường được sử dụng trong trường hợp tính chuyển thông thường. Trường hợp có n điểm mặt đất, tại đó đã xác định được tọa độ cả hai hệ, có thể lập được hệ phương trình số hiệu chỉnh sau.

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dX_0 \\ dY_0 \\ dZ_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 - X_2 \\ Y_1 - Y_2 \\ Z_1 - Z_2 \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

Viết dưới dạng tổng quát:

$$\mathbf{V} = \mathbf{A}d\mathbf{U} + \mathbf{L} \quad (2.17)$$

Hệ phương trình số hiệu chỉnh (2.16) được giải theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất.

Từ hệ phương trình số hiệu chỉnh (2.16) lập được hệ phương trình chuẩn sau:

$$\mathbf{A}^T \mathbf{A} d\mathbf{U} + \mathbf{A}^T \mathbf{L} = 0 \quad (2.18)$$

Sai số trung phương trọng số đơn vị được tính theo công thức:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\mathbf{V}^T \mathbf{V}}{3n - 3}} \quad (2.19)$$

Sau khi tính được  $X_0, Y_0, Z_0$  đem thay vào biểu thức (2.15) để tính cho tất cả các điểm còn lại.

#### *b. Phương pháp 7 tham số [2]*

Để tính chuyển tọa độ giữa hai hệ quy chiếu cần phải biết 7 tham số chuyển đổi giữa hai hệ tọa độ vuông góc phẳng không gian địa tâm, gồm:

- 3 tham số lệch góc tọa độ  $dX, dY, dZ$ .
- 3 góc xoay Euler  $e_x, e_y, e_z$
- Hệ số tỷ lệ dài  $m$  hoặc  $dm$  ( $m = 1 + d_m$ )

Ngoài 7 tham số trên, trong mỗi hệ quy chiếu còn phải biết 2 tham số hình dạng kích thước ellipsoid thực dụng bán trục lớn  $a$  và độ dẹt  $\alpha$ .

Nếu cho tọa độ trắc địa  $B_1 L_1 H_1$  của 1 điểm trong hệ 1, cần phải chuyển sang hệ tọa độ  $B_2 L_2 H_2$  trong hệ 2, thực hiện các bước tính sau:

- Tính chuyển từ tọa độ trắc địa  $B_1 L_1 H_1$  trong hệ 1 thành tọa độ vuông góc không gian địa tâm trong hệ 1 là  $X_1 Y_1 Z_1$ .

- Sử dụng 7 tham số đã biết để chuyển tọa độ vuông góc không gian hệ 1 sang tọa độ vuông góc không gian hệ 2 theo công thức sau:

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} + m \cdot \begin{bmatrix} 1 & e_z & -e_y \\ -e_z & 1 & e_x \\ e_y & -e_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

• Sau khi có tọa độ vuông góc không gian địa tâm thuộc hệ quy chiếu 2 dễ dàng tính chuyển sang tọa độ trắc địa  $B_2, L_2, H_2$  nếu biết các tham số Ellipsoid của hệ 2.

Trong trường hợp tính chuyển tọa độ phẳng  $x, y$  thuộc hệ 2, cũng sẽ tính chuyển qua  $B, L, H$  rồi qua  $X, Y, Z$ . Tuy nhiên trong trường hợp này để có  $H$  cần phải biết dị thường độ cao  $\xi$  để tính  $H$  từ độ cao thủy chuẩn:

$$H = h + \xi \quad (2.21)$$

Khi đã có tọa độ vuông góc không gian trong hệ 2 tính tọa độ vuông góc phẳng theo thứ tự ngược lại tức là  $X, Y, Z \rightarrow B, L, H \rightarrow x, y$ . Để tính chuyển tọa độ giữa các hệ quy chiếu cần phải có ít nhất 3 điểm (không thẳng hàng) có tọa độ vuông góc không gian hoặc tọa độ trắc địa trong cả hai hệ.

Xác định 7 tham số chuyển đổi tọa độ giữa hai hệ quy chiếu.

Giả sử có  $n$  điểm ( $n > 3$ ) đồng thời có tọa độ vuông góc không gian địa tâm trong cả hai hệ (hệ 1 và hệ 2). Giá trị tọa độ trong hệ 1 là  $X_1, Y_1, Z_1$  trong hệ 2 là  $X'_1, Y'_1, Z'_1$

Từ tọa độ trong hai hệ, đối với điểm thứ  $i$  có thể lập được 3 phương trình chuyển tọa độ từ hệ 1 sang hệ 2 như sau:

$$\begin{bmatrix} X'_1 \\ Y'_1 \\ Z'_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} + m \cdot \begin{bmatrix} 1 & e_z & -e_y \\ -e_z & 1 & e_x \\ e_y & -e_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

Coi các phương trình trên là mô hình toán học để xác định 7 tham số. Để đơn giản kí hiệu  $m = 1 + d_m$ . Lập được phương trình sai số.

$$\begin{bmatrix} X'_1 \\ Y'_1 \\ Z'_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} + (1 + d_m) \cdot \begin{bmatrix} 1 & e_z & -e_y \\ -e_z & 1 & e_x \\ e_y & -e_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

Biên đổi về phương trình số hiệu chỉnh sau:

$$\begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_m & e_Z & -e_Y \\ -e_Z & d_m & e_X \\ e_Y & -e_X & d_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 - X_1' \\ Y_1 - Y_1' \\ Z_1 - Z_1' \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

Cuối cùng có các số hiệu chỉnh dạng:

$$\begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_1 & Y_1 & X_1 \\ 0 & 1 & 0 & Z_1 & 0 & X_1 & Y_1 \\ 0 & 0 & 1 & Y_1 & 1 & 0 & Z_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_x \\ d_y \\ d_z \\ e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ d_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l_x \\ l_y \\ l_z \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

Trong đó:

$$\begin{bmatrix} l_x \\ l_y \\ l_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 - X_1' \\ Y_1 - Y_1' \\ Z_1 - Z_1' \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

Khi có  $n$  ( $n > 3$ ) điểm sẽ lập được  $3n$  phương trình số hiệu chỉnh và khi đó bài toán tìm 7 ẩn số này sẽ được giải theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất.

Sai số trung phương đơn vị trọng số được tính theo công thức:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{VV}{3n-7}} \quad (2.27)$$

Dựa vào ma trận nghịch đảo của ma trận hệ số phương trình chuẩn, có thể đánh giá độ chính xác của 7 tham số đã xác định được.

*c, Phương pháp 5 tham số*

Trong phạm vi nhỏ và nếu độ chênh cao của các điểm trong lưới không lớn, coi ảnh hưởng của các góc xoay  $e_x$ ,  $e_y$  là nhỏ có thể bỏ qua, khi đó có mô hình tính chuyên 5 tham số ( $d_x, d_y, d_z, d_m, e_z$ ).



Mô hình 5 tham số của Bursa:

$$\begin{bmatrix} V_2 \\ V_2 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} (1 + d_m) \begin{bmatrix} Y_1 \\ -X_1 \\ 0 \end{bmatrix} e_z \quad (2.28)$$

Mô hình 5 tham số của Molodenxki:

$$\begin{bmatrix} V_2 \\ V_2 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} d_m + \begin{bmatrix} \Delta Y \\ -\Delta X \\ 0 \end{bmatrix} e_z \quad (2.29)$$

### 2.3.2. Tính chuyển giữa các hệ tọa độ

#### 2.3.2.1. Chuyển đổi hai hệ tọa độ vuông góc phẳng

##### a. Tính chuyển theo công thức Helmert

Đối với hai hệ tọa độ vuông góc phẳng liên hệ với hai hệ quy chiếu khác nhau, trên phạm vi không quá lớn có thể chuyển đổi giữa các hệ cho nhau theo công thức tính chuyển 4 tham số ( Phép tính chuyển Helmert).

Công thức cơ bản trong bài toán chuyển đổi tọa độ vuông góc phẳng là [2]:

$$\begin{aligned} X_l &= X_0 + mx_l \cos \varphi - my_l \sin \varphi \\ Y_l &= Y_0 + my_l \cos \varphi + mx_l \sin \varphi \end{aligned} \quad (2.30)$$

Trong đó:

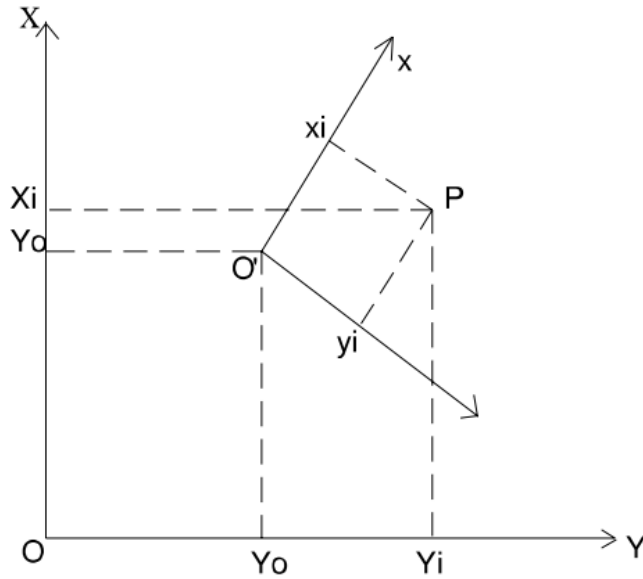
$X_l, Y_l$ : là tọa độ điểm trong hệ tọa độ thứ hai

$x_l, y_l$ : là tọa độ của điểm trong hệ tọa độ thứ nhất

$X_0, Y_0$ : là các giá trị dịch chuyển gốc tọa độ, chính là tọa độ gốc của hệ thứ nhất trong hệ tọa độ thứ hai

$\varphi$ : là góc xoay hệ trục

$m$ : là số tỷ lệ dài giữa hai hệ



Hình 2.6. hai hệ toạ độ vuông góc phẳng

Trong trường hợp này, thường không tính chuyển trực tiếp từ hệ  $x, y$  sang hệ  $X, Y$  mà tính chuyển thông qua hệ toạ độ trọng tâm  $x', y'$  có các thành phần toạ độ được xác định như sau:

$$\begin{aligned} x'_i &= x_i - x_0 \\ y'_i &= y_i - y_0 \end{aligned} \quad (2.31)$$

Trong đó  $x_0, y_0$  là trọng tâm của lưới được tính theo công thức:

$$x_0 = \frac{|x|}{n}, y_0 = \frac{|y|}{n} \quad (2.32)$$

$n$ : số lượng điểm cần tính chuyển

Như vậy các biểu thức sẽ có dạng

$$\begin{aligned} X_i &= X_0 + mx_i \cos \varphi - my_i \sin \varphi \\ Y_i &= Y_0 + my_i \cos \varphi - mx_i \sin \varphi \end{aligned} \quad (2.33)$$

Để chuyển đổi từ hệ thứ nhất sang hệ thứ hai cần xác định 4 tham số chuyển đổi, đó là độ lệch gốc  $X_0, Y_0$ , góc xoay  $\varphi$  và tỷ lệ dài  $m$ . Muốn xác định được 4 tham số thì cần ít nhất 2 điểm có toạ độ trong cả hai hệ ( gọi là điểm song trùng).

