

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG KẾT HỢP PHƯƠNG PHÁP TRẮC ĐỊA VÀ INCLINOMETER TRONG QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH NGANG CÔNG TRÌNH THỦY LỢI-THỦY ĐIỆN

TS. HOÀNG XUÂN THÀNH
Trường Đại học Thủy Lợi

Tóm tắt:

Việc quan trắc chuyển dịch ngang bằng phương pháp Trắc địa thường chỉ thực hiện trên bề mặt, trong khi nhiều công trình đòi hỏi phải quan trắc chuyển dịch của cả những lớp đất đá, vật liệu ở trong lòng và phần móng công trình. Bài báo đã nghiên cứu việc kết hợp giữa phương pháp đo đạc Trắc địa và thiết bị quan trắc Địa kỹ thuật nhằm mục đích nâng cao hiệu quả của công tác quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình.

I. Đặt vấn đề

Có nhiều phương pháp quan trắc chuyển dịch ngang của công trình, nhưng theo đặc điểm chuyên môn được phân thành hai nhánh chính: phương pháp Trắc địa và phương pháp Địa kỹ thuật. Phương pháp Trắc địa đã được thực hiện từ rất lâu ở các công trình xây dựng, thủy lợi-thủy điện... Ưu điểm của các phương pháp trắc địa là cung cấp độ chính xác cao, tuy nhiên một nhược điểm rất lớn là chỉ phát hiện được chuyển dịch bề mặt của các hạng mục công trình. Trong khi đó một số công trình như đập, hầm, cống... yêu cầu quan trắc chuyển dịch ngầm của các lớp đất đá, vật liệu cấu thành nằm trong lòng công trình và rất khó tiếp cận khi công trình đã hoàn thiện.

Để quan trắc chuyển dịch ngang ngầm của các lớp đất đá, vật liệu cấu thành theo phương pháp Địa kỹ thuật hiện nay thường sử dụng loại thiết bị chuyên dùng Inclinometer. Phát hiện các chuyển dịch này giúp các nhà quản lý sớm nhận biết được các biến dạng nguy hiểm bên trong công trình để có biện pháp đảm bảo an toàn khi vận hành công trình. Tuy nhiên phương pháp này cũng có nhược điểm là chỉ xác

định được chuyển dịch tương đối của các lớp đất đá so với một điểm nằm ở dưới sâu không thể tiếp cận được trong lòng đất.

Vì vậy chúng tôi nghiên cứu sử dụng kết hợp phương pháp Trắc địa và thiết bị Inclinometer để tăng hiệu quả sử dụng của các loại thiết bị này và đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật.

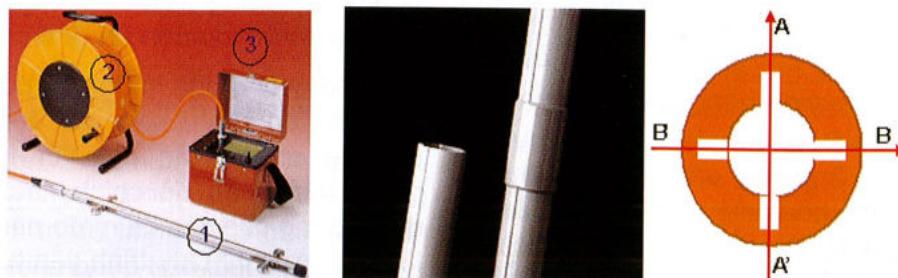
II. Nghiên cứu sử dụng kết hợp phương pháp Trắc địa với Inclinometer trong quan trắc chuyển dịch công trình

2.1. Cấu tạo và ứng dụng Inclinometer trong quan trắc chuyển dịch ngang công trình

Inclinometer là thiết bị đo độ chuyển dịch ngang và độ nghiêng của các cấu kiện xây dựng. Cấu tạo của Inclinometer thể hiện trong hình 1 gồm bốn bộ phận chính: (1) đầu đo (Inclinometer Probe), (2) cáp tín hiệu (Signal Cable), (3) thiết bị đọc số (Read-out Unit) và các ống dẫn hướng (Inclinometer Casing). (Xem hình 1)

Thiết bị đọc số thu nhận tín hiệu từ đầu đo và hiển thị các số đọc lên màn hình tinh thể lỏng. Ngoài việc hiển thị số đọc, thiết bị đọc số còn cho phép lưu trữ và quản lý dữ liệu trong bộ nhớ của nó. Các hãng sản xuất

