

ĐÁNH GIÁ PHƯƠNG PHÁP INCLINOMETER TRONG QUAN TRẮC TƯỜNG VÂY TẦNG HẦM Ở VIỆT NAM

Lương Ngọc Dũng^{a,*}, Bùi Duy Quỳnh^a, Nguyễn Đức Nghiêm^a

^a*Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng,
số 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 04/03/2020, Sửa xong 23/03/2020, Chấp nhận đăng 20/05/2020

Tóm tắt

Quá trình thi công móng và tầng hầm các công trình nhà cao tầng, tường vây tầng hầm (tường bê tông) là đối tượng chịu rất nhiều các áp lực ngang. Công tác quan trắc dịch chuyển ngang tường vây bằng phương pháp truyền thống luôn gặp khó khăn bởi đặc thù không gian công trường chật hẹp, hạn chế tầm ngắm và yêu cầu bố trí hệ thống mốc cơ sở ở những vị trí ổn định lâu dài. Công nghệ quan trắc chuyển dịch ngang Inclinator xuất hiện ở Việt Nam trong giai đoạn gần 10 năm nay đã mang đến phương án quan trắc chuyển dịch ngang phù hợp điều kiện công trường chật hẹp trong đô thị. Tuy nhiên phương pháp này đang được ứng dụng theo kinh nghiệm trong sản xuất và chưa có các quy định đầy đủ về quy trình quan trắc trong tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam. Trong bài báo này, tác giả muốn giới thiệu tổng quát về một quy trình quan trắc chuyển dịch ngang Inclinator được áp dụng trong quan trắc tường vây tầng hầm và có những đánh giá, trao đổi đối với công nghệ này.

Từ khoá: quan trắc chuyển dịch ngang; thiết bị Inclinator; tường vây tầng hầm; GeoKon GK-604D; DigiPro2.

ASSESEMENT OF MORNTORING WORK OF DIAPHRAGM WALL BY INCLINOMETER IN VIETNAM

Abstract

The process of foundation and basement construction of high-rise buildings, basement diaphragm walls is subjected to a lot of horizontal pressures. The monitoring of displacement of the diaphragm wall by the traditional method has met several difficulties because of the limited space for the operation, limited visibility and especially the need to arrange the basic benchmark system in the long-term stable locations. The inclinometer has been applied in Vietnam for almost 10 years and has been proved its effectiveness, even in the narrow working area in the urban areas. However, this method is being applied based on experience in production and there are not enough regulations on the monitoring process in Vietnamese construction standards. In this paper, the author would like to presents an overview of an Inclinator horizontal displacement monitoring procedure applied in monitoring the basement diaphragm wall based on which several discussions for the application are introduced and discussed.

Keywords: monitoring horizontal displacement; inclinometer instruments; diaphragm wall; GeoKon GK-604D; DigiPro2.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14\(2V\)-14](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2020-14(2V)-14) © 2020 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

1. Đặt vấn đề

Lĩnh vực trắc địa xây dựng đã đang và có những bước thay đổi lớn trong những năm gần đây. Bên cạnh công nghệ, thiết bị và biện pháp thi công xây dựng mới, trắc địa xây dựng cũng xuất hiện các yêu

*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: dungln@nuce.edu.vn (Dũng, L. N.)

cầu khác với truyền thống trong công tác quan trắc công trình. Hiện nay, công trình xây dựng dân dụng (đặc biệt với các công trình nhà cao tầng) đòi hỏi rất nhiều công tác quan trắc từ quá trình thi công đến giai đoạn hoàn thiện và vận hành sử dụng công trình như quan trắc lún, quan trắc chuyển dịch ngang, quan trắc nghiêng, quan trắc mực nước ngầm, quan trắc biến dạng kết cấu văng, chống, ...

Trong công tác quan trắc chuyển dịch ngang tường vây tầng hầm nhà cao tầng ở Việt Nam đã xuất hiện những thiết bị và phương pháp mới phù hợp với thực tế thi công, thuận lợi đối với các mặt bằng công trường thiếu không gian. Tuy nhiên các phương pháp, thiết bị này chưa có nhiều nghiên cứu phân tích, đánh giá tính hiệu quả, phạm vi áp dụng cũng như độ chính xác.

Trên thế giới, công nghệ quan trắc Inclinator xuất hiện từ những năm 50 thế kỷ trước. Đến thời điểm hiện nay, công nghệ này đã được ứng dụng rộng rãi trong việc quan trắc trượt lở đất [1], dịch chuyển ngang của các lớp địa chất chịu áp lực [2], mái dốc, mái taluy, đập thủy lợi, thủy điện, công trình bảo vệ bờ, ... Đây là các đối tượng có đặc điểm kích thước lớn, nằm trong không gian lớn và quá trình quan trắc được thực hiện trong các giai đoạn rất dài (có thể lên đến hàng chục năm). Ngược lại, quan trắc chuyển dịch ngang tường vây (thành hồ đào) tầng hầm là đối tượng có đặc điểm nhỏ, nằm trong các không gian chật hẹp (không gian cục bộ) và thời gian quan trắc thường ngắn (thường từ 6 đến 12 tháng) tùy thuộc vào thời gian thi công tầng hầm. Như vậy chúng ta có thể thấy đối tượng, phạm vi, quy mô quan trắc chuyển dịch ngang bằng phương pháp Inclinator rất đa dạng và đòi hỏi cần có những yêu cầu đặc thù.