Giả sử ta có  $n$  điểm song trùng khi đó sẽ lập được  $2n$  phương trình số

hiệu chỉnh dạng giống (2.30)

Nếu coi các điểm đo nội có độ chính xác như nhau, sẽ giải hệ phương trình (2.16) theo điều kiện  $|V_x^2 + V_l^2| = \min$ .

Trong các phương trình trên kí hiệu:

$$\begin{aligned} m \cos \varphi &= P \\ m \sin \varphi &= Q \end{aligned} \quad (2.34)$$

Với kí hiệu như trên có các công thức tính:

$$\begin{aligned} \varphi &= \operatorname{artg} \frac{Q}{P} \\ m &= \sqrt{P^2 + Q^2} \end{aligned} \quad (2.35)$$

Với các ký hiệu (2.35) ta sẽ viết được phương trình số hiệu chỉnh (2.34) ở dạng:

$$\begin{aligned} X_{xl} &= X_0 + x_i P - y_i Q - X_l \\ Y_{yl} &= Y_0 + y_i P - x_i Q - Y_l \end{aligned} \quad (2.36)$$

Với cách ghép ẩn số như vậy, ta sẽ lập được phương trình chuẩn có 4 ẩn số là:  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $P$  và  $Q$ .

Hệ phương trình chuẩn có dạng:

$$C^T \cdot C \cdot X + C^T L = 0 \quad (2.37)$$

Trong đó  $C$  là ma trận hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh,  $X$  là vectơ ẩn số,  $L$  là vectơ số hạng tự do:

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_1 & -y_1 \\ 0 & 1 & y_1 & x_1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & 0 & x_n & -y_n \\ 0 & 1 & y_n & x_n \end{bmatrix} ; \quad X = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ P \\ Q \end{bmatrix} ; \quad L = \begin{bmatrix} -X_1 \\ -Y_1 \\ \dots \\ -X_n \\ -Y_n \end{bmatrix}$$

Sau khi giải hệ phương trình chuẩn (2.36) nhận được vectơ ẩn số  $X$ , từ

đó sẽ tính được 4 tham số chuyển đổi giữa 2 hệ.

Độ chính xác của các ẩn số sẽ được tính trên cơ sở sai số trung phương đơn vị trọng số  $\mu$  tính theo công thức:

$$\mu = \sqrt{\frac{|v\check{v}|}{2n-4}} \quad (2.38)$$

và ma trận nghịch đảo của ma trận hệ số phương trình chuẩn:

$$Q = (C^T C)^{-1} \quad (2.09)$$

b. Tính chuyển theo công thức Affine

Phép biến đổi Affine được áp dụng khi sự biến đổi tọa độ không phải là tuyến tính mà còn có sự co giãn. Công thức Affine có dạng [4]:

$$\begin{aligned} x_2 &= a_o + a_1 x_1 + a_2 y_1 \\ y_2 &= b_o + b_1 x_1 + b_2 y_1 \end{aligned} \quad (2.40)$$

Trong đó:  $a_o, a_1, a_2, b_o, b_1, b_2$  là 6 tham số chuyển đổi tọa độ, có thể biết trước hoặc cần phải xác định chúng dựa vào một số điểm song trùng.

Để xác định được các tham số cần ít nhất 3 điểm song trùng.

Từ biểu thức (2.42) sẽ lập được các phương trình số hiệu chỉnh sau:

$$\begin{aligned} V_x &= a_o + a_1 x_1 + a_2 y_1 - x_2 \\ V_y &= b_o + b_1 x_1 + b_2 y_1 - y_2 \end{aligned} \quad (2.41)$$

Theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất, sẽ phải giải hệ phương trình chuẩn sau:

Để xác định các tham số:  $a_o, a_1, a_2$  hệ phương trình chuẩn có dạng:

$$A^T A X_a + A^T L_a = 0 \quad (2.42)$$

Trong đó:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & y_{11} \\ 1 & x_{12} & y_{12} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & y_{1n} \end{bmatrix} ; \quad X_a = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} ; \quad L = \begin{bmatrix} -x_{21} \\ -x_{22} \\ \vdots \\ -x_{2n} \end{bmatrix}$$

Giải hệ (2.42) sẽ nhận được các hệ số  $a_0, a_1, a_2$

Để xác định các tham số  $b_0, b_1, b_2$  hệ phương trình chuẩn có dạng:

$$A^T A X_b + A^T L_b = 0 \quad (2.43)$$

Trong đó:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & y_{11} \\ 1 & x_{12} & y_{12} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & y_{1n} \end{bmatrix} ; \quad X_a = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} ; \quad L = \begin{bmatrix} -y_{21} \\ -y_{22} \\ \vdots \\ -y_{2n} \end{bmatrix}$$

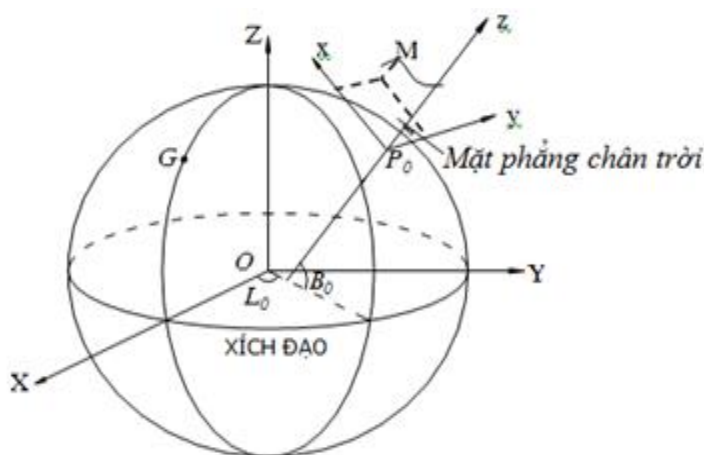
Giải hệ (2.44) sẽ nhận được các hệ số  $b_0, b_1, b_2$ .

Sau khi xác định được 6 tham số  $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ , dựa vào biểu thức (2.41) sẽ chuyển đổi hàng loạt điểm từ hệ 1 sang hệ 2.

### 2.3.2.2. Phương pháp tính chuyển tọa độ trong một hệ quy chiếu

#### 2.3.2.2.1. Tính chuyển giữa hệ tọa độ vuông góc không gian địa tâm và hệ tọa độ trắc địa

Các giá trị tọa độ hệ tọa độ vuông góc không gian địa tâm thường kí hiệu (X, Y, Z). Các giá trị tọa độ trắc địa thường được kí hiệu là (B, L, H), trong đó B là vĩ độ trắc địa, L là độ kinh trắc địa, H là độ cao trắc địa [2].



Hình 2.7. Hệ tọa độ trắc địa

a. Trường hợp tính chuyển từ (B, L, H) sang (X, Y, Z)

Nếu cho trước tọa độ trắc địa B, L, H ta có thể tính được tọa độ X, Y, Z

theo các công thức sau:

$$\begin{aligned} X &= (N + H) \cos B \sin L \\ Y &= (N + H) \cos B \sin L \\ Z &= \left( \frac{b^2}{a^2} N + H \right) \sin B \end{aligned} \quad (2.44)$$

Trong đó N: Bán kính vòng thẳng đứng thứ nhất, được tính:

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + \cos^2 B + b^2 \sin^2 B}} \quad (2.45)$$

b. Tính chuyển từ (X, Y, Z) sang (B, L, H)

Trong trường hợp đã có tọa độ vuông góc không gian địa tâm cần tính tọa độ trắc địa B, L, H ta áp dụng công thức sau:

$$\operatorname{tg} B = \frac{Z}{P} \left( 1 - e^2 \frac{N}{N + H} \right) \quad (2.46)$$

$$\operatorname{tg} L = \frac{Y}{X} \quad (2.47)$$

$$H = \frac{P}{\cos B} - N \quad (2.48)$$

Trong đó:

$$P = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad (2.49)$$

2.3.2.2.2. *Tính chuyển từ hệ tọa độ trắc địa về hệ tọa độ vuông góc phẳng*

a. *Tính chuyển từ hệ tọa độ trắc địa B, L về hệ tọa độ vuông góc phẳng X, Y*

Tọa độ điểm trên mặt Ellipsoid được chuyển về tọa độ phẳng theo công thức tổng quát sau:

$$\begin{aligned} X &= x(B, L, a, b) \\ Y &= y(B, L, a, b) \end{aligned} \quad (2.50)$$

Hệ tọa độ vuông góc phẳng được thiết lập theo phép chiếu hình trụ ngang, theo múi chiếu có kinh tuyến trục  $L_0$ , công thức tổng quát của phép

chiều hình trụ ngang đồng góc, với tỷ lệ chiều trên kinh tuyến trục là  $m_0$

$$x = m_0 \left[ X_0 + N \cos B \frac{l^2}{2} \cos B + N \sin B \frac{l^4}{24} \cos^3 B (4\varphi^2 + \varphi - t^2) + N \sin B \frac{l^6}{720} \cos^5 B \right. \\ \left. \{8\varphi^4 (11 - 24t^2) - 28\varphi^3 (1 - 6t^2) + \varphi^2 (1 - 32t^2) - 2\varphi t^2 + t^4\} + N \sin B \frac{l^8}{40320} \cos^7 B \right. \\ \left. (1385 - 3111t^2 + 543t^4 - t^6) \right] \quad (2.51)$$

Trong đó  $X_0$  là chiều dài cung kinh tuyến từ xích đạo đến vĩ độ  $B$

$$y = m_0 \left[ N \cdot 1 \cdot \cos B + N \frac{l^3}{6} \cos^3 B (\varphi - t^2) + N \frac{l^5}{120} \cos^5 B \{4\varphi^3 (\varphi - 6t^2) + \varphi (1 - 8t^2) - 2\varphi t^2 + t^4\} \right. \\ \left. + N \frac{l^7}{5040} \cos^7 B (61 - 479t^2 + 543t^4 - t^6) \right] \quad (2.52)$$

Trong đó hiệu độ kinh  $l = L - L_0$ , với  $L_0$  là độ kinh của kinh tuyến trung ương

$$t = \text{tg}B \quad ; \quad \varphi = \frac{N}{M} = \frac{(1 - e^2 \sin^2 B)}{(1 - e^2)} \quad (2.53)$$

