

# NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC THÀNH LẬP LƯỚI KHỔNG CHẾ MẶT BẰNG TRONG HÀM KHI THI CÔNG ĐÀO HÀM ĐỐI HƯỚNG

**NCS. ĐIỂM CÔNG HUY**

Viện KHCN Xây dựng - Bộ Xây dựng

**ThS. TĂNG QUỐC CƯỜNG**

Liên đoàn Intergeo - Tổng cục địa chất và Khoáng sản Việt Nam

*Tóm tắt: Nội dung của bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu về đặc điểm và giải pháp kỹ thuật nhằm nâng cao độ chính xác của lưới khống chế mặt bằng trong hàm, một số kết quả đo thực nghiệm để lựa chọn dạng lưới khống chế mặt bằng trong hàm phù hợp để nâng cao độ hiệu quả công tác định hướng hàm khi thi công hầm đối hướng.*

## 1. Đặt vấn đề

Khi thi công các công trình hầm đối hướng, độ chính xác của công trình phụ thuộc rất nhiều vào công tác định hướng hàm. Nếu công tác định hướng đào hầm làm không tốt thì kết quả thông hầm sẽ không đạt yêu cầu hạn sai làm ảnh hưởng đến chất lượng, tiến độ thi công công trình. Do vậy vấn đề định hướng đường hầm là rất quan trọng trong công tác thi công đường hầm đào đối hướng.

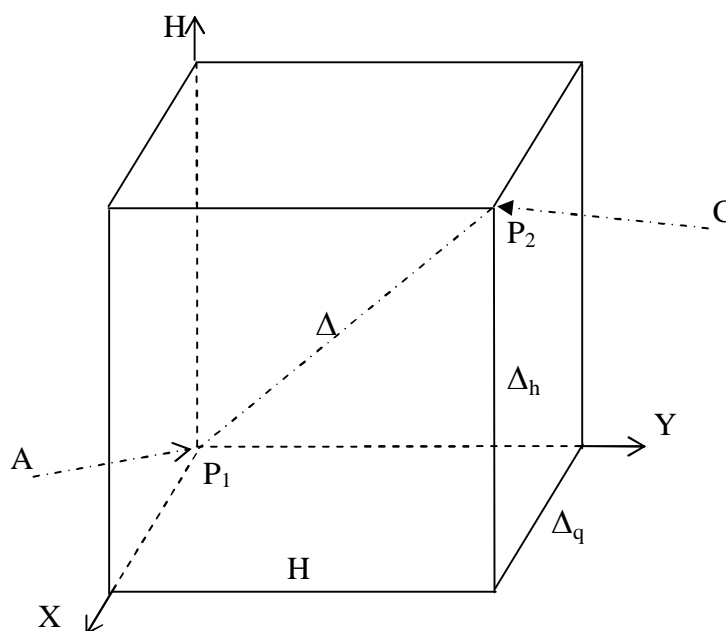
Công tác định hướng hàm phải dựa vào cơ sở trắc địa thi công hầm bao gồm: lưới khống chế mặt đất, lưới khống chế trong hàm và công tác chuyển tọa độ và độ cao xuống hàm. Để đảm bảo cho công tác thông hầm đạt hiệu quả cao nhất và nằm trong giới hạn cho phép thì cần giải quyết được vấn đề nâng

cao độ chính xác của cơ sở trắc địa trong thi công hầm. Do đặc điểm của công tác thi công hầm nên vấn đề đo đạc thành lập lưới khống chế thi công trong hàm có nhiều nội dung không thực hiện theo các phương pháp truyền thống do lưới khống chế thi công hầm được phát triển theo tiến độ đào hầm và thường thiếu các yếu tố đo kiểm tra ở ngoài thực địa..v.v. Do đó cần phải nghiên cứu lựa chọn dạng lưới khống chế trong hàm phù hợp nhất nhằm đảm bảo độ chính xác định hướng hàm và đáp ứng được các điều kiện thi công hầm trong thực tế phù hợp với tiến độ thi công công trình.