Nội dung của tiêu chuẩn [3] quy định quan trắc trong quá trình thi công hồ đào cần quan trắc chuyển dịch theo phương ngang của kết cấu chống giữ; biến dạng của đường ống ngầm và công trình xung quanh; mực nước ngầm; nội lực trong cọc, tường; lực kéo trong đất; lực dọc trong thanh chống; biến dạng trụ đứng; độ lún theo chiều sâu của các lớp đất và độ trôi đất ở đáy hồ móng; áp lực ngang trên bề mặt kết cấu chống giữ.

Bên cạnh sự đa dạng về đối tượng, phương pháp quan trắc Inclinator còn đa dạng về thiết bị và phần mềm xử lý, biểu diễn số liệu. Thống kê ở Việt Nam hiện nay đang tồn tại một số dòng thiết bị quan trắc Inclinator của các hãng Geokon, GeoSlope (Mỹ), RST Instrument (Canada), ACE (Hàn Quốc), ZC Inclinator (Trung Quốc), ... Tương ứng với các dòng thiết bị nêu trên, việc xử lý, tính toán và biểu diễn số liệu quan trắc chuyển dịch ngang được thực hiện bằng chương trình Microsoft Excel hoặc các phần mềm của mỗi hãng; phổ biến nhất là phần mềm DigiPro2 Inclinator Software của hãng Durham Geo Slope Indicator, Mỹ. Tuy nhiên phần mềm của các hãng thiết bị chỉ phù hợp với thiết bị của hãng và đòi hỏi chi phí cao; việc dùng các phần mềm cũng như việc tính toán, xử lý bằng Microsoft Excel thì không tránh khỏi các nguồn sai số sai lầm và chưa có quy trình tính toán phù hợp số liệu quan trắc. Trong nghiên cứu của Mikkelsen [4] cũng đã chỉ ra rằng cần nghiên cứu phân tích dữ liệu để nâng cao độ chính xác đo chuyển dịch ngang bằng thiết bị Inclinator. Một số nghiên cứu khác [5, 6] cũng đưa ra các khuyến cáo trong quá trình thu thập và xử lý số liệu quan trắc chuyển dịch ngang Inclinator

Trong quan trắc chuyển dịch ngang tường vây tầng hầm yêu cầu tập trung vào nâng cao độ chính xác quan trắc, nâng cao mức độ tin cậy của giá trị quan trắc và phân tích số liệu quan trắc nhằm kiểm soát sự cố có thể xảy ra đối với công trình và công trình lân cận. Nghiên cứu [7] dựa trên kết quả quan trắc 530 công trình hồ đào sâu trong đất mềm yếu, đã đề xuất trị cảnh báo và giá trị giới hạn về chuyển dịch ngang của tường và chuyển dịch đứng của đất lân cận hồ đào, dùng chúng để kiểm soát và phòng ngừa những hư hại có thể xảy ra đối với công trình ở gần hồ đào.

Ở một vấn đề khác đối với hệ thống quan trắc chuyển dịch ngang Inclinator, các tác giả [8] đã chỉ ra rằng biến động điểm đáy của ống Inclinator là không thể tránh khỏi, thậm chí kể cả khi đáy ống được đặt tại các tầng địa chất ổn định vì vậy trong đo chuyển dịch ngang bằng cách áp dụng các

điểm đáy ống như điểm tham chiếu có thể gây ra các sai số sai lầm. Nghiên cứu [9, 10] cũng đã chỉ ra rằng Inclinator là phương pháp hiệu quả để quan trắc trượt lở đất và chuyển dịch ngang của tường chắn trong quá trình đào đất. Tuy nhiên ống dẫn hướng phải được lắp đặt đủ sâu để ổn định điểm đáy ống (điểm tham chiếu) nhằm có được kết quả đáng tin cậy. Vì lý do này ống dẫn hướng Inclinator lắp đặt bên trong tường vây thường được lắp đặt tới tận tầng địa chất ổn định (thường có chiều sâu bằng với các cọc móng và sâu hơn nhiều so với tường vây tầng hầm). Để khắc phục hạn chế này, nghiên cứu của Đông [11] và tiêu chuẩn [12] cùng đề xuất biện pháp dùng tọa độ điểm đỉnh ống để hiệu chỉnh vị trí điểm đáy ống quan trắc.

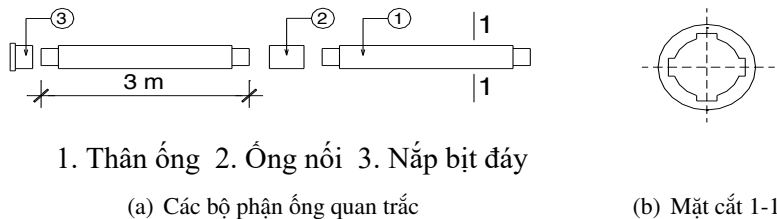
Như vậy có thể thấy ở Việt Nam chưa có nhiều quan tâm về quy trình quan trắc, việc xử lý số liệu và độ chính xác của phương pháp quan trắc chuyển dịch ngang Inclinator. Trong bài báo này, tác giả giới thiệu tổng quát về nguyên lý của phương pháp quan trắc Inclinator. Tiếp theo đó tác giả trình bày về quy trình quan trắc tường vây tầng hầm cùng với một số trao đổi, đánh giá về các kết quả đã đạt được.