$m_0$  là tỷ lệ biến dạng trên kinh tuyến trung ương. Nếu  $m_0 = 1$  ta có phép chiếu Gauss - Kruger, khi  $m_0 = 0.9996$  ta có phép chiếu UTM

b. Tính chuyển tọa độ từ hệ tọa độ vuông góc phẳng  $x, y$  sang hệ tọa độ trắc địa  $B, L$

Công thức tính tọa độ trắc địa  $B$  có dạng:

$$B = B_0 - \frac{t_0}{m_0 M_0} \left( \frac{y^2}{2m_0 N_0} \right) + \frac{t_0}{m_0 M_0} \left( \frac{y^4}{24m_0^3 N_0^3} \right) \{ -4\varphi_0^2 + 9\varphi_0 (1 - t_0^2) + 12t_0^2 \} \\ + \frac{t_0}{m_0 M_0} \left( \frac{y^6}{720m_0^5 N_0^5} \right) \{ 8\varphi_0^4 (11 - 24t_0^2) - 12\varphi_0^3 (21 - 71t_0^2) + 15\varphi_0^2 (15 - 98t_0^2 + 15t_0^4) \\ + 180\varphi_0 (5t_0^2 - 3t_0^4) + 360t_0^4 \} + \frac{t_0}{m_0 M_0} \left( \frac{y^8}{40320m_0^7 N_0^7} \right) (1385 + 3633t_0^2 + 4095t_0^4 + 1575t_0^6) \quad (2.54)$$

Công thức tính độ kinh trắc địa l có dạng:

$$l = \sec B_0 \left( \frac{y}{m_0 N_0} \right) - \sec B_0 \left( \frac{y^3}{6m_0^3 N_0^3} \right) (\varphi_0 + 2t_0^2) + \sec B_0 \left( \frac{y^5}{120m_0^5 N_0^5} \right) \left\{ -4\varphi_0^3 (1 - 6t_0^2) + \varphi_0^2 (9 - 68t_0^2) + 72\varphi_0 t_0^2 + 24t_0^4 \right\} \sec B_0 \left( \frac{y^7}{5040m_0^7 N_0^7} \right) (61 + 662t_0^2 + 1320t_0^4 + 720t_0^6) \quad (2.55)$$

Trong đó :  $B_0$  là vĩ độ trắc địa gần đúng ứng với chiều dài cung kinh tuyến là  $x/m_0$ , tính theo công thức:

$$B_0 = B_x + \sin(2B_x) \cdot [k_0 + k_2 \sin^2(B_x) + k_4 \sin^4(B_x) + k_6 \sin^6(B_x)] \quad (2.56)$$

Với các giá trị:

$$B_x = \frac{x}{m_0 \cdot a \cdot a_0 (1 - e^2)} \quad (2.57)$$

$$a_0 = 1 + \frac{3}{4}e^2 + \frac{45}{64}e^4 + \frac{350}{512}e^6 + \frac{11025}{16384}e^8 \quad (2.58)$$

$$k_0 = \frac{1}{2} \left( \frac{3}{4}e^2 + \frac{45}{64}e^4 + \frac{350}{512}e^6 + \frac{11025}{16384}e^8 \right) \quad (2.59)$$

$$k_1 = -\frac{1}{3} \left( \frac{63}{64}e^4 + \frac{350}{512}e^6 + \frac{58293}{16384}e^8 \right) \quad (2.60)$$

$$k_4 = \frac{1}{3} \left( \frac{640}{512}e^6 + \frac{58293}{16384}e^8 \right) \quad (2.61)$$

$$k_6 = -\frac{1}{3} \left( \frac{26328}{16384}e^8 \right) \quad (2.62)$$

$$t_0 = \operatorname{tg} B_0; \quad N_0 = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin B_0}}; \quad M_0 = \frac{(1 - e^2) N_0}{1 - e^2 \sin B_0}; \quad \varphi_0 = \frac{N_0}{M_0} = \frac{1 - e^2 \sin B_0}{1 - e^2}$$

Sau khi tính được hiệu kinh độ l ta tính được độ kinh theo công thức:

$$L = L_0 + l \quad (2.63)$$

2.3.2.2.3. Phương pháp tính chuyển từ hệ tọa độ địa tâm về hệ tọa độ địa diện

Công thức dùng để tính chuyển giữa hệ tọa độ địa tâm về hệ tọa độ địa



diện tại điểm quan sát khi xác định như sau:

Toạ độ địa diện x, y, z của một điểm quan sát cần tính chuyển, được tính theo công thức:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B \cos L & -\sin B \sin L & \cos B \\ -\sin L & \cos L & 0 \\ \cos B \cos L & \cos B \sin L & \sin B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X - (N_0 + H_0) \cos B_0 \cos L_0 \\ Y - (N_0 + H_0) \cos B_0 \sin L_0 \\ Z - [N_0(1 - e^2) + H_0] \sin B_0 \end{bmatrix} \quad (2.64)$$

Trong đó:

x,y,z là toạ độ vuông góc không gian địa tâm của điểm cần tính chuyển p  
 $B_0, L_0, H_0$  là toạ độ trắc địa của điểm trọng tâm lưới ( hay góc toạ độ của hệ toạ độ địa diện)

$N_0$  là bán kính cung vòng thẳng đứng thứ nhất đi qua hệ toạ độ địa tâm  
 (2.45)

a, b là bán trục lớn và bán trục nhỏ của Ellipsoid WGS 84

e: tâm sai thứ nhất của Ellipsoid

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \quad (2.65)$$

B, L, H là toạ độ trắc địa của điểm cần tính chuyển được tính như sau:

(2.46),(2.47),(2.48),(2.49)

#### 2.3.2.2.4. Tính chuyển toạ độ giữa các múi chiếu

Để hạn chế độ biến dạng chiều dài, trong các phép chiếu Gauss- Kruger người ta đã chia mặt Ellipsoid thành 60 múi chiếu  $6^\circ$ , mỗi múi chiếu có một hệ toạ độ vuông góc phẳng riêng.

Điều đó cũng gây ra một khó khăn, do lãnh thổ một nước thường nằm trên nhiều múi chiếu, sẽ có nhiều hệ toạ độ vuông góc phẳng để xác định vị trí các điểm trên các vùng khác nhau.

Như vậy xuất hiện vấn đề tính chuyển toạ độ vuông góc phẳng giữa các múi chiếu trong các trường hợp sau [3].

1) Mạng lưới tam giác hoặc mạng lưới cơ sở đo vẽ bản đồ nằm vắt qua

nhiều múi chiếu, tọa độ các điểm góc nằm trên các múi chiếu khác nhau. Khi tính toán hình sai các mạng lưới đó cần phải tính chuyển các tọa độ nói trên từ múi chiếu này sang múi chiếu khác.

2) Khi giải các bài toán trắc địa trên mặt phẳng giữa các điểm nằm trên các múi chiếu khác nhau cũng xuất hiện vấn đề tính chuyển tọa độ vuông góc phẳng giữa các múi chiếu.

3) Đối với mạng lưới trắc địa công trình, các mạng lưới đặc biệt để đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn, người ta dùng múi chiếu  $3^\circ$ , hoặc  $1^\circ 30'$  các điểm góc cần phải được tính chuyển từ múi chiếu  $6^\circ$  của mạng lưới tọa độ quốc gia về các loại múi chiếu nói trên.

Ngược lại sau khi hoàn thành xây dựng và tính toán các mạng lưới đó, cần phải tính chuyển tọa độ vuông góc phẳng của các điểm của chúng về múi chiếu  $6^\circ$  của mạng lưới tọa độ quốc gia để dùng vào các mục đích chung khác.

Có nhiều phương pháp tính chuyển tọa độ giữa các múi chiếu, ta chỉ nghiên cứu một phương pháp điển hình: “Phương pháp tính qua tọa độ trắc địa”

Giả sử điểm Q có tọa độ vuông góc phẳng ở múi 1 là  $x_1, y_1$ . Muốn xác định tọa độ của nó ở múi 2 ta làm như sau:

1. Từ tọa độ  $x_1, y_1$  ở múi 1 ta tính được tọa độ trắc địa B, L của điểm Q theo công thức (2.54) và (2.55).

2. Từ tọa độ trắc địa B, L ta tính được tọa độ vuông góc phẳng  $x_2, y_2$  của điểm Q trên múi 2 theo công thức (2.51) và (2.52).

Như vậy tọa độ trắc địa của điểm Q được dùng làm vai trò trung gian trong quá trình tính toán.

Phương pháp này cho độ chính xác hoàn toàn đủ đáp ứng các yêu cầu đặt ra. Trong điều kiện công nghệ thông tin hiện đại, các phương trình tính đổi với việc tính chuyển giữa tọa độ trắc địa và tọa độ vuông góc phẳng đã được chuẩn hoá, thì việc tính chuyển tọa độ theo phương pháp này rất thuận lợi.

Đây là phương pháp thuận lợi nhất với mọi trường hợp cần tính chuyển toạ độ vuông góc phẳng giữa các múi chiếu

## **2.4 PHÉP CHIẾU TỪ ELLIPSOID LÊN MẶT PHẪNG**

Để tính toán xử lý các mạng lưới trắc địa, cần chuyển các kết quả đo về bề mặt Ellipsoid trái đất. Do bề mặt này là bề mặt toán học nên có thể xử lý các kết quả đo một cách chặt chẽ. Tuy nhiên các công thức để giải các bài toán trắc địa trên Ellipsoid khá phức tạp.

Để phục vụ rộng rãi cho công tác Trắc địa bản đồ, người ta dùng hệ toạ độ vuông góc phẳng. Do đó việc chiếu mặt Ellipsoid lên mặt phẳng là cần thiết.

Trong thực tế, có nhiều phép chiếu khác nhau. Nhưng chúng ta chỉ xem xét hai phép chiếu đồng góc đối xứng, đó là phép chiếu Gauss - Kruger và phép chiếu UTM, vì chúng đang được sử dụng ở nước ta và nhiều nước khác trên thế giới

### **2.4.1 Phép chiếu Gauss - Kruger**

Phép chiếu này do Gauss đề xuất vào những năm 1825 - 1830 . Nhưng mãi đến năm 1912 mới được ứng dụng do kết quả nghiên cứu của Kruger, đã tìm ra các công thức ứng dụng, thuận tiện trong tính toán. Vì vậy phép chiếu mang tên Gauss - Kruger [4].