Hình 1: Bộ thiết bị Inclinometer, ống dẫn hướng và mặt cắt ngang của nó



thiết bị Inclinometer cũng cung cấp phần mềm xử lý và phân tích kết quả quan trắc kèm theo. Hiện nay trên thế giới có nhiều hãng nổi tiếng sản xuất Inclinometer như Soil Instrument (Anh), Slope Indicator (Mỹ), Geokon (Mỹ), RST (Canada), Shanghai Vigor Technology Co Ltd (China)... Các thiết bị này đã bước đầu được lắp đặt và sử dụng ở một số công trình thuỷ lợi tại Việt Nam.

Việc lắp đặt ống dẫn hướng tại những vị trí đặc trưng trên công trình phải tiến hành ngay trong quá trình thi công móng công trình để đáy ống có thể neo được vào lớp nền ổn định và việc điều chỉnh ống thẳng đứng cũng thực hiện dễ dàng hơn. Khi đặt ống dẫn hướng cần lưu ý định hướng các rãnh của ống cho phù hợp [2]. Trong trường hợp dùng Inclinometer để quan trắc chuyển dịch ngang của các đập ngăn nước, trục

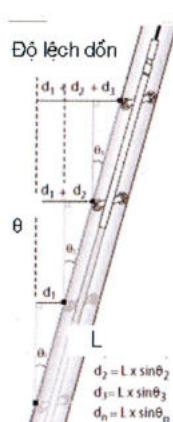
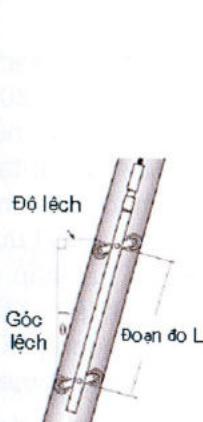
A-A' của ống phải được đặt theo hướng tác dụng lớn nhất của áp lực ngang.

Như đã thể hiện ở hình 1, trong ống dẫn hướng Inclinometer có hai trục đo A-A' và BB' và đó là hệ trục tọa độ giả định x, y của Inclinometer. Mỗi kết quả đo được đọc tại các cao trình đã định sẵn (cách nhau 0.5m, 1m hoặc 2m). Khi đo theo hướng A – A' ta thu được chuỗi số liệu A0 và sau đó xoay đầu đo ngược 180° với hướng vừa đo (A' – A) sẽ thu được chuỗi số liệu A180. Từ đó tính được chuỗi giá trị trung bình x đo trên trục A – A' theo công thức:

$$x_i = \frac{A0, - A180}{2} \quad (1)$$

trong đó $i = 1 \dots n$, với n là số lượng các giá trị thu được khi đầu đo di chuyển từ đáy đến miệng ống dẫn hướng.

Hình 2: Quan trắc bằng Inclinometer tại hiện trường



Tiếp theo, thả đầu đo theo hướng B – B' vuông góc với hướng A – A', làm tương tự sẽ tính được chuỗi giá trị $y_1, y_2 \dots y_n$. Từ hình 2 có thể thấy rằng các giá trị x_i, y_i (là các giá trị d_i) được xác định bằng cách so sánh với điểm tham chiếu nằm ở đáy ống dẫn hướng. Trong trường hợp đáy của ống dẫn hướng không ổn định phải xây dựng thuật toán để xác định giá trị chuyển dịch bằng cách so sánh với điểm tham chiếu là miệng ống.

Giá trị chuyển dịch ngang được xác định thông qua so sánh kết quả quan trắc lần đầu tiên (chu kỳ 0) với giá trị thu được của những chu kỳ tiếp theo. Chênh lệch dx_i, dy_i giữa các chu kỳ đo chính là giá trị dịch chuyển các lớp theo trục A–A', B–B' tương ứng của Inclinometer được tính toán tự động bằng phần mềm của máy. Ngoài ra phần mềm còn cung cấp những thông số khác như tổng dịch chuyển tích lũy từ đáy ống đến điểm đo có độ sâu bất kỳ, sai số giữa 2 chiều đo lệch nhau 180° của cùng điểm đo, sai số tích lũy... và xây dựng 2 biểu đồ dịch chuyển theo 2 trục A–A' và B–B' của mỗi lần quan trắc từ các số liệu này.