2. Thiết bị và nguyên lý quan trắc Inclinator

2.1. Thiết bị quan trắc Inclinator

a. Ống quan trắc

Ống quan trắc (Hình 1) hay còn gọi là ống dẫn hướng hoặc ống Casing của đầu đo Inclinator có các mẫu với đường kính ngoài là 85, 70 và 48 mm, trong ống có bốn rãnh tạo thành hai mặt phẳng vuông góc với nhau qua tâm. Các ống được kéo dài bằng ống nối khi chiều dài lớn hơn 3m và được bịt ở đáy ống. Ống quan trắc thường được làm từ nhựa ABS hoặc kim loại.



1. Thân ống 2. Ống nối 3. Nắp bịt đáy

(a) Các bộ phận ống quan trắc

(b) Mặt cắt 1-1

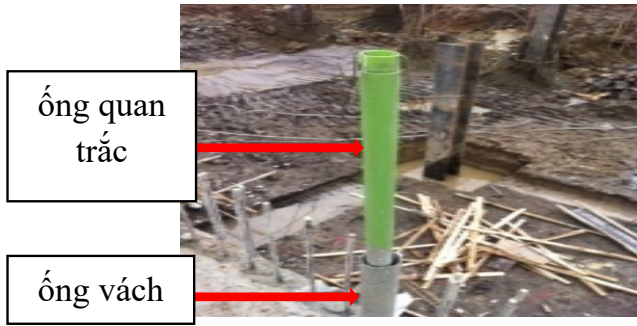
Hình 1. Cấu tạo ống quan trắc đo dịch chuyển ngang

Nó thực hiện chức năng dẫn hướng cho bánh xe của đầu dò đo bởi các rãnh dẫn hướng tạo sẵn bên trong (Hình 1(b)).

Ống quan trắc được lắp đặt trong một ống vách chờ bằng thép D113 gần như thẳng đứng đã được khoan qua các khu vực có áp lực dịch chuyển. Ống quan trắc cũng có thể được đặt trong bờ đắp, bên trong bê tông hoặc được gắn vào các công trình (Hình 2).

b. Đầu dò đo Inclinator

Đầu dò đo Inclinator (Hình 3) có bánh xe chạy theo các rãnh dọc trong ống vách. Nó bao gồm hai gia tốc kế dùng để xác định gia tốc trọng trường theo 2 hướng vuông góc với nhau. Một tốc kế đo độ nghiêng trong mặt phẳng của các bánh xe dò, mặt phẳng này thường được gọi là trục A. Tốc kế còn đo độ nghiêng trong mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng của các bánh xe, mặt phẳng này được gọi là trục B. Các số đọc thu được ở các khoảng cách đều đặn 0,5 m khi đầu dò được kéo từ đáy lên đỉnh của ống quan trắc. Trong phương pháp quan trắc chuyển dịch ngang Inclinator được khuyến cáo chỉ sử dụng một loại đầu dò cho tất cả các chu kỳ quan trắc vì mỗi đầu đo Inclinator có một hệ số cảm biến khác nhau có thể sinh ra các giá trị khác nhau.



Hình 2. Ống vách và ống quan trắc tường vây



Hình 3. Đầu dò quan trắc Inclinator

c. Cáp truyền tín hiệu và hiển thị kết quả

Cáp truyền tín hiệu được sử dụng để kết nối đầu dò với bộ phận thu nhận dữ liệu. Trên cáp truyền tín hiệu được đánh dấu thành các khoảng 0,5 m nhằm giúp việc thu nhận dữ liệu ở mỗi vị trí ống quan trắc một cách đều đặn. Bộ phận thu nhận tín hiệu có thể tích hợp luôn với bộ phận hiển thị kết quả quan trắc (Hình 4(a)) hoặc kết nối qua Bluetooth với bộ phận thu nhận tín hiệu (gọi là sổ tay) như Hình 4(b) và thậm chí hiện nay cũng đã xuất hiện các ứng dụng trên điện thoại thông minh cho phép hiển thị các kết quả (Hình 4(c)).



(a) Máy GeoSlope Indicator



(b) Máy Geokon Indicator



(c) Ứng dụng GK-604D

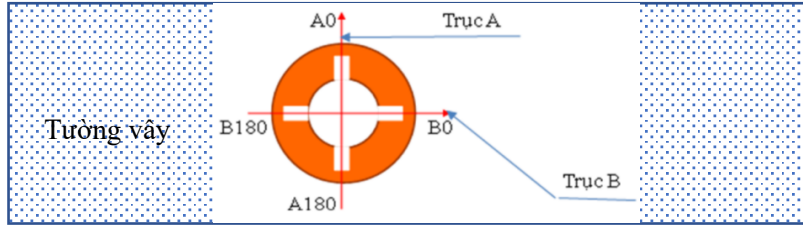
Hình 4. Cáp truyền tín hiệu và bộ phận thu nhận dữ liệu

2.2. Nguyên lý hoạt động

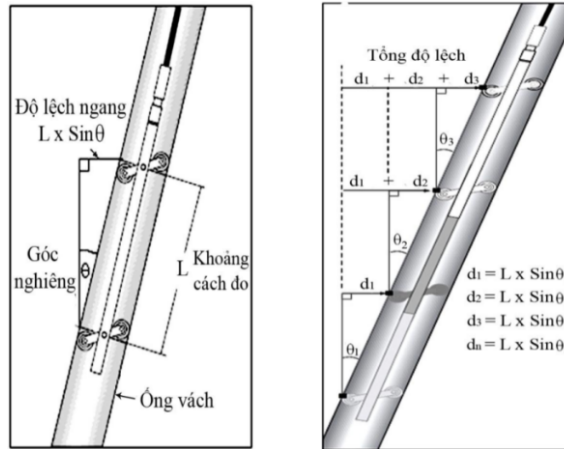
Đo chuyển dịch ngang theo phương pháp Inclinator là phép đo gián tiếp chuyển dịch của đối tượng cần quan trắc thông qua chuyển dịch của ống dẫn hướng. Khi đo chuyển dịch, đầu đo chuyển dịch ngang có bánh xe chạy theo các rãnh dọc theo ống dẫn hướng. Ống dẫn hướng bao gồm hai 2 rãnh mặt phẳng, mặt phẳng thứ nhất quy ước là trục A (thường được quy ước là hướng áp lực tác động lên đối tượng quan trắc) và mặt phẳng vuông góc hướng áp lực là trục B (Hình 5).

Trên Hình 6, độ lệch ngang cho từng vị trí đo dọc theo ống quan trắc và ở mỗi vị trí hướng quan trắc A hoặc B, được xác định theo công thức (1).

$$d_i = L \sin \theta_i \quad (1)$$



Hình 5. Các hướng quy ước quan trắc Inclinator



Hình 6. Giá trị chuyển dịch ngang của ống Inclinator

trong đó d_i là độ lệch ngang giữa hai điểm đo liên nhau dọc theo ống quan trắc; L là khoảng cách đo giữa hai điểm liên nhau (thường là 50 cm); θ_i là góc nghiêng so với phương thẳng đứng ở điểm đo thứ i .

Trên thực tế số liệu đo được hiển thị trên thiết bị quan trắc và xuất ra là giá trị tín hiệu điện. Giá trị này có mối quan hệ với hằng số thiết bị quan trắc và giá trị góc nghiêng biểu diễn theo công thức (2).

$$D = IC \sin \theta \quad (2)$$

trong đó D là giá trị đo tại mỗi vị trí (theo hướng trục quan trắc A hoặc B); IC là hằng số quan trắc của thiết bị đo chuyển dịch ngang.

Trong phép đo mỗi trục, ở lần đo đầu quy ước hướng “0°” và lần đo thứ hai là “180°” khi đảo chiều đầu dò, lưu ý rằng số liệu đo hướng A_0 và A_{180} sẽ có dấu ngược nhau. Quy trình đo hai theo 2 phương như này cho phép loại bỏ sai số sai lầm của tín hiệu có thể xảy ra trong quá trình đo. Khi đó giá trị số liệu đo tại mỗi vị trí được tính bằng trị trung bình giá trị hai phương “0°” và “180°” theo công thức (3).

$$D = \frac{A_0 - A_{180}}{2} \quad (3)$$

trong đó A_0 là giá trị đo theo phương “0°” của trục A; A_{180} là giá trị đo theo phương “180°” của trục A.

Công thức (4) thể hiện giá trị độ lệch ngang của ống dẫn hướng (ví dụ theo hướng trục A) ở từng vị trí đo so với phương thẳng đứng. Công thức (4) được xác định dựa trên mối quan hệ giữa công thức

(2) và (3).

$$d_i = L \sin \theta_i = L \frac{D}{IC} = L \frac{A_0 - A_{180}}{2IC} \quad (4)$$

Giá trị độ lệch ngang của một ống quan trắc là tổng độ lệch ngang các khoảng đo 50 cm và được tính từ đáy ống quan trắc, nó được ký hiệu là d và được tính theo công thức (5).

$$d = d_1 + d_2 + d_3 + d_i + \dots + d_n \quad (5)$$

trong đó d là độ lệch ngang của ống quan trắc; d_i là độ lệch ngang từng đoạn đo 50 cm.

Ở mỗi thời điểm quan trắc chúng ta có thể đo được độ lệch ngang tại từng đoạn 50 cm dọc theo ống quan trắc và xác định được độ lệch ngang tổng cộng của ống quan trắc. Sự thay đổi giá trị độ lệch ngang d_i tại mỗi khoảng đo 50 cm và độ lệch ngang tổng cộng d giữa các thời điểm quan trắc sẽ được hiểu là sự chuyển dịch ngang của ống quan trắc. Chuyển dịch được tính bằng cách lấy độ lệch ngang hiện tại trừ đi độ lệch ngang thời điểm ban đầu.

2.3. Độ chính xác của phương pháp

Càng lên cao sai số của việc đo dịch chuyển bằng Inclinator càng lớn do có tích lũy sai số và điểm có sai số lớn nhất là điểm miệng ống dẫn hướng ở trên mặt đất. Theo tài liệu lý lịch máy của thiết bị hãng Durham Geo Slope Indicator [13] cung cấp sai số hệ thống khoảng $\pm 0,25$ mm với mỗi số đọc (tương ứng với mỗi đoạn đo 50 cm) hoặc ± 6 mm tích lũy trên 50 số đọc (tương ứng chiều dài ống quan trắc là 25 m).

Theo tài liệu [13] đã chỉ ra đối với 1 số đọc, sai số ngẫu nhiên được tìm thấy là 0,007 inches (0,1778 mm) và sai số hệ thống được xác định là 0,005 inches (0,127 mm). Mặt khác, sai số ngẫu nhiên tỷ lệ thuận với căn bậc 2 tổng số số đọc gia tăng trong khi sai số hệ thống tỷ lệ thuận với tổng số số đọc gia tăng. Tổng sai số ngẫu nhiên trên 50 số đọc gia tăng có thể tính như sau:

$$T = a + b = 0,007 \times \sqrt{50} + 0,005 \times 50 = 0,300 \text{ inch (7,62 mm)}$$

trong đó T là sai số tổng hợp trên 50 số đọc; a là sai số ngẫu nhiên; b là sai số hệ thống.

Sai số hệ thống là nguồn sai số lớn và có thể hiệu chỉnh được, tuy nhiên vấn đề sai số của phương pháp quan trắc chuyển dịch ngang Inclinator ở Việt Nam còn chưa có nhiều nghiên cứu thực nghiệm để đánh giá.

3. Quy trình quan trắc Inclinator tường vây tầng hầm

3.1. Công tác ngoại nghiệp

Ngoại nghiệp là công tác lắp đặt hệ thống các ống quan trắc, kiểm tra thiết bị và tiến hành đo đạc thu thập số liệu quan trắc. Việc thu thập số liệu quan trắc ngoại nghiệp, đặc biệt với số liệu ở thời điểm đo đầu tiên, rất quan trọng vì trong quá trình quan trắc luôn xuất hiện rất nhiều yếu tố ngoại cảnh tác động. Trong phần này chúng tôi chỉ đề cập quy trình chung thu thập số liệu quan trắc chuyển dịch ngang của phương pháp Inclinator.

Như đã trình bày ở trên, trong ống dẫn hướng quan trắc Inclinator gồm có hai hướng đo A và B vuông góc với nhau và có thể coi đó là hệ trục tọa độ giả định x, y của mỗi trị đo Inclinator tại một ống dẫn hướng. Trước khi tiến hành đo phải kết nối đầu đo với cáp truyền tín hiệu, điều chỉnh các bánh xe vào hướng A_0-A_{180} của ống dẫn hướng rồi thả đầu đo tới đáy ống quan trắc bằng ròng rọc (hoặc tời). Giữ đầu đo ở đáy ống dẫn hướng khoảng 2-3 phút để đầu đo tự điều chỉnh với nhiệt độ bên

trong ống. Sau đó kéo đầu đo lên một cách từ từ bên trong ống quan trắc đến các khoảng cách nhau 50 cm (nhờ hệ thống dầu trên dây cáp nổi), chờ cho giá trị trên màn hình của thiết bị đọc số ổn định rồi ghi hoặc lưu số liệu. Lần lượt đo cho tới khi đầu đo lên đến miệng ống thu được chuỗi số liệu A_0 . Lập lại trình tự thao tác như trên nhưng xoay đầu đo ngược 180° với hướng vừa đo sẽ thu được chuỗi số liệu A_{180} . Như vậy mỗi lần đo cần tiến hành quy trình lấy số liệu 2 lần ở 2 hướng ngược chiều nhau của đầu dò.

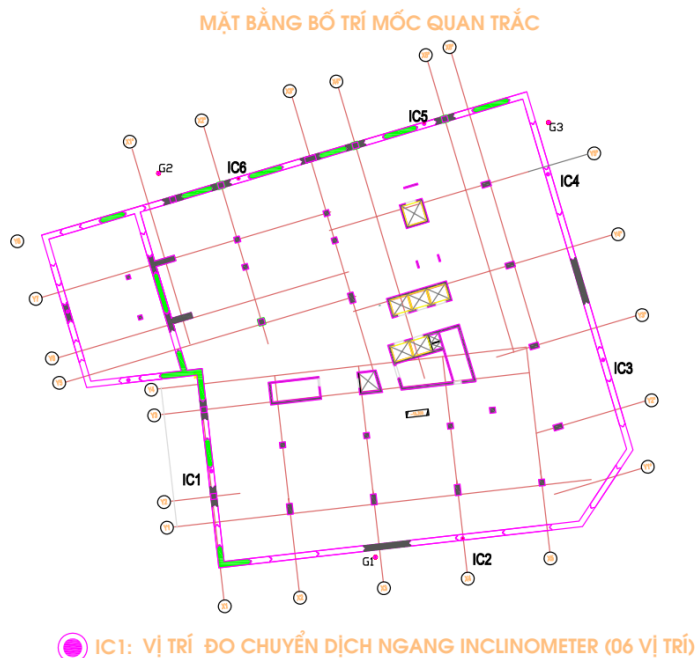
Ở thời điểm đo đầu tiên ngay sau khi lắp đặt cần tiến hành đo vài lần rồi lấy giá trị trung bình của các lần đo để tăng độ chính xác của số liệu ban đầu. Giá trị chuyển dịch ngang được xác định thông qua so sánh kết quả quan trắc lần đầu tiên với giá trị thu được của những thời điểm quan trắc tiếp theo. Giá trị chuyển dịch ngang của ống quan trắc và có thể hiểu là sự dịch chuyển ngang của đối tượng quan trắc.

Ngoài ra số liệu đo còn cung cấp những thông số khác như tổng chuyển dịch tích lũy từ đáy ống đến điểm quan trắc ở độ sâu bất kỳ, sai số hệ thống giữa hai ngược chiều nhau ở cùng điểm đo, sai số tích lũy, ...