Quy luật toán học của phép chiếu là đem một phần bề mặt Ellipsoid trái đất giới hạn bởi hai kinh tuyến tiếp xúc với mặt trụ ngang sao cho kinh tuyến trung hình của múi chiếu hoàn toàn tiếp xúc với mặt trụ. Tiến hành chiếu các điểm trên mặt Ellipsoid lên mặt trụ, sau đó cắt, trải mặt trụ chính là hình chiếu của các điểm trên mặt Ellipsoid lên mặt phẳng chiếu.

Để hạn chế độ biến dạng chiều dài người ta chia mặt Ellipsoid trái đất thành 60 múi, đều bằng nhau dọc theo kinh tuyến.

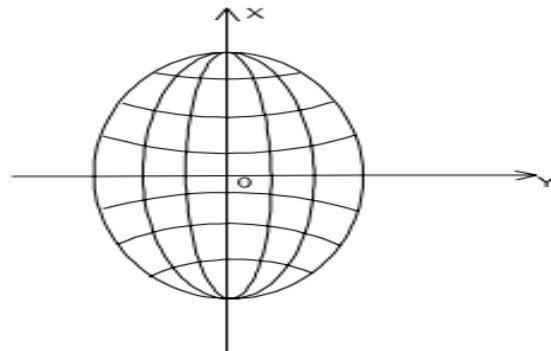
Kinh tuyến giữa chia mỗi múi thành hai phần đối xứng với nhau gọi là kinh tuyến trục, còn hai kinh tuyến ở hai biên gọi là kinh tuyến biên. Hiệu

kinh độ của hai kinh tuyến biên mỗi múi là  $6^\circ$ . Đối với Trắc địa công trình người ta còn dùng loại múi chiếu  $3^\circ$  hoặc  $1^\circ 30'$ . Trong những trường hợp cụ thể để đảm bảo độ chính xác yêu cầu có thể người ta chọn kinh tuyến trục đi qua trung tâm của mạng lưới trắc địa.

Đây là phép chiếu hình trụ ngang đồng góc, giá trị góc được bảo toàn sau khi chiếu.

Kinh tuyến trục và đường xích đạo được biểu diễn trên mặt phẳng thành những đường thẳng. Độ biến dạng của kinh tuyến trục bằng không. Càng xa kinh tuyến trục độ biến dạng về chiều dài và diện tích càng lớn.

Các kinh tuyến biên được biểu diễn trên mặt phẳng thành những đường cong đối xứng nhau qua kinh tuyến trục. Các vĩ tuyến là những đường cong đối xứng qua xích đạo.



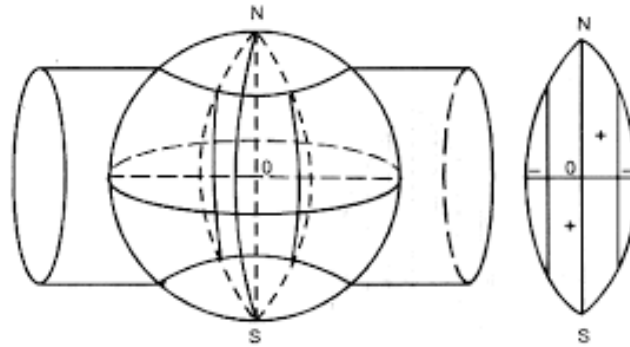
Hình 2.8. Hệ tọa độ vuông góc phẳng Gauss-Kruger

Kinh tuyến trung ương  $L_0$  của múi chiếu trở thành trục  $X$ , đường xích đạo thành trục  $y$  của hệ tọa độ vuông góc phẳng. Mỗi múi chiếu có một hệ tọa độ riêng. Việc tính chuyển giữa các múi chiếu tương đối đơn giản do ta đã biết được mối quan hệ giữa hệ tọa độ trắc địa và hệ tọa độ vuông góc phẳng của từng múi chiếu.

Do tọa độ vuông góc phẳng lấy giao điểm của đường xích đạo và kinh tuyến trục làm gốc tọa độ nên ở phía Tây kinh tuyến trục và ở phía Nam bán cầu các tọa độ  $x, y$  mang giá trị âm. Để tránh các giá trị âm này, người ta quy

ước cộng thêm 500km vào giá trị toạ độ y, còn ở phía Nam bán cầu thì các giá trị toạ độ X được cộng thêm 10000km.

#### 2.4.2 Phép chiếu UTM



Hình 2.9. phép chiếu UTM

Phép chiếu bản đồ UTM cũng thực hiện với tâm chiếu là tâm quả đất và với từng múi chiếu  $6^\circ$ , nhưng khác với phép chiếu hình Gauss - Kruger để giảm độ biến dạng về chiều dài và diện tích, trong UTM sử dụng hình trụ ngang có bán kính nhỏ hơn bán kính quả đất, nó cắt mặt cầu theo hai đường cong đối xứng và cách kinh tuyến giữa khoảng  $\pm 180\text{km}$ . Kinh tuyến giữa nằm ở phía ngoài mặt trụ còn hai kinh tuyến biên nằm phía trong mặt trụ.

Tại hai đường cong cắt mặt trụ sẽ không bị biến dạng về chiều dài ( $m_0 = 1$ ), tỷ lệ chiếu của đường kinh tuyến giữa có trị số nhỏ hơn 1 ( $m_0 = 0,9996$ ), còn trên hai kinh tuyến biên thì tỷ lệ chiếu có trị số lớn hơn 1.

Về bản chất phép chiếu UTM và phép chiếu Gauss - Kruger là như nhau nhưng phép chiếu UTM có giá trị biến dạng cực đại nhỏ hơn giá trị biến dạng cực đại của phép chiếu Gauss - Kruger và độ biến dạng chiều dài được phân bố trên múi chiếu một cách đồng đều hơn.

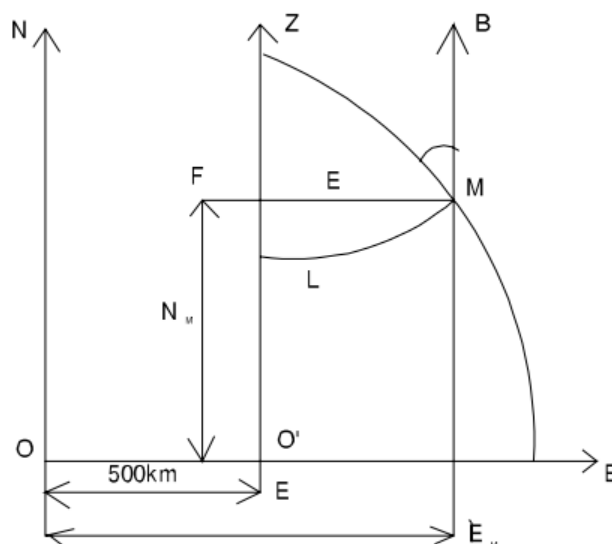
Điểm khác nhau cơ bản giữa hai múi chiếu này là tỷ lệ chiếu trên kinh tuyến trục của các múi chiếu. Đối với phép chiếu Gauss - Kruger thì  $m_0 = 1$ , còn đối với phép chiếu UTM thì  $m_0 < 1$ .

Hiện nay ở Việt Nam đang sử dụng  $m_0 = 0,9996$  đối với loại múi chiếu

$6^\circ$  và  $m_0 = 0,9999$  đối với múi chiếu  $3^\circ$

Phép chiếu hình UTM cũng là phép chiếu đẳng góc, độ biến dạng về chiều dài và diện tích lớn nhất ở vùng giao nhau giữa xích đạo và kinh tuyến biên. Các điểm ở phía trong đường cắt mặt trụ thì độ biến dạng mang dấu âm, còn phía ngoài mang dấu dương.

Để tránh các tọa độ âm, trên phần phía Bắc bán cầu người ta cộng thêm vào hằng số  $E_0 = 500\text{km}$  cho hoành độ, còn trên phần Nam bán cầu người ta cộng thêm hằng số  $N_0 = 10000\text{km}$  cho tung độ.



Hình 2.10. Hệ tọa độ UTM

## CHƯƠNG 3. BÀI TOÁN THỰC NGHIỆM

### 3.1 GIỚI THIỆU KHU VỰC THỰC NGHIỆM

#### 3.1.1 Giới thiệu khu vực cầu Bãi Cháy

Cầu Bãi Cháy nằm trên quốc lộ 18, nối hai phần của thành phố Hạ Long là Hòn Gai và Bãi Cháy qua cửa sông Cửa Lục nơi đổ ra vịnh Hạ Long, thuộc địa phận tỉnh Quảng Ninh. Cầu được xác định là công trình trọng điểm quốc gia, có vị trí chiến lược về giao thông, kinh tế và quốc phòng.

Đây là loại cầu dây văng một mặt phẳng dây, dầm hộp bê tông cốt thép dự ứng lực có khẩu độ nhịp đạt kỷ lục thế giới về loại cầu này. Hai tháp cầu được đặt trên hệ móng giếng chìm hơi ép kích thước cực lớn, lần đầu tiên áp dụng tại Việt Nam với công nghệ thi công hiện đại, tiên tiến. Cầu được thi công bằng công nghệ đúc hẫng cân bằng, tại trụ cầu chính trên độ cao 50m, dầm cầu được vươn ra biển và kết thúc khi nối liền hai cánh hẫng, công nghệ xây dựng này đảm bảo cho các tàu thuyền vẫn có thể hoạt động được bình thường trong suốt quá trình thi công.

Công trình đã được hoàn thành và thông xe vào ngày 2 tháng 12 năm 2006. Cầu Bãi Cháy được đưa vào sử dụng đã giải quyết nhu cầu đi lại của nhân dân tỉnh Quảng Ninh, khách du lịch trong và ngoài Việt Nam, đồng thời cũng chấm dứt sự hoạt động hàng chục năm của bến phà Bãi Cháy.

##### 3.1.1.1. Vị trí dự án

- Điểm đầu: Km 115 - quốc lộ 18
- Điểm cuối: Ngã ba Kênh Liêm - thành phố Hạ Long
- Bắc qua: eo Cửa Lục

##### 3.1.1.2. Qui mô và tiêu chuẩn kỹ thuật

+ Thông tin chung:

- Loại cầu: dây văng một mặt phẳng dây
- Chiều dài toàn cầu: 1.106m

- Sơ đồ nhịp: 35+86+129,5+435+129,5+86
- Chiều dài cầu: 903m
- Tiêu chuẩn thiết kế: JSHB 1996 (Tiêu chuẩn cầu đường bộ Nhật Bản)
- Tải trọng thiết kế: Loại A theo tiêu chuẩn Nhật
- Tĩnh không thông thuyền: 50m

+ Khổ cầu:

- Bề rộng cầu  $B = 25,3 \sim 25,7\text{m}$  (4 làn xe cơ giới và 2 làn xe thô sơ)
- Độ dốc ngang cầu:  $i = 2\%$

+ Kết cấu dầm:

Dầm BTCT dự ứng lực có chiều rộng là 25m và tổng chiều dài là 902,5m. Mặt cắt ngang của dầm có dạng hộp đơn hình thang ngược với cánh hẫng dài, với sườn dầm nghiêng  $45^0$  và các ống thép chống tăng cường. Phương pháp thi công dầm là phương pháp đúc hẫng tại chỗ từng đốt.