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

### 2.1 Khái niệm về sai số đào thông hầm.

Trong thi công đào hầm, do sai số của lưới khống chế trên mặt đất, sai số đo liên hệ, sai số của lưới khống chế trong hàm và sai số bố trí chi tiết nên hai trục tim hầm đào đối hướng không thể gặp nhau chính xác tuyệt đối mà có một tỷ lệ lệch nhất định gọi là sai số đào thông hầm đối hướng. Ký hiệu là  $\Delta$ , sai số trung phương tương ứng ký hiệu là  $M$  (hình 1).



Hình 1. Sai số thông hầm trong không gian.

Giá trị  $\Delta$  được phân tích thành ba thành phần theo trục Y là  $\Delta_L$ , theo trục X là  $\Delta_q$ , theo trục Z là  $\Delta_h$ . Tương ứng với các đại lượng này là:

- Sai số trung phương hướng dọc (trùng với trục hàm):

$$m_L = 0.5 \Delta_L \quad (1)$$

- Sai số trung phương hướng ngang (vuông góc với trục hàm):

$$m_q = 0.5 \Delta_q \quad (2)$$

- Sai số trung phương độ cao:

$$m_h = 0.5 \Delta_h \quad (3)$$

Trong các nguồn sai số thông hàm trên thì cần phải đặc biệt quan tâm đến sai số hướng ngang thông hàm  $m_q$  vì nguồn sai số sẽ có ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác thi công hàm [2]. Chính vì thế nên khi thành lập cơ sở trắc địa phục vụ thi công xây dựng các công trình hàm đối hướng cần phải nghiên cứu và đưa ra các giải pháp kỹ thuật nhằm làm giảm ảnh hưởng của sai số hướng ngang thi công hàm  $m_q$  và một trong những giải pháp kỹ thuật đo là nghiên cứu nâng cao độ chính xác của lưới khống chế mặt bằng trong hàm.

## 2.2. Lưới khống chế mặt bằng trong hàm

- Lưới khống chế mặt bằng trong hàm thường được thành lập dưới dạng đường chuyền. Đường chuyền trong hàm phải được thành lập với độ chính xác cần thiết và cùng chung hệ tọa độ thống nhất với khống chế trên mặt đất để chỉ hướng đào hàm, bố trí trục tim hàm, bảo đảm thông hàm đối hướng với độ chính xác quy định.

- Điểm và phương vị khởi đầu của đường chuyền trong hàm là điểm và phương vị của lưới khống chế mặt đất ở cửa hàm hoặc được chuyền từ trên mặt đất xuống hàm qua giếng đứng, giếng nghiêng hoặc hàm bằng. Đường chuyền trong hàm có những đặc điểm:

+ Hình dạng của đường chuyền phụ thuộc vào hình dạng của đường hầm.

+ Đường chuyền trong hàm là đường chuyền treo được phát triển theo tiến độ đào hàm. Vì vậy, không thể đo đường chuyền liên một lúc mà phải đo ở hai điểm cuối kề nhau trong quá trình phát triển, muốn kiểm tra phải đo lại.

Tùy từng trường hợp cụ thể mà đường chuyền trong hàm có nguyên tắc thành lập thích hợp.

+ Đường chuyền trong hàm thành lập dọc theo trục tim hàm hoặc lệch tim hàm một khoảng thích hợp, có các cạnh xấp xỉ bằng nhau. Các điểm đường chuyền được chọn ở nơi an toàn, ổn định ít bị ảnh hưởng do thi công, điều kiện nhìn thông tốt, tia ngắm phải cách chướng ngại vật trên 0,2m.