Đầu đọc số của Inclinometer cho phép đọc số với giá trị hiển thị tới 0.1mm, độ dịch chuyển có độ chính xác là $\pm 0.25\text{mm}$ đối với mỗi chiều dài 0.5m của ống dẫn hướng. Tuy nhiên các giá trị thu được chỉ thể hiện chuyển dịch tương đối của các lớp đất đá so với đáy ống nằm dưới sâu không tiếp cận được, nếu điểm này không ổn định sẽ khiến kết quả quan trắc không chính xác. Ngoài ra, chuyển dịch của các lớp vật liệu dưới nền móng có thể gây ra hiện tượng vữa xoắn ống dẫn hướng, gây ra sai số xác định độ dịch chuyển. Do đó, để xác định chính xác độ chuyển dịch ngang, ngoài đo Inclinometer cần thiết phải kết hợp với các thiết bị Trắc địa, tốt nhất là sử dụng máy thu GPS hoặc máy toàn đạc điện tử.

2.2. Nghiên cứu sử dụng kết hợp máy thu GPS hoặc máy toàn đạc điện tử với

Inclinometer

2.2.1. Trường hợp đáy ống dẫn hướng được gắn vào lớp nền ổn định

Khi đáy ống dẫn hướng đã được gắn vào lớp nền ổn định, việc sử dụng kết hợp phương pháp Trắc địa với Inclinometer nhằm nâng cao độ chính xác đo chuyển dịch ngang của các điểm đo nằm sâu trong lòng công trình. Quy trình tiến hành gồm có hai bước: (1) Xác định tọa độ của các tâm ống dẫn hướng Inclinometer trong hệ tọa độ Trắc địa và (2) Xác định độ dịch chuyển của các vị trí đo Inclinometer với độ chính xác được nâng cao.

Tọa độ Trắc địa của tâm các miệng ống dẫn hướng Inclinometer trên mặt đất cần được xác định trong mỗi chu kỳ quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử hoặc máy thu GPS, tuy nhiên xung quanh khu vực quan trắc phải có ít nhất 2 mốc khống chế mặt bằng cơ sở.

Theo phương pháp đo GPS, nếu khu vực đo quang đãng bảo đảm góc quan sát vệ tinh và ít bị ảnh hưởng do sai số đường dẫn thì có thể đặt máy thu GPS đúng tại tâm của miệng ống dẫn hướng Inclinometer. Đồng thời hai máy thu khác được đặt tại điểm khống chế cơ sở, tiến hành đo tương đối theo chế độ đo tĩnh và bình sai bằng phần mềm chuyên dụng sẽ thu được tọa độ điểm tâm của ống dẫn hướng Inclinometer.

Trường hợp sử dụng máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao (TC-2002, TC-1800) thì máy được đặt tại các điểm khống chế lưới quan trắc cơ sở, gương phản xạ đặt tại tâm của ống dẫn hướng và đo theo đồ hình giao hội cạnh hoặc giao hội góc-cạnh. Lưu ý là phải sử dụng gương mini và hạ thấp chiều cao gương để tránh sai số định tâm. Kết quả thu được tọa độ của điểm đặt gương, cũng là tâm của ống dẫn hướng của Inclinometer.

Như vậy, trong mỗi chu kỳ quan trắc, tâm

của ống dẫn hướng Inclinometer được xác định vị trí chính xác bằng tọa độ trắc địa, và chênh lệch của tọa độ giữa các chu kỳ chính là giá trị chuyển dịch $Q_{x_{TD}}$, $Q_{y_{TD}}$ của tâm miệng ống dẫn hướng trên mặt đất.

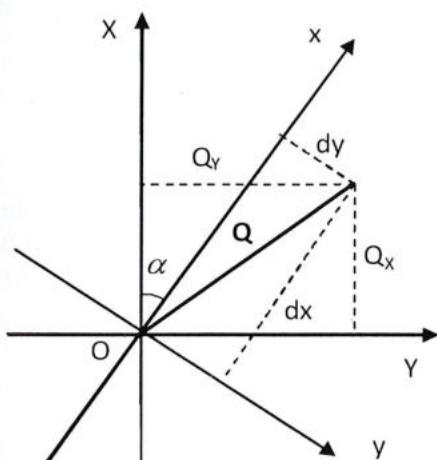
Với phương án đo như trên thì tại mỗi vị trí lắp đặt ống dẫn hướng có 2 loại trị đo chuyển dịch: trị đo bằng Inclinometer và trị đo theo phương pháp trắc địa.