+ Hệ thống cáp:

- Cáp trong dầm dự ứng lực: tạo 12 sợi D12,7mm và sử dụng thanh neo Macaloin D32.

- Cáp dây văng: tạo 37 sợi D15,2mm vào tạo 75 sợi D15,2mm.

+Hình thức đầu tư

- Tổng mức đầu tư: khoảng 1.046 tỷ VNĐ

+Các đơn vị tham gia

- Chủ đầu tư: Bộ GTVT

+Tiến độ dự án

- Hoàn thành: 2/12/2006

### ***3.1.2 Những nét đặc biệt của cầu Bãi Cháy***

*3.1.2.1 Có khẩu độ nhịp lớn nhất, chiều dài đứng thứ 2 thế giới*  
 Cây cầu Bãi Cháy, một trong năm cây cầu hiện đại của thế giới (Việt Nam, Pháp, Mỹ, Mêxicô) về chủng loại cầu dây văng dự ứng lực một mặt phẳng



dây. Trong đó cầu Bãi Cháy có khẩu độ nhịp dài nhất là 435m giữa hai trụ cầu và chiều dài toàn cầu đứng thứ 2 trong năm cầu. Thông số về năm cầu dây văng dự ứng lực một mặt phẳng dây: Cầu Bãi Cháy (Việt Nam), khẩu độ nhịp 435m, chiều dài toàn cầu là 903m; Cầu Elom (Pháp), khẩu độ nhịp 400m, chiều dài là 800m; Cầu Sunshine Skyway (Mỹ), khẩu độ nhịp 366m, chiều dài là 1.219m; Cầu Brôtne (Pháp), khẩu độ 320m, chiều dài là 607m; Cầu Puenete Coatzacoaltos (Mêxicô), khẩu độ nhịp 288m, chiều dài là 698m.

### *3.1.2.2 Phóng thí nghiệm trên... 2 bờ đại dương*

Để có kết quả chính xác về co ngót và từ biến của bê tông dùng cho cầu Bãi Cháy, tư vấn thiết kế đã tiến hành thí nghiệm 2 mẫu bê tông: một đặt trong phòng thí nghiệm ở đầu cầu phía Bãi Cháy, một đặt ở trong phòng thí nghiệm ở Tôkyô. Mọi thay đổi về nhiệt độ, độ ẩm... tại Việt Nam hàng ngày đều được điện báo về Nhật Bản để điều chỉnh cho phù hợp và thí nghiệm này phải kéo dài tới 3 năm.

Nhờ có kết quả thí nghiệm cộng với kinh nghiệm thi công của nhà thầu mà khi đổ bê tông thân trụ chính cầu Bãi Cháy cao 47,5m đã phải đổ thêm 4cm để khi đổ bê tông thân trụ co ngót ngắn lại 4cm thì cao độ đỉnh trụ vừa đúng với cao độ thiết kế. Nếu không cao độ mặt cầu sẽ thấp đi 4cm hoặc phải đổ lớp bê tông thảm mặt cầu dày thêm 4cm.

### *3.1.2.3 Hàm thí nghiệm gió lớn nhất*

Với các số liệu khí tượng thu thập tại Quảng Ninh trong vòng 30 năm, thì tốc độ gió ban đầu được đưa vào trong thiết kế với tần suất 1% (100 năm mới xuất hiện một lần) là 47,66m/s. Do quy mô và tính phức tạp của công trình, tốc độ gió được đưa vào trong tính toán kiểm tra là 50m/s (180km/h), đây là tần suất ứng 0,75% (150 năm mới xảy ra một lần).

Việc kiểm tra độ ổn định khí động học mô hình tổng thể cầu 3 chiều đã được tiến hành với một mô hình cầu Bãi Cháy được thu nhỏ với tỷ lệ 1/150.

Mặc dù đã được thu nhỏ với tỷ lệ lớn như vậy mà mô hình cầu Bãi Cháy vẫn còn dài tới 7m. Bởi vậy, một hầm gió đã được thiết kế đặc biệt với kích thước cao 2m, rộng tới 16m đã được xây dựng.

Kết quả thí nghiệm cho thấy với tốc độ gió được giả định cực đại trong thiết kế thì tại vị trí giữa nhịp cầu chính, cao độ mặt cầu có biên độ dao động ngang là 58,5cm và lên xuống là 56,5cm, góc xoắn cực đại là 1,06 độ. Còn chuyển vị của đỉnh tháp cao 137,5m so với mặt biển có biên độ dao động là 254,2cm tức là cự ly di chuyển qua trục dọc của cầu là 508,4cm.

#### *3.1.2.4 Thi công móng trụ như... đào giếng!*

Trong số 7 móng mô trụ của cầu Bãi Cháy thì trừ móng trụ P2 và 2 trụ tháp sử dụng loại móng giếng chìm hơi ép,

4 móng trụ còn lại sử dụng loại móng cọc Shin-so. Loại móng này không đòi hỏi thiết bị thi công, không gây tác động xấu tới môi trường và có thể xác định được địa tầng đặt móng trực tiếp bằng mắt thường. Phương pháp thi công loại móng này giống hệt như các cụ ta vẫn đào giếng, có khác chăng ở cầu Bãi Cháy đường kính giếng lớn tới 3m và chống vách bằng các tấm thép lắp ghép chứ không phải là các ống bay bằng gạch.

#### *3.1.2.5 Vì sao nhịp chính cầu bãi cháy dài tới 435m?*

Theo dự kiến ban đầu, nhịp chính cầu Bãi Cháy dài 250m, tĩnh không yêu cầu là 200m rộng và 50m cao, đủ để đảm bảo cho tàu biển trọng tải 50.000 tấn qua eo Cửa Lục dễ dàng. Tuy nhiên, với lực va tàu tính toán của tàu 50.000 tấn thì kết cấu của thân trụ và móng trụ phải thật lớn, rất khó thi công móng trụ cầu nằm sâu dưới mực nước biển tới gần 20m. Bởi vậy, khẩu độ của nhịp chính đã được kéo dài 435m đủ để 2 trụ tháp P3 và P4 đặt trên bờ. Và 435m là khẩu độ nhịp lớn nhất thế giới đối với loại dây văng một mặt phẳng dây.

### *3.1.2.6 Dùng nước đá đổ bê tông*

Các kết cấu bê tông khối có kích thước lớn trong giai đoạn đổ bê tông xảy ra hiệu ứng nhiệt. Tùy theo hàm lượng xi măng (số kg xi măng/m<sup>3</sup> bê tông) càng lớn thì nhiệt độ trong khối càng lớn, có thể lên tới 50-60 độ C, gây ra biến dạng và nứt bê tông.

Bởi vậy khi đổ bê tông đợt 1 móng giếng chìm trụ P4 cầu Bãi Cháy có khối lượng 800m<sup>3</sup>, cường độ bê tông là 24Mpa, để giảm nhiệt độ trong khối bê tông, nhà thầu đã dùng tới 3.200 cây nước đá (mỗi cây nặng 25kg) thả vào nước trộn bê tông. Như vậy khối lượng nước đá đã được dùng là 80 tấn, một con số đáng nể.

## **3.2 BÀI TOÁN TÍNH CHUYỂN HỆ TỌA ĐỘ QUỐC GIA VỀ HỆ TỌA ĐỘ THI CÔNG CÔNG TRÌNH**

### *3.2.1. Các hệ tọa độ dùng trong xây dựng*

#### *3.2.1.1. Hệ tọa độ độc lập*

Muốn xác lập HTĐ độc lập trước hết cần chọn một mặt phẳng nằm ngang tại khu vực xây dựng công trình trên đó dựng 2 đường thẳng vuông góc với nhau gọi là 2 trục của hệ tọa độ một trục được ký hiệu là X (trục nằm ngang) còn trục kia là Y. Với HTĐ như trên một điểm bất kỳ trên mặt phẳng sẽ được xác định bởi một cặp số thực x và y gọi là tọa độ phẳng của điểm đó. Như vậy HTĐ độc lập là một HTĐ phẳng hoàn toàn trong đó không có khái niệm độ cao vì vậy độ cao của các điểm trên mặt bằng sẽ được xác định như một yếu tố riêng. HTĐ độc lập rất đơn giản, chính xác và tiện dụng. Tuy nhiên do mặt đất là mặt cong nên HTĐ này chỉ có thể áp dụng được cho các công trình có quy mô không quá 5km<sup>2</sup> bởi vì chỉ trong khuôn khổ này thì có thể coi mặt đất là mặt phẳng.

#### *3.2.1.2. Hệ tọa độ quốc gia*

Trước năm 2000 HTĐ quốc gia Việt Nam là hệ HN-72. Đây là HTĐ

được xác lập trên Elipxoid Kraxovski 1940, phép chiếu Gauss - Kriugher và hệ độ cao Hòn Dấu. Sau năm 2000 chúng ta sử dụng HTĐ quốc gia mới có tên là VN-2000. Đây là HTĐ được xác lập trên Elipxoid WGS-84, phép chiếu UTM (Universal Transverse Mercator) và hệ độ cao Hòn Dấu. Như vậy đối với mỗi một HTĐ quốc gia chúng ta thấy có 3 yếu tố cơ bản đó là Elipxoid trái đất, phép chiếu và hệ độ cao. Trong cả 2 HTĐ quốc gia HN-72 và VN-2000 độ cao được lấy theo hệ độ cao Hòn Dấu, vì vậy trong khuôn khổ bài này chúng tôi không đề cập tới. Ở đây chúng tôi chỉ nói về phép chiếu được sử dụng. Tuy trong hai HTĐ HN-72 và VN-2000 sử dụng hai phép chiếu có tên khác nhau là phép chiếu Gauss-Kriugher và UTM nhưng về bản chất hai phép chiếu này gần như giống nhau. Thực chất đây là phép chiếu hình trụ ngang đồng góc. bản chất của nó như sau: Giả sử chúng ta có một tờ giấy đủ lớn để cuộn lại thành một hình trụ có đường kính bằng đường kính của trái đất rồi lồng nó vào trái đất theo phương nằm ngang. như vậy trái đất chỉ tiếp xúc với tờ giấy theo một đường tròn duy nhất đi qua hai cực của nó (đường kính tuyến, trong trường hợp này, gọi là kinh tuyến trục). Nếu thực hiện phép chiếu từ tâm quả đất và sau đó trải tờ giấy đã cuộn ra thì chúng ta sẽ được hai đường thẳng vuông góc với nhau đó chính là các trục tọa độ của HTĐ quốc gia trong đó trục ngang được ký hiệu là trục Y còn trục đứng là trục X. Để tránh các giá trị âm của tọa độ Y người ta tịnh tiến trục X sang phía Tây 500km. Toàn bộ cách làm trên đây chính là cách xác lập HTĐ quốc gia HN-72 mà chúng ta đã sử dụng từ năm 2000 trở về trước. Với cách chiếu như trên thì một đoạn thẳng AB nào đó trên mặt đất sẽ được thể hiện trên bản vẽ trong hệ tọa độ HN-72 bằng đoạn thẳng A'B' của đối tượng trên bản vẽ lớn hơn kích thước thực của nó trên mặt đất.