+ Đối với đường hầm dài có tiết diện lớn có thể thành lập đường chuyền khép kín hoặc đường chuyền chính và đường chuyền phụ tạo thành vòng khép kín. Trong trường hợp có đường hầm dẫn song song với đường chuyền chính thì đường chuyền đơn trong hầm dẫn cùng với đường chuyền trong hầm chính tạo thành vòng khép để có điều kiện kiểm tra.

- Trong trường hợp lưới đường chuyền được xem là duỗi thẳng và chiều dài các cạnh của đường chuyền xấp xỉ nhau thì sai số trung phương vị trí điểm cuối của đường chuyền nhánh trong hàm được tính theo công thức [2]:

$$m^2 = m_L^2 + m_q^2 \quad (4)$$

Giá trị  $m_L$  và  $m_q$  lần lượt là sai số trung phương hướng dọc và hướng ngang thông hàm tính theo công thức:

$$m_L = m_S \sqrt{n} \quad (5)$$

$$m_q = \frac{m_\beta}{\rho} [s] \sqrt{\frac{n+3}{12}} \quad (6)$$

trong đó:

$n$  : là số cạnh của đường chuyền

$m_\beta$  : là sai số đo góc của đường chuyền

$m_S$  : là sai số đo cạnh của đường chuyền

- Trong trường hợp lưới đường chuyền không được xem là duỗi thẳng nhưng các cạnh vẫn được đo với độ chính xác như nhau thì sai số trung phương vị trí điểm cuối của đường chuyền nhánh trong hàm được tính theo công thức [2]:

$$M^2 = n.m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \left[ D_{n+1,i}^2 \right] \quad (7)$$

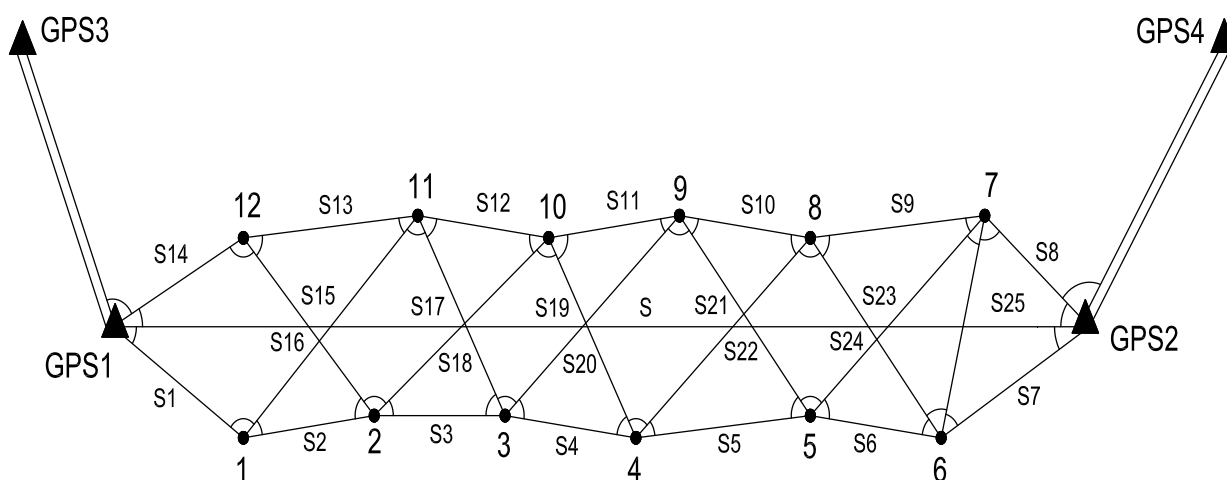
Trong đó:  $D_{n+1,i}^2$  là khoảng cách từ điểm cuối đến điểm  $i$  của đường chuyền.

**2.3. Nghiên cứu giải pháp kỹ thuật nhằm nâng cao độ chính xác của lưới khống chế mặt bằng trong hầm**

Trong thực tế do điều kiện thi công hầm chật hẹp nên khi thành lập lưới khống chế thi công trong hầm chỉ có hai điểm khống chế là điểm gốc và một đường chuyền treo trong hầm, với phương án đo đạc như vậy sẽ không có điều kiện kiểm tra (hình 3). Do đó, trong trường hợp này người ta cố gắng làm mọi điều để có thể tiến hành kiểm tra được độ chính xác thi công hầm. Nếu đường chuyền này không đảm bảo độ chính xác thì sẽ ảnh hưởng đến công tác thi công hầm, làm chậm tiến độ cũng như tổn hao kinh phí.

Từ những lý do trên chúng tôi nhận thấy cần thiết phải nghiên cứu một sơ đồ lưới khống chế trong hầm nhằm đảm bảo sai số hướng ngang thông hầm  $m_q$  và đáp ứng được yêu cầu tiến độ thi công đào hầm cần thiết. Để có cơ sở trong việc thành lập cũng như đánh giá độ chính xác lưới thì trước hết chúng tôi tiến hành xây dựng lưới cơ sở làm điều kiện kiểm tra sau đó mới đi xem xét các đồ hình lưới thi công trong hầm.

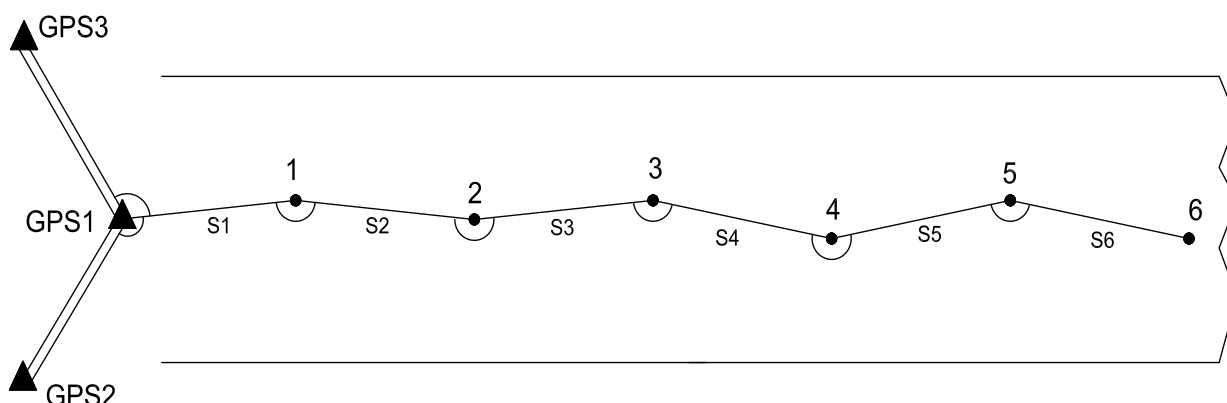
Phương án cơ sở: Trong phương án này đo tất cả các góc và cạnh của lưới và được đo nối với các điểm GPS (hình 2). Tọa độ các điểm trong lưới sẽ được dùng làm điều kiện kiểm tra các phương án còn lại.



Hình 2. Đồ hình lưới cơ sở

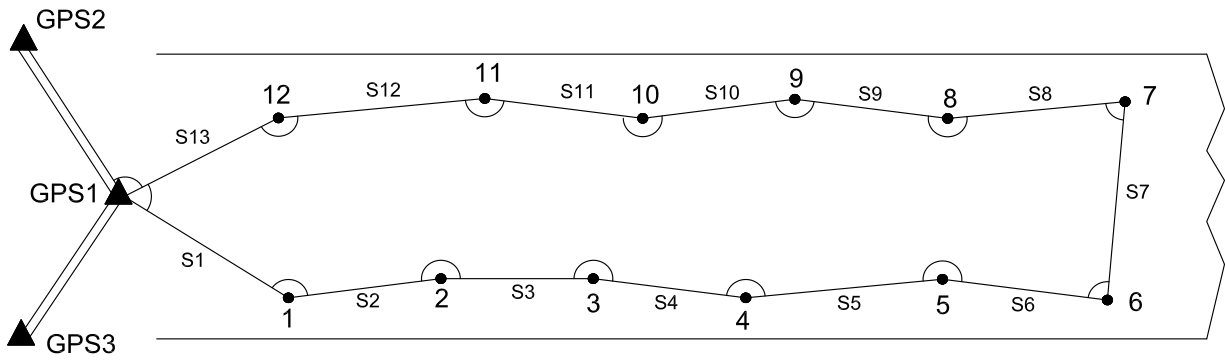
Các đồ hình thiết kế lưới thi công hầm gồm có các phương án sau:

Phương án 1: Từ hai điểm gốc tại cửa hầm ta thiết kế đường chuyền đơn đi vào trong hầm (hình 3). Trong phương án này ta tiến hành đo tất cả các góc và cạnh của lưới.



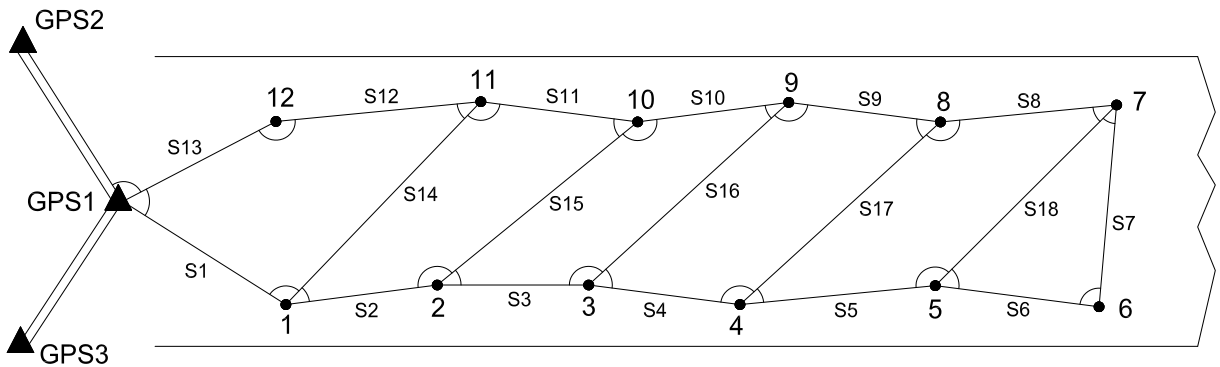
Hình 3. Đường chuyền treo

Phương án 2: Từ điểm khống chế ở cửa hầm, thiết kế đường chuyền có dạng là đường chuyền kín dọc theo hai thành đường hầm (hình 4).



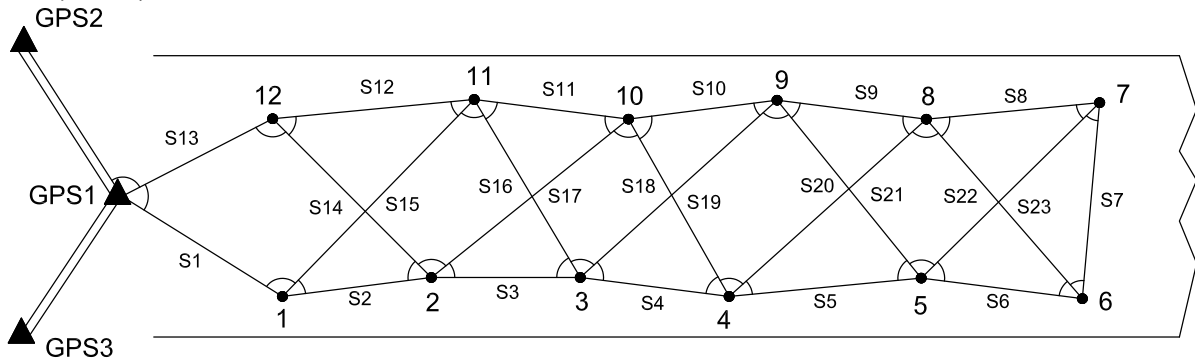
**Hình 4. Đường chuyền khép kín**

Phương án 3: Lưới đường chuyền trong hầm được thiết kế có dạng là đường chuyền tạo thành vòng khép kín và có đo tăng dày thêm một số góc (hình 5).



**Hình 5. Đường chuyền khép kín có đo thêm một số góc**

Phương án 4: Lưới khống chế trong hầm được thiết kế tạo thành vòng khép kín và đo tất cả các góc và cạnh như (hình 6).



**Hình 6. Đường chuyền khép kín đo tất cả các góc và cạnh của lưới.**

Cụ thể khối lượng đo của các phương án như sau:

Phương án cơ sở: Đo 66 trị đo gồm 40 trị đo góc, 26 trị đo cạnh. Đây là phương án được dùng làm cơ sở cho việc so sánh, và kiểm tra kết quả của các phương án khác.

Phương án 1: Đo tất cả là 12 trị đo, trong đó có 06 trị đo cạnh và 06 trị đo góc.

Phương án 2: Đo 26 trị đo gồm 13 trị đo góc, 13 trị đo cạnh.

Phương án 3: Đo 42 trị đo gồm 24 trị đo góc, 18 trị đo cạnh.

Phương án 4: Đo 58 trị đo gồm 34 trị đo góc, 24 trị đo cạnh.

**2.4 Kết quả ước tính độ chính xác lưới của lưới khống chế mặt bằng trong hầm**

Lưới mặt bằng trong hầm được ước tính theo phương pháp chặt chẽ trên máy tính, ta được kết quả tính toán cụ thể của các phương án. So sánh kết quả ước tính các yếu tố đặc trưng của các phương án như bảng 1.

**Bảng 1. Bảng so sánh kết quả ước tính theo các phương án**

STT	Phương án 1	Phương án 2	Phương án 3	Phương án 4
SSTP vị trí điểm yếu nhất (mm)	5.5 (Điểm 6)	4.6 (Điểm 7)	4.2 (Điểm 7)	3.5 (Điểm 7)
SSTP phương vị yếu nhất (")	2.45" (Cạnh 5 đến 6)	2.38" (Cạnh 12 đến GPS1)	2.51" (Cạnh 5 đến 6)	2.12" (Cạnh 6 đến 7)
SSTP tương đối chiều dài cạnh yếu nhất.	1/23900 (Cạnh 5 đến 6)	1/3000 (Cạnh 6 đến 7)	1/20100 (Cạnh 6 đến 7)	1/26900 (Cạnh 6 đến 7)
SSTP tương hỗ hai điểm yếu nhất (mm)	2.1 (điểm 5 đến 6)	2.0 (điểm 12 đến GPS1)	1.8 (điểm 8 đến 9)	1.4 (điểm 12 đến GPS1)

**Nhận xét:**

Với kết quả ước tính sai số trung phương vị trí điểm yếu nhất của lưới mặt bằng trong hàm theo các phương án đều nhỏ hơn sai số điểm cuối cho phép [2]. Vậy theo các phương án thiết kế trên đều đạt được yêu cầu độ chính xác cho phép.

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

**3.1. Đo đạc thực nghiệm**

Quá trình đo đạc thực nghiệm là để minh chứng cho việc lựa chọn ra đồ hình hợp lý nhất, cũng như kiểm tra được các trị đo khi thành lập lưới khống chế thi công trong hầm. Công tác thực nghiệm được tiến hành với

máy toàn đạc điện tử Leica TC 1800 có độ chính xác đo cạnh  $m_s = 2\text{mm} + 1\text{ppm}$  và độ chính xác đo góc  $m_\beta = 1''$ . Tiến hành đo với từng phương án riêng biệt theo sơ đồ đã thiết kế như các hình 2÷ hình 6.

**3.2. Kết quả đo thực nghiệm lưới khống chế mặt bằng trong hầm**

Sau khi tiến hành đo đạc theo các phương án đã thiết kế và qua quá trình bình sai ta có được tọa độ các điểm trong lưới theo các phương án. Sử dụng tọa độ các điểm lưới đã bình sai để kiểm tra và đánh giá ta có được bảng kết quả so sánh độ lệch theo hai trục của các phương án với phương án cơ sở như (bảng 2).

**Bảng 2. Bảng kết quả so sánh độ lệch tọa độ theo trục các phương án**

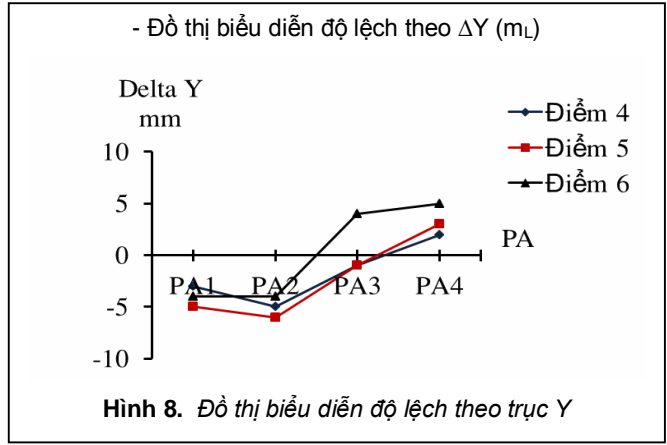
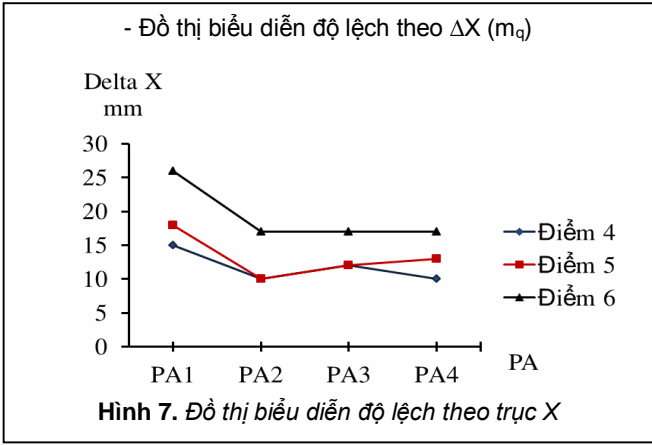
Tên điểm	Phương án 1		Phương án 2		Phương án 3		Phương án 4	
	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)
1	0.007	0.001	0.005	0.000	0.004	0.000	0.002	0.000
2	0.011	0.000	0.008	-0.001	0.006	-0.002	0.006	0.000
3	0.008	-0.002	0.004	-0.002	0.007	-0.002	0.008	0.001
4	0.015	-0.003	0.010	-0.005	0.012	-0.001	0.010	0.002
5	0.018	-0.005	0.010	-0.006	0.012	-0.001	0.013	0.003
6	0.026	-0.004	0.017	-0.004	0.017	0.004	0.017	0.005
7			0.020	-0.012	0.019	0.000	0.018	0.003
8			0.015	-0.007	0.013	0.000	0.012	0.003
9			0.013	-0.005	0.009	-0.001	0.010	0.002
10			0.001	-0.003	0.004	-0.002	0.008	0.001
11			0.003	-0.001	0.005	-0.001	0.006	0.000
12			0.004	-0.001	0.004	-0.001	0.002	-0.001

**Bảng 3. Bảng kết quả bình sai các phương án**

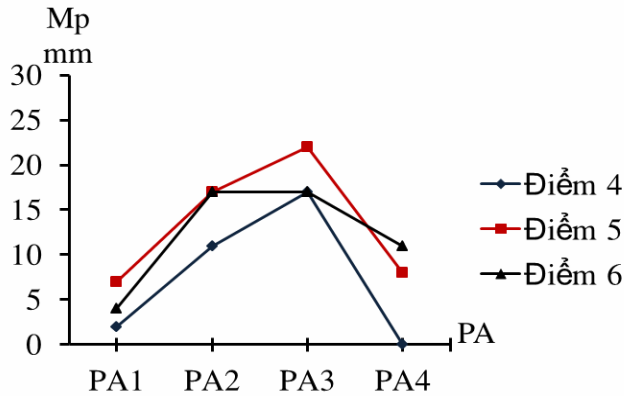
STT	Phương án 1	Phương án 2	Phương án 3	Phương án 4
$M_p$ (mm)	1.28 (Điểm 6)	2.84 (Điểm 7)	2.65 (Điểm 7)	1.99 (Điểm 7)
$M_\alpha$ (")	4.45" (Cạnh: 5-6)	14.58" (Cạnh: 6-7)	14.94" (Cạnh: 5-6)	12.19" (Cạnh: 6-7)
1/T	1/10200 (Cạnh: 5-6)	1/500 (Cạnh: 6-7)	1/3000 (Cạnh: 6-7)	1/4500 (Cạnh: 6-7)

Để minh họa rõ hơn sự khác nhau giữa các phương án, ta tiến hành xem xét ba vị trí điểm cuối của đường chuyền điểm 4, 5, 6 dưới dạng đồ thị như sau:

**ĐỊA KỸ THUẬT – TRẮC ĐỊA**



- Đồ thị biểu diễn độ lệch các phương án theo sai số vị trí điểm



**Nhận xét:**

- Thông qua đồ thị ta nhận thấy rằng độ lệch hướng ngang (m<sub>q</sub>) của phương án 1 so với các phương án 2, 3, 4 là tương đương với nhau. Số lượng trị đo ít hơn so với các phương án khác, phù hợp với điều kiện thi công của hầm. Phương án 4 có độ lệch tọa độ nhỏ nhất và độ chính xác cao nhất nhưng số trị đo nhiều. Nên phương án này chỉ phù hợp cho các công trình hầm có kích thước lớn, yêu cầu độ chính xác cao.

- Như vậy phương án 1 là phương án khả thi nhất đối với công tác thành lập lưới khống chế trong hầm, hoàn toàn đáp ứng được với điều kiện thi công của hầm chập, yêu cầu tiến độ nhanh trong công tác đào hầm đối hướng hiện nay mà vẫn đảm bảo được độ chính xác của yêu cầu thông hầm.

**4. Kết luận**

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

- Công tác định hướng hầm đóng vai trò rất quan trọng trong quá trình thi công công trình hầm nhằm

đảm bảo được các yêu cầu về độ chính xác khi thi công đào hầm đối hướng.

- Từ kết quả đo đạc thực nghiệm một số dạng lưới khống chế thi công trong hầm cho thấy: Dạng lưới khống chế trong hầm phù hợp nhất là dạng tuyến đường chuyền trong hầm được thành lập theo phương án 1 (hình 3). Đây là dạng lưới khống chế có số lượng trị đo phù hợp, độ chính xác cao và đảm bảo được về mặt thời gian, chi phí khi phục vụ thi công xây dựng các công trình đường hầm ở nước ta.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Hoàng Ngọc Hà. (2013), *Giáo trình tính toán bình sai trắc địa*, Trường Đại học Mở - Địa Chất, Hà Nội.
2. Phan Văn Hiến. (2005), *Trắc địa công trình ngầm*. NXB Giao thông vận tải.
3. Phan Văn Hiến và Đỗ Ngọc Đường. (2007), *Thiết kế tối ưu lưới trắc địa công trình*, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội.

**Ngày nhận bài: 07/8/2015.**

**Ngày nhận bài sửa lần cuối: 28/8/2015.**