Ký hiệu:

- dx , dy là giá trị chuyển dịch đo bằng Inclinometer

- $Q_{x_{INC}}$, $Q_{y_{INC}}$ là các đại lượng chuyển dịch được tính chuyển về hệ tọa độ trắc địa

- α là góc xoay giữa 2 hệ trục tọa độ Trắc địa và Inclinometer (có thể xác định được bằng phương pháp Trắc địa)



Hình 3: Tính chuyển đổi giữa hai hệ tọa độ trắc địa và Inclinometer

Từ hình 3, áp dụng công thức chuyển đổi Helmert như sau:

$$\begin{cases} Q_{x_{INC}} = dx \cdot \cos \alpha - dy \cdot \sin \alpha \\ Q_{y_{INC}} = dy \cdot \cos \alpha + dx \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (2)$$

Như đã đề cập ở trên, trị đo chuyển dịch bằng Inclinometer được so sánh với điểm tham chiếu là đáy của ống dẫn hướng.

Trường hợp này, ống dẫn hướng được neo chặt vào lớp đá gốc không có chuyển dịch nên trong các chu kỳ đo, điểm này không có sai số. Đầu đo càng di chuyển lên cao sai số của việc đo chuyển dịch bằng Inclinometer càng lớn và điểm có sai số lớn nhất là điểm trên miệng ống dẫn hướng ở mặt đất. Căn cứ vào lý lịch của thiết bị do nhà sản xuất cung cấp, mỗi lần đầu đo di chuyển 0.5m trong ống dẫn hướng thì sẽ đọc số với sai số mắc phải là 0.25mm, và khi chiều dài của ống dẫn hướng là 25m thì sai số tích lũy là 6mm. Nói cách khác, đây chính là sai số của các giá trị chuyển dịch $Q_{x_{INC}}$, $Q_{y_{INC}}$ tính được theo công thức (2).

Mặt khác, đo chuyển dịch của miệng ống dẫn hướng bằng phương pháp trắc địa như đã đề cập ở trên có độ chính xác cao hơn hẳn đo bằng Inclinometer, nên có thể coi $Q_{x_{TD}}$, $Q_{y_{TD}}$ là giá trị thực của chuyển dịch. Độ chênh lệch của giá trị này với giá trị tương ứng đo bằng Inclinometer $Q_{x_{INC}}$, $Q_{y_{INC}}$ được coi là sai số của đo chuyển dịch bằng Inclinometer ký hiệu là δ_x , δ_y . Sai số theo các trục tọa độ tính theo công thức:

$$\begin{cases} \delta_x = Q_{x_{INC}} - Q_{x_{TD}} \\ \delta_y = Q_{y_{INC}} - Q_{y_{TD}} \end{cases} \quad (3)$$

Phân phối sai số khép trên cho các điểm đo trong lòng ống dẫn hướng theo nguyên tắc tỷ lệ thuận với khoảng cách từ đáy ống đến điểm đo sẽ xác định được các giá trị chuyển dịch bên trong công trình với độ chính xác được nâng cao:

$$\begin{cases} Q_{x_i} = Q_{x_{INC}} - \frac{D_i}{D} \delta_x \\ Q_{y_i} = Q_{y_{INC}} - \frac{D_i}{D} \delta_y \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó: D_i và D tương ứng là khoảng cách từ đáy ống đến điểm quan trắc i và tổng chiều dài ống dẫn hướng.

Từ các giá trị tính được ở mỗi điểm đo

theo công thức (4) có thể xác định chính xác hướng chuyển dịch γ_i và độ lớn của vector chuyển dịch Q_i theo (5):

$$\begin{cases} Q_i = \sqrt{Q_{x_i}^2 + Q_{y_i}^2} \\ \gamma_i = \arctg \frac{Q_{y_i}}{Q_{x_i}} \end{cases} \quad (5)$$

2.2.2. Trường hợp đáy ống dẫn hướng gắn vào lớp nền không ổn định.

Các trị đo Inclinometer được so sánh với điểm tham chiếu là đáy ống dẫn hướng nên khi đáy ống dẫn hướng được gắn vào lớp nền không ổn định thì bản thân điểm tham chiếu cũng có chuyển dịch, mà độ chuyển dịch đó lại không xác định được trực tiếp. Do vậy cần chọn điểm tham chiếu khác mà độ ổn định của nó có thể xác định được. Kết hợp phương pháp Trắc địa với đo Inclinometer trong trường hợp này nhằm xác định độ chuyển dịch của điểm tham chiếu và giá trị dịch chuyển chính xác của các điểm đo trong lòng công trình. Như vậy quy trình bao gồm hai bước: (1) Tính các trị đo Inclinometer theo điểm tham chiếu mới và (2) Xác định giá trị dịch chuyển chính xác của các điểm đo Inclinometer.