### ***3.2.2. Sự khác biệt về hệ tọa độ nhà nước và hệ tọa độ công trình***

Hệ tọa độ nhà nước là hệ tọa độ được lựa chọn theo những quy định

chung của các cơ quan quản lý nhà nước về Trắc địa- bản đồ. Theo đó, trước năm 2000 nước ta sử dụng hệ tọa độ HN-72, ellipsoid quy chiếu kraxovski, phép chiếu phẳng Gauss-kruger, hệ độ cao hòn dẫu. Điều đáng chú ý là trước khi bình sai, các trị đo trong lưới trắc địa nhà nước đã được chiếu xuống mặt ellipsoid quy chiếu. Điều đó cũng có nghĩa tọa độ phẳng của lưới tọa độ nhà nước và của các mạng lưới chêm dày tiếp theo cũng sẽ được xác định trên bề mặt ellipsoid quy chiếu đó ( có độ cao  $H=0$ ). Lưới tọa độ nhà nước chủ yếu được sử dụng để đo vẽ bản đồ địa hình các tỉ lệ. Để làm giảm biến dạng của múi chiếu, trong khi đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn còn sử dụng với độ rộng  $3^0$ .

$$\Delta S_H = \frac{H_m - H_0}{R_m} S \quad (3.1)$$

Trong đó

$H_0$  - độ cao của bề mặt quy chiếu;

$H_m$  - độ cao trung bình của cạnh đo;

$R_m$  - bán kính trung bình của ellipsoid;

$S$  - khoảng cách đã đưa về nằm ngang.

Số hiệu chỉnh do chiếu về mặt phẳng

Để có thể tính được tọa độ phẳng cho các điểm khống chế, tiếp theo cần phải chuyển các trị đo trên mặt ellipsoid quy chiếu về mặt phẳng. Số hiệu chỉnh chiều dài cạnh đo trong phép chiếu phẳng được tính theo công thức:

$$\Delta S_F = \left( m_0 - 1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) S' \quad (3.2)$$

Trong đó:

$y_m$  - trị trung bình của tung độ điểm đầu và cuối cạnh  $S$ ;

$S'$  - chiều dài cạnh trên ellipsoid quy chiếu;

$m_0$  - hệ số biến dạng trên kinh tuyến trục của múi chiếu. Đối với phép chiếu phẳng Gauss-Kruger, hệ số  $m_0=1$ ; với phép chiếu phẳng UTM múi  $6^0$

$m_0=0.9996$  và múi  $3^0$ ,  $m_0=0.9999$ .

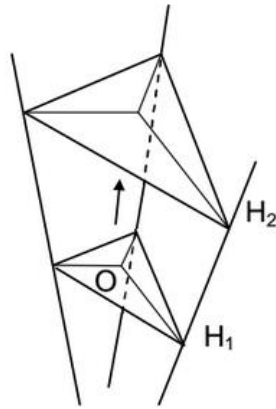
Hệ tọa độ công trình là hệ tọa độ được lựa chọn phù hợp với đặc điểm và yêu cầu kỹ thuật đối với từng công trình. Việc lựa chọn này phải đảm bảo điều kiện sao cho các số hiệu chỉnh (3.1) (3.2) phải xấp xỉ bằng 0 để cho lưới không bị biến dạng bởi các số hiệu chỉnh chiếu. Theo đó, độ cao mặt chiếu tọa độ phẳng được chọn bằng độ cao trung ương của múi chiếu chọn đi qua giữa khu vực xây dựng (trong phép chiếu Gauss-kruger) hoặc cách xa khu vực xây dựng trong khoảng 90km và 180km ( trong phép chiếu UTM tương ứng với múi chiếu có độ rộng  $3^0$  và  $6^0$ )

Về nguyên tắc, hoàn toàn có thể tính chuyển qua lại giữa hai hệ thống tọa độ này.

### **3.2.3. Vấn đề tính chuyển tọa độ**

Thuật toán tính chuyển hệ tọa độ đã được giới thiệu trong nhiều tài liệu chuyên ngành [1, 5] (modul 1). Còn để tính chuyển độ cao mặt chiếu tọa độ phẳng, có thể sử dụng thuật toán biến đổi đồng dạng theo độ cao mặt chiếu do tác giả đề xuất (modul 2). Thuật toán này cho phép biến đổi đồng góc mạng lưới tọa độ phẳng, còn biến dạng dài được xác định phù hợp với hệ số biến dạng do độ cao mặt chiếu tính theo (1). Giả sử  $(x,y)_1$  là tập tọa độ phẳng đã được xác định trên bề mặt có độ cao  $H_1$  (hình 3.1). Nay cần tính chuyển lên bề mặt có độ cao  $H_2$ . Quy trình tính chuyển được mô tả như sau:

Tính các yếu tố trọng tâm trên bề mặt $H_1$
Tính hệ số biến dạng dài theo độ cao mặt chiếu
Tính tọa độ phẳng mới trên bề mặt $H_2$

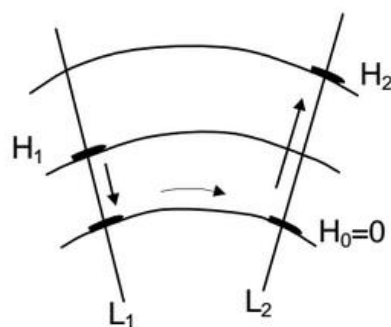


Hình 3.1. Thuật toán biến đổi đồng dạng theo độ cao mặt chiếu

Sử dụng hai modul này, có thể tính chuyển tọa độ phẳng giữa hai hệ tọa độ. Giả sử có tập tọa độ phẳng  $(x,y)_1$  đã được xác định trong hệ tọa độ có kinh tuyến trục  $L_1$  và độ cao mặt chiếu  $H_1$ . Nay cần tính chuyển về hệ tọa độ công trình có kinh tuyến trục chọn là  $L_2$  và độ cao mặt chiếu  $H_2$  (hình 3.1).

Quy trình tính chuyển được mô tả như sau:

- Bước 1: dùng modul 2 tính chuyển độ cao mặt chiếu từ  $H_1$  xuống  $H_0$ ;
- Bước 2: dùng modul 1 tính chuyển tọa độ từ múi chiếu kinh tuyến trục  $L_1$  sang múi chiếu kinh tuyến trục  $L_2$  trên bề mặt  $H_0$ ;
- Bước 3: dùng modul 2 tính chuyển độ cao mặt chiếu từ  $H_0$  lên  $H_2$ .



Hình 3.2. Quy trình tính chuyển tọa độ

- Khi tiến hành các công tác TĐCT, cần sử dụng hợp lý các điểm tọa độ Nhà nước có trên khu vực xây dựng. Nếu các điểm tọa độ Nhà nước không thuộc hệ tọa

độ công trình thì trước khi sử dụng cần phải tính chuyển chúng về hệ tọa độ công trình theo quy trình 2 bước: tính chuyển tọa độ và độ cao mặt chiếu.

- Thuật toán và quy trình tính chuyển độ cao mặt chiếu tọa độ phẳng như đã đề xuất trong bài báo là đơn giản, hiệu quả và dễ dàng triển khai lập trình trên máy tính.

### 3.2.4. Thực nghiệm

Điểm MO là gốc tọa độ thi công công trình có: MO(0.000;0.000)m. Trong hệ tọa độ quốc gia VN2000 có: MO(2318133.123; 401321.553)m. Điểm GPS-19 có tọa độ thi công công trình: (1351.824;417.160)m. Trong hệ tọa độ quốc gia VN2000: GPS-19 (2319133.959; 402321.442) m. Tìm điểm P có tọa độ công trình (500.500; 600.000)m có tọa độ quốc gia là bao nhiêu? Tỷ lệ dài  $m = 1$ .

Áp dụng công thức chuyển 4 tham số (2.30) ( phép tính chuyển Helmert) ta có:

$m$  : là số tỷ lệ dài giữa hai hệ = 1

Từ đề bài ta có:

$$\begin{cases} X_0 = 2318133.123 \\ Y_0 = 401321.553 \end{cases}$$

Cạnh MO-GPS19 có phương vị  $\alpha_1$  trong hệ tọa độ quốc gia và có phương vị  $\alpha_0$  trong hệ tọa độ công trình.

$$\arctg\alpha_1 = \frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0} = \frac{1000,836}{999,889}$$

$$\alpha_1 = 72^{\circ}51'0''98$$

$$\arctg\alpha_0 = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} = \frac{1351,824}{417,160}$$

$$\alpha_0 = 44^{\circ}58'22''37$$

$$\alpha_1 - \alpha_0 = \varphi = 27^{\circ}52'38''61$$



Tọa độ điểm P được tính

$$X_p = X_0 + mx_p \cos \phi - my_p \cos \phi = 2318045.170(\text{m})$$

$$Y_p = Y_0 + my_p \cos \phi - mx_p \sin \phi = 401617.899(\text{m})$$

### **3.3 BÀI TOÁN TÍNH CHUYỂN CÁC ĐIỂM ĐO GPS VỀ HỆ TỌA ĐỘ THI CÔNG CÔNG TRÌNH**

#### ***3.3.1. Sự cần thiết phải tính chuyển các điểm đo GPS về hệ tọa độ thi công công trình***

Lưới thi công có một vai trò rất quan trọng trong quá trình xây dựng công trình. Chất lượng của lưới khống chế thi công sẽ đảm bảo tính chính xác của công trình trong thời gian xây dựng cũng như khi đưa công trình vào sử dụng.

Để đảm bảo độ chính xác bố trí công trình ra thực địa, lưới khống chế thi công phải đảm bảo yêu cầu: sự đồng nhất giữa hệ tọa độ thiết kế và hệ tọa độ thi công công trình

Trước đây khi thành lập lưới khống chế thi công theo phương pháp truyền thống, người ta thường sử dụng hệ tọa độ giả định với phương pháp này lưới khống chế thi công đã đáp ứng được yêu cầu nêu trên. Hiện nay, công nghệ định vị toàn cầu GPS đã phát triển rất mạnh mẽ và được ứng dụng có hiệu quả vào nhiều lĩnh vực của ngành trắc địa bản đồ.