3.2. Công tác nội nghiệp

Đây là công tác xử lý, biểu diễn, phân tích và đánh giá các số liệu quan trắc thu thập được. Dựa trên các kết quả này để đưa ra các nhận định về mức độ ổn định của đối tượng quan trắc chuyển dịch ngang.

Trên cơ sở lý thuyết quan trắc chuyển dịch ngang, chúng tôi đã xử lý số liệu quan trắc chuyển dịch ngang tường vây tầng hầm công trình “Xây dựng Trụ sở cơ quan Thành ủy Hà Nội” tại địa điểm: số 04 phố Lê Lai, số 07 và số 09 phố Ngô Quyền, số 08 phố Tông Đản, phường Lý Thái Tổ, quận Hoàn Kiếm, Hà Nội. Đây là công trình có qui mô xây dựng tòa nhà 09 tầng nổi, 01 tầng lửng và 04 tầng



Hình 7. Sơ đồ vị trí các ống quan trắc Inclinator

hầm. Trong quá trình thi công móng và phần ngầm công trình theo biện pháp đào đất TopDown, yêu cầu quan trắc chuyển dịch ngang hệ thống tường vây tầng hầm bằng phương pháp Inclinator.

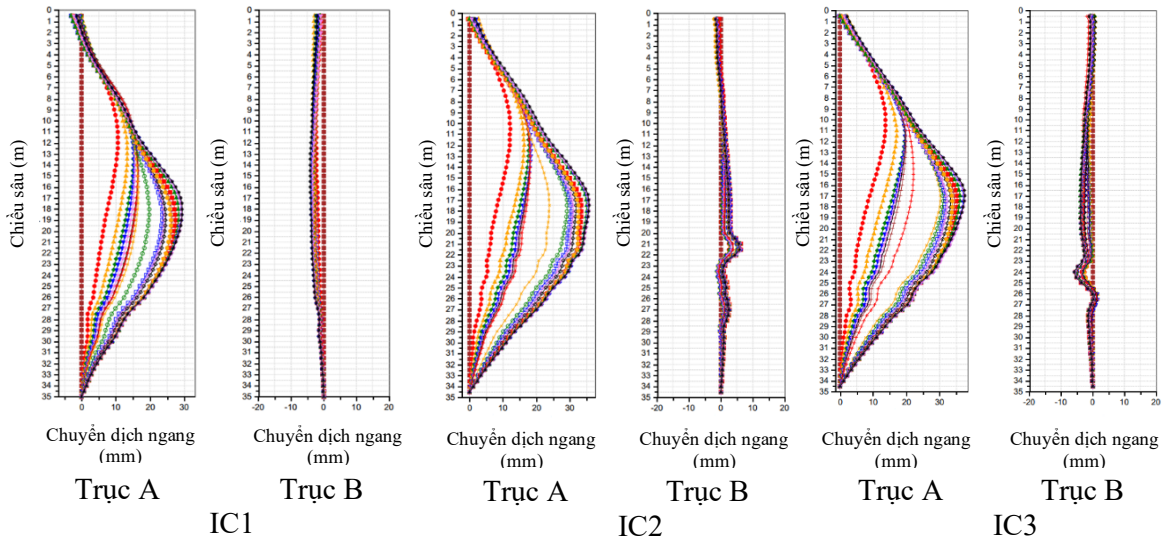
Đối với hệ thống quan trắc chuyển dịch ngang bằng Inclinator, đã lắp đặt các ống quan trắc đường kính D70 (ống Casing) bên trong ống vách (ống siêu âm) đường kính D113 của tường vây tầng hầm. Ống quan trắc Inclinator được lắp đặt tại 06 vị trí (Hình 7) xung quanh hệ thống tường vây (vị trí ống quan trắc do đơn vị Tư vấn thiết kế chỉ định), chiều sâu lắp đặt ống tại mỗi vị trí là 35 m. Thiết bị quan trắc dịch chuyển ngang Inclinator là máy GK604-D do hãng Geokon (Mỹ) sản xuất.

Kết quả giá trị chuyển dịch ngang 26 lần quan trắc được xử lý bằng phần mềm DigiPro 2 rồi biên tập kết quả trong Bảng 1 và trình bày biểu đồ dịch chuyển của các ống Inclinator từ IC1 đến IC3 trong Hình 8.

Bảng 1. Tổng hợp giá trị chuyển dịch lớn nhất của các ống quan trắc Inclinator (Hướng trục A - hướng áp lực tác động vào tường vây tầng hầm)