Do điểm đáy của ống dẫn hướng là điểm không tiếp cận được sau khi công trình đã hoàn thiện nên không thể xác định trực tiếp độ chuyển dịch của nó, vì vậy cần chọn điểm tham chiếu là điểm có khả năng xác định được vị trí bằng phương pháp Trắc địa - đó là các miệng ống dẫn hướng Inclinometer. Điều thuận lợi là phần mềm xử lý số liệu đo của Inclinometer cho phép xác định độ dịch chuyển của các điểm đo theo điểm tham chiếu. Vì vậy trong quá trình tính toán bằng phần mềm cần đặt lại điểm tham chiếu của giá trị đo Inclinometer là điểm trên miệng ống dẫn hướng, kết quả thu được là lượng chuyển dịch $Q_{x_{INC}}$, $Q_{y_{INC}}$.

Tuy các điểm miệng ống dẫn hướng không phải là các điểm ổn định, nhưng độ dịch chuyển của nó có thể xác định được bằng máy toàn đạc điện tử hoặc bằng công nghệ GPS như đã đề cập ở phần 2.2.1. Như vậy, trong mỗi chu kỳ quan trắc, tâm của

ống dẫn hướng Inclinometer cần phải định vị chính xác trong hệ tọa độ Trắc địa và chênh lệch tọa độ giữa các chu kỳ chính là giá trị chuyển dịch $Q_{x_{TD}}$, $Q_{y_{TD}}$ của tâm ống dẫn hướng trên mặt đất.

Tính chuyển giá trị chuyển dịch Q_{x_0} , Q_{y_0} của miệng ống dẫn hướng về hệ tọa độ Inclinometer theo công thức Helmert (hình 3):

$$\begin{cases} Q_{x_0} = Q_{x_m} \cdot \cos \alpha + Q_{y_m} \cdot \sin \alpha \\ Q_{y_0} = Q_{y_m} \cdot \cos \alpha - Q_{x_m} \cdot \sin \alpha \end{cases} \quad (6)$$

- trong đó α là góc xoay giữa 2 hệ tọa độ Inclinometer và Trắc địa

Vì xác định tọa độ theo phương pháp Trắc địa có độ chính xác cao nên có thể coi Q_{x_0} , Q_{y_0} là giá trị không chứa sai số. Sử dụng giá trị này để cải chính cho từng trị đo Inclinometer $Q_{x_{INC}}$, $Q_{y_{INC}}$ trong mỗi ống dẫn hướng Inclinometer tương ứng theo công thức:

$$\begin{cases} Q_{x_i} = Q_{x_0} + Q_{x_{INC}} \\ Q_{y_i} = Q_{y_0} + Q_{y_{INC}} \end{cases} \quad (7)$$

Từ các giá trị tính được ở mỗi điểm đo theo công thức (7) có thể xác định chính xác hướng chuyển dịch γ_i và độ lớn của vector chuyển dịch Q_i theo (8):

$$\begin{cases} Q_i = \sqrt{Q_{x_i}^2 + Q_{y_i}^2} \\ \gamma_i = \arctg \frac{Q_{y_i}}{Q_{x_i}} \end{cases} \quad (8)$$

2.2.3. Nhận xét

Trong trường hợp đáy ống dẫn hướng được gắn cố định, theo nguyên lý hoạt động của Inclinometer, giá trị thu được là chuyển dịch tương đối của điểm đo so với điểm đáy ống và độ chính xác các đại lượng này phụ thuộc chiêu dài ống dẫn hướng. Do vậy để nâng cao độ chính xác, có thể xác định tọa độ của điểm đáy ống theo phương pháp trắc địa ngay khi gắn nó trên nền đá gốc, trước khi thi công công trình. Giá trị tọa độ của đáy ống đóng vai trò số liệu gốc, làm cơ sở cho

việc tính tọa độ của tâm ống dẫn hướng và tính các giá trị chuyển dịch trong những chu kỳ quan trắc tiếp theo.

Trường hợp đáy ống dẫn hướng không được gắn vào lớp nền ổn định, độ chính xác của quan trắc chuyển dịch ngầm chỉ đạt được như lý lịch do nhà sản xuất thiết bị công bố hoặc nhỏ hơn. Do vậy cần lưu ý đến độ chính xác yêu cầu của công tác quan trắc hạng mục công trình trước khi lắp đặt.

Trong quan trắc chuyển dịch ngang của công trình sai số định tâm ảnh hưởng khá nhiều đến độ chính xác quan trắc. Vì vậy nên thiết kế nắp đậy của ống dẫn hướng Inclinometer có bộ phận định tâm bắt buộc để hạn chế sai số định tâm, nâng cao độ chính xác của kết quả quan trắc.

Thực tế đã chứng minh: Khi tiến hành công tác quan trắc chuyển dịch công trình trong phạm vi hẹp sử dụng phương pháp máy toàn đạc điện tử có thể đạt độ chính xác cao hơn công nghệ GPS, thời gian đo thực địa ít hơn và công tác xử lý số liệu đơn giản hơn. Do đó có thể hướng dẫn cho cán bộ ở đơn vị quản lý vận hành công trình tự tiến hành và tính toán. Sử dụng máy thu GPS lại có ưu điểm là không cần thông hướng từ điểm đo đến điểm không chế mặt bằng cơ sở, nên rất đặc dụng khi các điểm cơ sở ở xa khu vực quan trắc. Tuy vậy giá thành đo GPS lại cao hơn, công đoạn xử lý số liệu phức tạp, đòi hỏi phải có những kiến thức chuyên môn nhất định. Vì vậy phải căn cứ vào đặc điểm địa hình, yêu cầu độ chính xác quan trắc chuyển dịch ngang, số lượng và vị trí điểm không chế cơ sở để chọn thiết bị và phương pháp quan trắc phù hợp.

Summary:

RESEARCH ON THE APPLICATION OF INTEGRATING SURVEYING METHOD WITH INCLINOMETER FOR MONITORING HORIZONTAL MOVEMENT OF HYDRO-ELECTRIC POWER

Dr. Hoang Xuan Thanh

Geomatics Center - Water Resources University

Horizontal movement monitoring in geodesy only performed on the surface, while many structures require monitoring movements of ground and rock layers, materials at the heart and beneath the basement of structures. This paper studied the combination of geodetical equipment and geotechnical equipment aimed at increasing the efficiency of monitoring.○

III. Kết luận

Hiện nay Inclinometer đã bắt đầu có mặt ở một số công trình xây dựng để quan trắc độ nghiêng của tường chắn, hố đào, đập thủy lợi - thuỷ điện... nhưng chưa được sử dụng như thiết bị chính quan trắc chuyển dịch ngang của các hạng mục quan trọng.

Quy trình kết hợp phương pháp trắc địa và phương pháp địa kỹ thuật để quan trắc chuyển dịch biến dạng bề mặt và các lớp vật liệu bên trong công trình có hệ thống công thức tính toán chặt chẽ, thiết bị đo hiện đại dễ sử dụng, độ chính xác quan trắc được nâng cao. Phương pháp này hoàn toàn có thể áp dụng cho công tác quan trắc nhiều dạng công trình như đập dâng nước không đồng chất (đập bê tông lõi đất, đập đá đổ lõi đất...), đê chắn sóng, các khu vực có nền móng được san lấp...

Việc ứng dụng thiết bị hiện đại để tự động hóa các công đoạn hoặc toàn bộ quy trình quan trắc là xu thế của công tác quan trắc chuyển dịch biến dạng trên toàn thế giới cũng như ở Việt Nam. Do vậy sự kết hợp thiết bị Trắc địa và thiết bị Địa kỹ thuật hiện đại để giảm khối lượng công tác ngoài thực địa, nâng cao hiệu quả các thiết bị công nghệ mới và độ chính xác quan trắc có thể áp dụng rộng rãi và hiệu quả trong thực tế.○

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Slope Indicator Catalog, Durham Geo Slope Indicator, 2009.

[2]. Guide to Geotechnical Instrumentation, Durham Geo Slope Indicator, 2004.○