Khi sử dụng công nghệ GPS để thành lập lưới khống chế thi công thường gặp một số vấn đề sau đây:

- Sự khác biệt về hệ tọa độ thiết kế và hệ tọa độ thành lập lưới khống chế thi công khi sử dụng công nghệ GPS. Đa số các trường hợp công trình được thiết kế trong hệ tọa độ giả định. Trong khi đó tọa độ các điểm khống chế xác định theo công nghệ GPS lại được xác định trong hệ tọa độ địa tâm WGS-84.

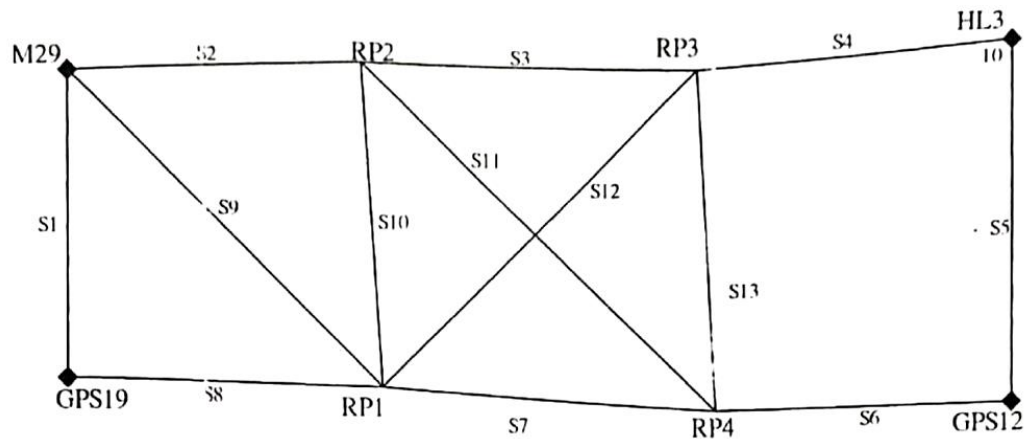
- Sự biến dạng về chiều dài các cạnh của lưới khống chế thi công được thành lập bằng công nghệ GPS so với chiều dài đo được trên bề mặt tự nhiên của trái đất.

Như vậy để có thể ứng dụng hiệu quả công nghệ GPS trong công tác thành lập lưới khống chế thi công thì cần phải tính chuyển tọa độ các tọa độ GPS về hệ tọa độ thi công của công trình.

Sự cần thiết tính chuyển các điểm đo GPS về hệ tọa độ thi công thường xuyên gặp trong thực tế ở nước ta. Khi khảo sát thiết kế thi công công trình, đa số các trường hợp đều sử dụng hệ tọa độ giả định (hoặc hệ tọa độ đã có sẵn ở khu vực xây dựng, theo hệ tọa độ của các điểm gốc ) để thành lập hồ sơ khảo sát địa hình phục vụ cho công tác thiết kế các công trình , do đó bản thiết kế các công trình, do đó bản thiết kế công trình thường được thiết kế trên các tài liệu này. Trong giai đoạn thi công công trình các đơn vị thi công cần phải thành lập lưới khống chế thi công ( bằng công nghệ GPS) tại khu vực xây dựng, dẫn đến có sự khác biệt giữa hệ tọa độ thiết kế và hệ tọa độ thi công ( thành lập bằng công nghệ GPS). Sự khác biệt đó đã gây ra sự biến dạng về chiều dài các cạnh của lưới khống chế thi công , ảnh hưởng trực tiếp tới độ chính xác bố trí công trình. Có thể dẫn ra một số công trình điển hình mà chúng tôi đã tham gia xây dựng hoặc tham gia xử lý số liệu.

### ***3.3.2 Lưới khống chế thi công cầu Bãi Cháy***

Vị trí xây dựng cầu nằm ở múi 107, cách kinh tuyến trục 6 km. trong khi đó bản vẽ thiết kế cầu lại thực hiện trong hệ tọa độ của múi 108, khi đó vị trí xây dựng cầu cách kinh tuyến trục( múi 108) là 92 km. Để thành lập lưới khống chế thi công xây dựng cầu Bãi Cháy. Đơn vị thi công đã tổ chức đo 4 điểm GPS là các điểm BM-29, GPS-19, HL-03, GPS-12 bằng máy thu Trimble 4600 LS sơ đồ hình lưới như hình



Hình 3.3. Lưới khống chế thi công cầu bãi cháy

Chiều dài các cạnh lưới GPS được đo lại bằng máy toàn đạc điện tử NiKON-551 (có độ chính xác đo góc  $m_{\beta} = 1''$  và độ chính xác đo cạnh  $m_s = 3mm + 2ppm$ ) kết quả đo như trong bảng:

Bảng 3.1 Chiều dài các cạnh lưới GPS được đo lại bằng máy toàn đạc điện tử

NiKON-551

Tên cạnh	Cạnh đo bằng máy NiKON-551(m)	Cạnh tính theo tọa độ điểm GPS múi 108(m)	Sai khác (mm)
GPS12 ÷ GPS19	775.9406	776.0360	95.4
GPS12 ÷ BM29	765.5925	765.6859	93.4
GPS12 ÷ HL03	137.6137	137.6287	15.0
HL03 ÷ GPS19	815.6984	815.7890	90.6
HL03 ÷ BM29	788.2753	788.3626	87.3
GPS19 ÷ BM29	101.9501	101.9541	4.0

So sánh chiều dài cạnh đo trực tiếp trên mặt đất và chiều dài cạnh tính từ kết quả đo GPS cho thấy sự biến dạng về chiều dài cạnh là khá lớn

Thuật toán tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS về hệ tọa độ thi công

dựa vào công thức tính chuyển từ hệ tọa độ vuông góc không gian địa tâm WGS-84 về hệ tọa độ địa diện tại điểm quan sát được xác định như sau:

1. căn cứ vào tọa độ các điểm khống chế của lưới khống chế thi công được đo bằng công nghệ GPS, tính tọa độ và độ cao trắc địa B,L,H của các điểm này. Tọa độ và độ cao trắc địa của các điểm đo GPS có thể lấy từ tập thành quả đo GPS hoặc được tính chuyển tọa độ điểm GPS từ hệ tọa độ địa tâm về hệ tọa độ trắc địa

- Tính

$$P = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad (3.3)$$

- Tính giá trị gần đúng  $B_{gd}$  :

$$tgB_{gd} = \frac{Z}{P}(1 - e^2)^{-1} \quad (3.4)$$

- Tính giá trị gần đúng  $N_0$  :

$$N_0 = -\frac{a^2}{\sqrt{a^2 \cos^2 B_{gd} + b^2 \sin^2 B_{gd}}} \quad (3.5)$$

- Tính độ cao trắc địa

$$H = \frac{P}{\cos B_{gd}} - N_0 \quad (3.6)$$

- Tính giá trị chính xác hơn của B theo công thức

$$tgB = \frac{Z}{P} \left( 1 - e^2 \frac{N_0}{N_0 + H} \right)^{-1} \quad (3.7)$$

Lập lại quá trình tính B,H để xác định giá trị B,H chính xác cho đến khi kiểm tra nếu  $|B - B_0| \leq \varepsilon$  thì kết thúc. Tính với  $\varepsilon$  là 1 số nhỏ tùy chọn, bằng sai số tính toán chấp nhận, để sai số tính B ảnh hưởng đến kết quả tính tọa độ địa diện nhỏ hơn 0.1mm thì ta lấy  $\varepsilon = 0.1$  radian.

2. xác định điểm gốc của hệ tọa độ địa diện bằng cách lấy tọa độ trọng tâm và độ cao trung bình của khu vực xây dựng (hoặc tọa độ trọng tâm và độ

cao của mặt chiếu đã lựa chọn khi thiết kế công trình)

$$B_0 = \frac{\sum_1^n B_i}{n}$$

$$H_0 = \frac{\sum_1^n H_i}{n}$$
(3.8)

Dựa vào tọa độ theo kết quả đo GPS của các điểm khống chế trong lưới khống chế thi công, bao gồm tọa độ vuông góc không gian địa tâm WGS-84 (X,Y,Z) và tọa độ trắc địa trong cùng hệ quy chiếu (B,L,H) tiến hành tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS từ hệ tọa độ WGS-84 về hệ tọa độ địa diện đã chọn theo công thức:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B \cos L & -\sin B \sin L & \cos B \\ -\sin L & \cos L & 0 \\ \cos B \cos L & \cos B \sin L & \sin B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X - (N_0 + H_0) \cdot \cos B_0 \cos L_0 \\ Y - (N_0 + H_0) \cdot \cos B_0 \sin L_0 \\ Z - [N_0(1 - e^2) + H_0] \sin B_0 \end{bmatrix}$$
(3.9)

Trong đó:

X,Y,Z là tọa độ vuông góc không gian địa tâm của điểm cần tính chuyển P

$B_0, L_0, H_0$  là tọa độ trắc địa của điểm trọng tâm lưới ( hay gốc tọa độ của hệ tọa độ địa diện ) tính theo công thức (3.6) (3.7)

$N_0$  bán kính cong vòng thẳng đứng thứ nhất đi qua điểm gốc của hệ tọa độ địa tâm tính theo công thức (3.5)

a,b bán trục lớn bán trục nhỏ của elipxoid WGS-84

a=6378137

$\alpha = 1/298.257223563$

e tâm sai thứ nhất của elipxoid

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$
(3.10)

4. dựa vào tọa độ của các điểm song trùng trong hệ tọa độ thi công, tính các tham số tính chuyển tọa độ trong hai hệ tọa độ vuông góc phẳng theo

phép tính chuyển Hellmet

5. Tính tọa độ cho các điểm đo GPS còn lại trong hệ tọa độ thi công theo các tham số tính chuyển đã xác lập

### 3.3.3. Đánh giá độ chính xác tính chuyển

Chuyển ma trận hệ số trọng số  $Q_{FF}$  trong hệ tọa độ địa tâm XYZ thành ma trận hệ số trọng số  $q_{ff}$  trong hệ tọa độ địa diện x y z bằng cách

Từ công thức tính chuyển đổi tọa độ từ hệ địa tâm sang hệ tọa độ địa diện

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B \cos L & -\sin B \sin L & \cos B \\ -\sin L & \cos L & 0 \\ \cos B \cos L & \cos B \sin L & \sin B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X - (N_0 + H_0) \cdot \cos B_0 \cos L_0 \\ Y - (N_0 + H_0) \cdot \cos B_0 \sin L_0 \\ Z - [N_0(1 - e^2) + H_0] \sin B_0 \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