Chu kỳ	Thời gian đo	I-01		I-02		I-03		I-04		I-05		I-06	
		Độ lệch lớn nhất	Độ sâu chuyển vị lớn nhất	Độ lệch lớn nhất	Độ sâu chuyển vị lớn nhất	Độ lệch lớn nhất	Độ sâu chuyển vị lớn nhất	Độ lệch lớn nhất	Độ sâu chuyển vị lớn nhất	Độ lệch lớn nhất	Độ sâu chuyển vị lớn nhất	Độ lệch lớn nhất	Độ sâu chuyển vị lớn nhất
		(mm)	(m)	(mm)	(m)	(mm)	(m)	(mm)	(m)	(mm)	(m)	(mm)	(m)
CK01	01/06/2018	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
CK02	08/06/2018	0,21	10,0	0,94	0,5	0,80	1,5	1,07	0,5	0,45	22,0	0,76	11,5
CK03	15/06/2018	2,58	6,0	1,96	5,0	2,20	5,5	2,65	0,5	1,54	1,0	2,96	6,0
CK04	22/06/2018	2,91	7,5	3,32	6,0	4,54	7,5	4,31	7,0	3,40	5,0	3,35	7,0
CK05	29/06/2018	3,66	7,0	5,09	6,0	5,62	7,5	5,45	6,0	4,57	3,5	4,14	6,0
CK06	06/07/2018	5,18	9,0	4,60	7,0	8,00	7,5	7,45	8,0	5,68	8,0	10,52	10,5
CK07	13/07/2018	10,63	12,0	12,12	10,5	13,71	10,0	15,36	10,5	11,48	10,5	11,87	11,0
CK08	20/07/2018	13,34	13,0	16,29	12,0	17,04	11,0	18,84	10,5	14,44	12,0	13,61	12,0
CK09	27/07/2018	15,20	13,0	17,73	12,0	19,56	11,0	19,59	10,5	14,86	13,0	14,04	12,5
CK10	30/07/2018	15,26	14,0	18,35	12,0	19,61	11,5	19,51	11,0	14,50	13,0	14,59	13,0
CK11	03/08/2018	15,65	14,0	18,21	12,0	19,76	11,5	19,65	11,5	15,60	14,0	17,72	16,5
CK12	05/08/2018	16,36	14,5	18,04	13,0	19,66	11,5	20,00	12,0	16,96	21,0	21,30	17,0
CK13	08/08/2018	16,60	14,5	18,05	13,5	19,82	12,0	20,48	13,0	19,75	21,0	22,21	17,5
CK14	11/08/2018	16,31	15,0	18,14	13,5	22,12	15,0	23,75	16,5	25,01	21,0	23,29	17,5
CK15	14/08/2018	16,53	16,5	23,84	17,5	30,25	17,0	29,83	17,5	27,08	21,0	23,74	18,0
CK16	17/08/2018	19,70	18,0	29,18	18,0	31,03	17,5	30,25	17,5	27,65	21,5	24,06	18,0
CK17	20/08/2018	23,60	18,5	30,34	18,0	31,83	17,5	30,81	17,5	28,72	21,0	24,60	18,0
CK18	23/08/2018	24,15	19,0	31,04	18,0	32,25	17,5	31,19	17,5	29,14	21,0	25,08	17,5
CK19	26/08/2018	24,54	19,0	31,84	18,0	33,35	17,5	31,65	17,5	29,29	21,0	25,41	17,5
CK20	03/09/2018	26,44	19,0	33,10	18,0	34,51	17,5	32,56	17,5	30,31	21,0	25,86	17,5
CK21	10/09/2018	27,43	19,0	33,51	18,0	35,33	17,5	35,55	17,5	30,99	21,0	26,40	17,5
CK22	17/09/2018	26,05	19,0	32,62	18,0	33,85	17,5	34,35	17,5	29,89	21,0	24,51	18,0
CK23	24/09/2018	28,40	18,5	34,99	18,0	36,09	17,0	36,48	17,0	31,35	21,0	27,30	17,5
CK24	01/10/2018	29,20	18,5	35,49	17,5	37,17	17,0	37,23	17,0	31,51	21,0	27,95	17,5
CK25	08/10/2018	29,21	18,5	35,64	17,5	37,40	17,0	37,38	17,0	31,81	21,0	28,14	17,5
CK26	16/10/2018	29,40	18,0	35,73	17,5	37,54	17,0	37,44	17,0	31,32	21,0	28,32	17,5

Theo số liệu từ Bảng 1, chúng ta có thể thấy được các giá trị chuyển dịch lớn nhất tại các vị trí ống quan trắc Inclinator theo hướng trục A (hướng áp lực tác động vào tường vây tầng hầm) ở các thời điểm đo (các chu kỳ). Giá trị dịch chuyển lớn nhất, trong mỗi thời điểm đo, tại mỗi ống quan trắc có thể xuất hiện ở những độ sâu khác nhau. Ví dụ ở vị trí quan trắc ống Inclinator IC1, giá trị chuyển dịch lớn nhất ở mỗi chu kỳ tăng dần từ một vài milimet (chu kỳ 2-6) tới khoảng 3 cm ở những chu kỳ cuối cùng. Điều này cho thấy áp lực tác dụng lên tấm tường vây tầng dần theo quá trình thi công đào đất. Kết quả quan trắc của chu kỳ 26, giai đoạn đã thi công xong phần móng và 3 tầng hầm công trình, chúng ta có thể thấy giá trị chuyển dịch tại sáu vị trí quan trắc của hệ thống tường hầm nằm trong khoảng 28 đến 37 mm.



Hình 8. Biểu đồ dịch chuyển các ống quan trắc Inclinator IC1-2-3 thể hiện kết quả 21 Chu kỳ đo

Hình ảnh biểu đồ chuyển dịch (Hình 8) của hệ thống tường vây tầng hầm ở các vị trí ống quan trắc từ IC1 đến IC3 (biểu đồ các ống IC4 đến IC6 không thể hiện ở đây) biểu diễn giá trị chuyển dịch ngang theo phương trục hoành với đơn vị tính là milimet, còn trục tung biểu diễn độ sâu quan trắc với đơn vị tính là mét. Các biểu đồ này cho chúng ta thấy rõ ràng áp lực chủ yếu tác động theo trục A và đều hướng vào phía trong công trình. Áp lực theo hướng trục B không đáng kể, khoảng vài milimet, và có hướng tác động không đồng đều. Điều này cho thấy hướng áp lực thực tế tác dụng lên hệ thống tường vây không hoàn toàn thẳng góc theo hướng trục A. Từ hình ảnh biểu đồ dịch chuyển tường vây ở các vị trí quan trắc, chúng ta còn thấy được áp lực lớn nhất tác động lên tường vây nằm ở tầng địa chất có độ sâu từ 17 đến 21 m so với mặt đất, điều này phù hợp với các giá trị chuyển dịch lớn nhất được thống kê theo vị trí chiều sâu tương ứng ở Bảng 1.

4. Thảo luận và đánh giá

Qua phân tích đánh giá, phương pháp Inclinator được xem là phù hợp với thực tế và có thể áp dụng rộng rãi trong việc quan trắc chuyển dịch ngang tường vây nhà cao tầng ở Việt Nam. Phương pháp này có những ưu điểm cho phép quan trắc trong không gian chật hẹp và biểu diễn được chi tiết dịch chuyển ngang của toàn bộ tấm tường vây theo chiều sâu. Hướng tới việc phát triển quản lý cơ sở dữ liệu BIM (Building Information Modeling) và áp dụng thêm nguyên lý Inclinator đo tĩnh còn mở ra khả năng phát triển việc thu thập số liệu quan trắc tự động, phân tích, cảnh báo liên tục theo thời gian thực đối với các hệ thống tường chắn trong quá trình vận hành sử dụng với các đối tượng khác (như hệ thống đập thủy lợi, thủy điện, tường chắn mái dốc taluy hệ thống đường giao thông, ...).

Phương pháp xử lý số liệu quan trắc chuyển dịch ngang Inclinator hiện nay được thực hiện dựa trên các công cụ xử lý của các hãng sản xuất thiết bị hoặc phần mềm Microsoft Excel. Cơ sở lý thuyết xử lý số liệu của các hãng khác nhau đòi hỏi công tác xử lý nội nghiệp bằng Microsoft Excel cần có hiểu biết cụ thể và sự cẩn thận để tránh được sai số sai lầm. Điều này đặt ra yêu cầu cần có những phần mềm Việt hoá hỗ trợ xử lý số liệu cho các loại thiết bị quan trắc Inclinator khác nhau.

Ở khía cạnh khác, phương pháp Inclinator còn thiếu các quy định kỹ thuật phù hợp với các công tác quan trắc chuyển dịch ngang công trình ở Việt Nam. Mặc dù ở mục 4.4.1.4 của tiêu chuẩn

TCVN 9364:2012 [14] có đề cập đến phương pháp quan trắc Inclinator với độ chính xác 1 mm nhưng chưa có căn cứ minh chứng và chưa có tài liệu nào đề cập đến các giới hạn chuyển dịch cho phép trong quá trình quan trắc chuyển dịch ngang với đối tượng tường vây tầng hầm ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- [1] Simeoni, L., Mongiovi, L. (2007). [Inclinometer monitoring of the Castelrotto landslide in Italy](#). *Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering*, 133(6):653–666.
- [2] Green, G. E., Mikkelsen, P. E. (1988). Deformation measurements with inclinometers. *Transportation Research Record*, (1169).
- [3] The People's Republic of China industry standard (1999). *Technical Specification for Retaining and Protection of Building Foundation Excavations (JGJ120-99)*. China Academy of Building Research, Beijing.
- [4] Mikkelsen, P. E. (2003). Advances in inclinometer data analysis. *Symposium on field Measurements in Geomechanics, FMGM*, Oslo, Norway.
- [5] Dũng, L. N. (2018). *Nghiên cứu, phân tích đánh giá phương pháp quan trắc chuyển dịch ngang Inclinator*. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường, Đại học Xây dựng.
- [6] Dũng, L. N. (2019). *Nghiên cứu xây dựng chương trình tính toán và biểu diễn số liệu quan trắc chuyển dịch ngang công trình*. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường, Đại học Xây dựng.
- [7] Moormann, C. (2004). [Analysis of wall and ground movements due to deep excavations in soft soil based on a new worldwide database](#). *Soils and Foundations*, 44(1):87–98.
- [8] Hwang, R. N., Moh, Z.-C., Wang, C. H. (2007). Toe movements of diaphragm walls and correction of inclinometer readings. *Journal of GeoEngineering*, 2(2):61–71.
- [9] Stark, T. D., Choi, H. (2008). [Slope inclinometers for landslides](#). *Landslides*, 5(3):339.
- [10] Rahman, A., Taha, M. (2005). Geotechnical performance of embedded cast-in-situ diaphragm walls for deep excavations. *Slovak Journal of Civil Engineering*, 3:30–38.
- [11] Đông, T. N. (2014). *Nghiên cứu phương pháp trắc địa quan trắc, phân tích biến dạng nền móng và tầng hầm công trình nhà cao tầng trong giai đoạn thi công xây dựng*. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ - Địa chất.
- [12] ASTM D6230 - 13. *Standard Test Method for Monitoring Ground Movement Using Probe-Type Inclinator*. ASTM International.
- [13] DurhamGeo.com. [Inclinometer accuracy](#). Durham Geo Slope Indicator. Truy cập ngày 03/03/2020.
- [14] TCVN 9364:2012. *Nhà cao tầng – kỹ thuật đo đạc phục vụ công tác thi công*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.