Coi x,y,z là hàm của các ẩn số X,Y,Z với ma trận trọng số đảo  $Q_{FF}$  ta có:

$$m^2_{\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}} = \mu q_{ff} = \mu^2 (f^T Q_{FF} f) \quad (3.12)$$

Trong đó:

$$f^T = \left( \frac{\partial t}{\partial X} \quad \frac{\partial t}{\partial Y} \quad \frac{\partial t}{\partial Z} \right) \quad \text{với } t = (xyz)^T \quad (3.13)$$

Ta tính được:

$$\frac{\partial t}{\partial X} = \begin{pmatrix} -\sin B \cos L \\ -\sin L \\ \cos B \cos L \end{pmatrix}; \quad \frac{\partial t}{\partial Y} = \begin{pmatrix} -\sin B \sin L \\ \cos L \\ \cos B \sin L \end{pmatrix}; \quad \frac{\partial t}{\partial Z} = \begin{pmatrix} \cos B \\ 0 \\ \sin B \end{pmatrix} \quad (3.14)$$

Suy ra:

$$f^T = \begin{pmatrix} -\sin B \cos L & -\sin L & \cos B \cos L \\ -\sin B \sin L & \cos L & \cos B \sin L \\ \cos B & 0 & \sin B \end{pmatrix}^T = R^T \quad (3.15)$$

$$\text{Vậy: } m^2_{\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}} = \mu q_{ff} = \mu^2 (f^T Q_{FF} f) = \mu^2 R^T Q_{FF} R = \mu^2 \begin{pmatrix} q_{11} & q_{21} & q_{31} \\ q_{21} & q_{22} & q_{32} \\ q_{31} & q_{23} & q_{33} \end{pmatrix}$$

Và công thức đánh giá độ chính xác tính chuyển tọa độ các đại lượng (x,y,z) là:

$$m_x = \mu\sqrt{q_{11}}; m_y = \mu\sqrt{q_{22}}; m_z = \mu\sqrt{q_{33}}$$

### 3.3.4. Tính toán thực nghiệm [6]

Để kiểm định khả năng ứng dụng của phương pháp tính chuyển các điểm đo GPS về hệ tọa độ thi công chúng tôi đã tiến hành đo đạc thực nghiệm và sử lý số liệu tính chuyển tọa độ của lưới không chế thi công cầu bãi cháy. Lưới không chế thi công cầu bãi cháy bao gồm 8 điểm, có 4 điểm đo GPS sử dụng hệ quy chiếu Hà Nội 72, ellipsoid karasovski là các điểm có tên và tọa độ như trong bảng.

Bảng 3.2 Tọa độ các điểm GPS lưới không chế thi công cầu bãi cháy

Tên điểm	X(m)	Y(m)	Z(m)
GPS-19	2319133.959	402321.442	42.479
BM-29	2319213.811	402384.812	37.834
HL-03	2318863.538	403091.087	40.752
GPS-12	2318759.413	403001.089	25.774

Sử dụng quy trình tính chuyển tọa độ từ hệ tọa độ địa tâm về hệ tọa độ địa diện theo chương trình “ thiết kế và xử lý số liệu lưới đo GPS trong trắc địa công trình –TĐCTGPS” em đã tiến hành tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS về hệ tọa độ thi công công trình (múi chiếu 108) kết quả tính chuyển các điểm đo GPS như bảng.

Bảng 3.3 Tọa độ các điểm đo GPS trong múi 108 (sau khi tính chuyển)

Tên điểm	X(m)	Y(m)
GPS-19	2319133.959	402321.442
BM-29	2319213.804	402384.803
HL-03	2318863.538	403091.087
GPS-12	2318759.459	403001.009

Từ tọa độ các điểm đã tính chuyển tọa độ tiến hành kiểm tra chiều dài cạnh giữa các điểm GPS với chiều dài đo trực tiếp trên mặt đất

Bảng 3.4 So sánh chiều dài cạnh lưới GPS theo phương án đã tính chuyển

Tên cạnh	Cạnh đo bằng máy NiKON-551(m)	Cạnh tính theo tọa độ điểm GPS (m)	Sai khác (mm)
GPS12 ÷ GPS19	775.9406	775.9443	0.0037
GPS12 ÷ BM29	765.5925	765.5975	0.0050
GPS12 ÷ HL03	137.6131	137.6110	0.0021
HL03 ÷ GPS19	815.6984	815.6957	0.0027
HL03 ÷ BM29	788.2753	788.2746	0.0007
GPS19 ÷ BM29	101.9484	101.9435	0.0049

Kết quả ở bảng trên cho thấy, sau khi tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS trong hệ tọa độ của múi 108 về hệ tọa độ thi công, chiều dài cạnh ( giữa các điểm GPS ) có sự khác biệt không đáng kể so với chiều dài đo trực tiếp trên mặt đất kết quả tính chuyển này đã đáp ứng được hai yêu cầu đặt ra cho lưới khống chế thi công.

Sử dụng tọa độ các điểm đo GPS chưa tính chuyển và đã tính chuyển để bình sai lưới khống chế thi công cầu bãi cháy cho ta kết quả như bảng.



Bảng 3.5 So sánh kết quả bình sai lưới khống chế thi công cầu bãi cháy

Các yếu tố bình sai	Chưa tính chuyển các điểm GPS	Đã tính chuyển các điểm GPS
Sai số trung phương đo góc ( $m_\beta$ )	21.01''	3,91''
Sai số trung phương điểm yếu nhất ( $m_p$ )	0.016m	0.003m
Sai số trung phương tương đối cạnh yếu ( $m_s/S$ )	1/7200	1/38600
Sai số trung phương phương vị cạnh yếu ( $m_\alpha$ )	14.72''	2.74''

Như vậy chúng ta thấy rằng sau khi sử dụng các điểm đo GPS đã tính chuyển về hệ tọa độ thi công công trình để bình sai, chất lượng của lưới khống chế thi công được nâng lên rõ rệt và cũng chỉ khi sử dụng kết quả tính chuyển các điểm GPS để bình sai lưới thì chất lượng của lưới khống chế thi công mới đáp ứng được các yêu cầu của công tác bố trí công trình.

### 3.5 NHẬN XÉT

Từ những kết quả nghiên cứu về lý thuyết và tính toán thực nghiệm trong chương 3 em rút ra một số nhận xét sau:

- Khi sử dụng công nghệ GPS để thành lập lưới khống chế thi công trong trắc địa công trình, thì cần phải tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS về hệ tọa độ thi công công trình. Kết quả tính chuyển sẽ đảm bảo tính đồng nhất giữa hệ tọa độ thiết kế và hệ tọa độ thi công công trình cũng như đảm bảo độ chính xác cần thiết khi bố trí công trình.

- Do đặc điểm thiết kế và thi công các công trình xây dựng, nên phương pháp tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS từ hệ tọa độ địa tâm về hệ tọa độ địa diện chân trời là tương đối phù hợp với đặc điểm và điều kiện công tác trắc địa công trình. Đây là phương pháp tính chuyển có thuật toán tính chuyển đơn giản đảm bảo được các yêu cầu cần thiết về độ chính xác bố trí công trình.

- Từ kết quả tính toán thực nghiệm của công trình cụ thể cho thấy, chương trình tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS về hệ tọa độ thi công đã đáp ứng được các yêu cầu cần thiết khi tính chuyển tọa độ và độ cao các điểm đo GPS về hệ tọa độ và độ cao thi công công trình.

- Cần tiếp tục nghiên cứu, thử nghiệm các phương pháp tính chuyển độ cao GPS cho nhiều dạng công trình và ở những vùng địa hình khác nhau ( đặc biệt là ở vùng núi) để tiếp tục hoàn thiện phương pháp tính chuyển độ cao GPS về hệ độ cao thi công. Đây là một vấn đề nếu được tiếp tục phát triển nghiên cứu vào thực nghiệm hoàn chỉnh sẽ đem lại những hiệu quả rõ rệt khi ứng dụng công nghệ GPS trong lĩnh vực trắc địa công trình ở Việt Nam.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Sau một thời gian nghiên cứu, học hỏi và đặc biệt được sự hướng dẫn tận tình của TS: Đinh Xuân Vinh cùng các thầy cô trong bộ môn, đến nay bản đồ án tốt nghiệp với đề tài: “Nghiên cứu một số bài toán tính chuyển tọa độ ứng dụng trong trắc địa công trình” đã hoàn thành. Từ bản đồ án này, em rút ra được một số kết luận sau:

- Từ kết quả nghiên cứu và tính toán thực nghiệm cho thấy cần phải tính chuyển tọa độ các điểm của lưới khống chế thi công (theo công nghệ truyền thống hoặc công nghệ GPS) về hệ tọa độ thi công công trình. Các bài toán tính chuyển tọa độ đóng vai trò quan trọng trong trắc địa công trình.

- Khi sử dụng công nghệ GPS để thành lập lưới khống chế thi công trong trắc địa công trình, thì cần phải tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS về hệ tọa độ thi công công trình. Kết quả tính chuyển sẽ đảm bảo tính đồng nhất giữa hệ tọa độ thiết kế và hệ tọa độ thi công công trình cũng như đảm bảo độ chính xác cần thiết khi bố trí công trình.

- Tùy thuộc vào từng hạng mục công trình mà lựa chọn các bài toán tính chuyển tọa độ phù hợp.

Bài toán tính chuyển tọa độ phù hợp phải đảm bảo 2 điều kiện:

- Sự đồng nhất giữa hệ tọa độ thiết kế và hệ tọa độ thi công công trình.
- Sự biến dạng chiều dài cạnh là nhỏ nhất.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phan Văn Hiến (chủ biên)(2004), *Trắc địa công trình*. Nhà xuất bản giao thông vận tải.Hà Nội
- [2]. Đỗ Ngọc Đường - Đặng Nam Chinh (2007), *Bài giảng công nghệ GPS*.
- [3]. Phạm Hoàng Lân (chủ biên) (1999), *Giáo trình trắc địa cao cấp (học phần 3: trắc địa mặt cầu)*.
- [4]. Hoàng Ngọc Hà (2006), *Bình sai tính toán lưới Trắc địa và GPS*. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật. Hà Nội
- [5]. Nguyễn Quang Thắng – Trần Việt Tuấn (2007), *Trắc địa công trình công nghiệp - thành phố*.
- [6]. Trần Việt Tuấn (2007), *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong Trắc địa công trình ở Việt Nam*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Thư viện trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội.