

BÀN VỀ QUAN TRẮC LÚN CHO NHÀ CAO TẦNG VÀ THIẾT BỊ ĐO NGHIÊNG

● NGUYỄN ĐỨC HIỂU

TÓM TẮT:

Để nâng cao hiệu quả của công tác quan trắc lún, bài viết đề cập đến nhiều vấn đề về giám sát lún; trong đó có phân tích về phép đo tọa độ cực của một điểm, bao gồm: góc, khoảng cách và điểm chuẩn. Cuối cùng, bài báo trình bày ý tưởng về thiết bị đo nghiêng trong quan trắc lún cho nhà cao tầng.

Từ khóa: Thiết bị, đo nghiêng, quan trắc, lún, nhà cao tầng.

1. Đặt vấn đề

Trong công tác quan trắc địa kỹ thuật có nhiều dạng quan trắc nhằm thỏa mãn các mục đích khác nhau, theo đó có các nội dung, phương pháp khác nhau phù hợp với đối tượng quan trắc. Trong địa kỹ thuật có nhiều cách phân loại về công tác quan trắc theo những nguyên tắc khác nhau, nhưng liên quan đến vấn đề mốc quan trắc thì công tác quan trắc địa kỹ thuật có phân biệt giữa quan trắc biến dạng với quan trắc chuyển vị, mặc dù về phép đo là như nhau, nhưng khác nhau ở mốc quan trắc. Trong đó, mốc cho quan trắc biến dạng có thể thay đổi giữa các lần đo, mốc cho quan trắc chuyển vị là không đổi cho tất cả các lần đo. Quan trắc lún cho nhà cao tầng [3] là quan trắc chuyển vị, cao độ mốc phải ổn định trong suốt quá trình quan trắc. Do đó, ngoài vấn đề thời gian đo, độ chính xác của thiết bị và mạng lưới các điểm đo, thì mốc quan trắc có vai trò quyết định đến mọi yếu tố của kết quả quan trắc lún nhà cao tầng. Song trong thực tế, sự ổn định về cao độ của mốc vẫn chủ quan mặc định ở điều

kiện mốc được chôn sâu và được bảo vệ trước các tác động bên ngoài.

Với mục đích tiến hành quan trắc lún nhà cao tầng là xác định giá trị lún thực tế cùng với kết quả tính toán để khẳng định các vấn đề lún, bao gồm lún tuyệt đối ảnh hưởng đến công năng và lún lệch ảnh hưởng đến độ bền lâu dài của nhà. Điều đó, đòi hỏi kết quả các phép đo phải có độ chính xác cao trong suốt một thời gian dài, theo đó đòi hỏi chi phí lớn, trong khi ý nghĩa sử dụng kết quả quan trắc vẫn còn những hạn chế. Do đó, cần có giải pháp quan trắc mà không sử dụng mốc và đo liên tục để giảm chi phí, đồng thời mở rộng khả năng sử dụng kết quả đo trong phân tích địa kỹ thuật.

2. Biến dạng lún của công trình nhà cao tầng và quy luật biến dạng lún theo thời gian

2.1. Biến dạng lún và tính toán biến dạng lún cho công trình

Một chất điểm có trọng lượng xác định đặt trên nền, thì nền sẽ biến dạng và vật thể sẽ từ từ dịch chuyển theo chiều trọng lực, dịch chuyển đó là lún của vật thể. Khi một vật thể cứng tuyệt đối, hình

dạng kích thước không đổi và trọng lượng xác định được xem là một vật thể đặt trên nền, khi đó giá trị biến dạng của nền theo phương thẳng đứng là giá trị lún của vật thể. Nếu công trình là vật thể cứng tuyệt đối có thể xác định giá trị lún của công trình qua tính toán biến dạng của nền. Nhà cao tầng sử dụng giải pháp móng sâu, nên biến dạng lún của công trình nhà cao tầng, bao gồm: biến dạng của cọc, biến dạng của nền dưới mũi cọc và biến dạng khối đất xung quanh mũi cọc.

Khi cọc bố trí thành nhóm theo các đài thì cọc với đất hợp thành một hệ gọi là móng khối quy ước, khi đó, biến dạng đất nền dưới mũi cọc được xem là biến dạng của móng khối quy ước và được tính toán theo biểu thức:

$$S = \sum_1^n S_i$$

Độ lún S của nền dưới diện chịu tải là tổng biến dạng lún S_i của các lớp đất phân tổ chịu nén nằm dưới diện chịu tải được xác định:

$$S_i = \frac{\beta_i}{E_i} \cdot m_i \cdot \sigma_i$$

trong đó, S_i - giá trị lún của một lớp phân tổ trong vùng chịu nén

m_i - chiều dày phân tổ thứ i

E_i - modun tổng biến dạng của phân tổ thứ i nhận được từ tính toán kết quả thí nghiệm trong phòng

β - hệ số nở hông của phân tổ thứ i nhận được từ bảng tra hoặc tính theo công thức với μ là hệ số biến dạng ngang (poisson), để đơn giản thường lấy $\beta = 0.8$

n - số phân tổ trong vùng chịu nén z

Z - chiều sâu tính từ đáy diện chịu tải đến độ sâu có ứng suất gây lún σ_z nhỏ hơn 5 lần ứng suất bản thân σ_{bt}

Các các kết quả tính toán theo biểu thức cho thấy cọc càng sâu, đế của móng khối quy ước càng rộng cùng với ứng suất gây lún càng nhỏ, đặc biệt chiều dày lớp chịu nén càng nhỏ, nên biến dạng lún của nền dưới mũi cọc càng nhỏ và cho đến không lún, khi mũi cọc sâu hơn vùng chịu nén.

Khi mũi cọc tựa vào lớp như đá hoặc cuội có modun biến dạng rất lớn so với các lớp nằm trên mũi, tính toán sức chịu tải cọc của cọc thường theo sơ đồ cọc chống và biến dạng xem như không đáng kể, nếu biến dạng của cọc là không xảy ra.

Tóm lại, giá trị biến dạng lún của móng sâu phụ

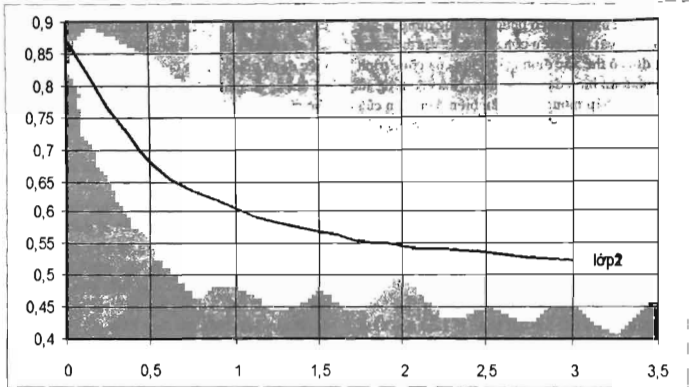
thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó có yếu tố không phải là ổn định tuyệt đối theo thời gian, đó là tải trọng công trình. Vì thế so với giá trị thực, khoảng sai số của kết quả tính luôn được lấy rất lớn trong việc đánh giá ổn định cho công trình, nhưng điều đó không đảm bảo độ lún lệch nằm trong giới hạn cho phép, mặc dù giá trị lún được tính toán không lớn. Do đó, khi có yếu an toàn tuyệt đối về lún lệch phải thông qua kết quả quan trắc lún.

2.2. Quy luật lún theo thời gian và các vấn đề trong quan trắc lún

Đối tượng tác dụng của tải trọng công trình mà xảy ra biến dạng thẳng đứng của nền sẽ diễn ra nhiều quá trình khác nhau ở trong nền và trong công trình. Đối với nền, diễn ra quá trình biến dạng theo thời gian [4]. Theo quy luật nén lún: biến dạng của đất theo thời gian dưới tải trọng không đổi là quy luật biến đổi theo hàm mũ (Hình 1), ở đó tốc độ biến dạng V giảm dần và ở thời gian vô cùng $V=0$, giá trị biến dạng ở thời điểm cuối cùng là độ lún cuối cùng. Kết quả thí nghiệm nén tĩnh đầu cọc thường cho thấy ở một cấp tải trọng không đổi chuyển vị trí đầu cọc với thời gian có quan hệ tương quan là hàm số mũ tương tự như quy luật nén lún.

Đối với nhà cao tầng, thường sử dụng móng sâu có thể là cọc khoan nhồi, cọc bê tông ép và luôn có nhiều cọc cho một đài và nhiều đài cho một công trình. Vì vậy, chuyển vị của nhà phụ thuộc vào chuyển vị của các đầu cọc. Trong khi đó, các đầu cọc chuyển vị không giống nhau. Do đó, chuyển vị lún của công trình, không chỉ phụ thuộc đặc điểm đất nền và cấu tạo cọc, cấu tạo đài cọc mà còn là sự tương tác giữa các đài thông qua kết cấu thân công trình. Trong tương tác đó luôn tồn tại vấn đề tải trọng công trình truyền cho các đầu cọc là biến đổi. Bởi vì, khi chuyển vị lún ở các đầu cọc, ở các đài khác nhau, khi đó có đài nhận tải trọng tăng lên, có đài nhận tải giảm đi theo đó là các tiềm ẩn nguy cơ lún không đều, biểu hiện của lún không đều là độ nghiêng của công trình. Do vậy, với công trình sử dụng móng sâu, theo thời gian độ lún cũng như độ nghiêng biến đổi không phải là quy luật hàm mũ như kết quả nén đầu cọc với tải trọng không đổi mà biến đổi từng bước, tương ứng với mỗi lần phân bố lại tải trọng lên các đài.

Hình 1: Biểu đồ biểu diễn quy luật lún theo thời gian dưới tải trọng không đổi



Tuy nhiên, để tường minh lún ở các giai đoạn của công trình nhận thấy: nếu tăng tải trọng theo từng cấp thì ở từng cấp lún sẽ xảy ra theo quy luật hàm số mũ, tức là tốc độ lún giảm dần. Do đó, với n lần gia tải, thì có n đường cong lún theo thời gian, trong đó lún thời gian ở mỗi cấp gia tải là khác nhau tùy thuộc vào thời điểm và giá trị gia tải ở mỗi cấp. Như vậy, nếu xét từ lúc bắt đầu thi công đến khi sử dụng công trình sẽ là n lần gia tải nhưng có sự khác biệt về gia tải giữa giai đoạn xây dựng với giai đoạn sử dụng công trình

- Trong giai đoạn xây dựng, lún sẽ biến đổi theo tiến độ thi công, với đặc điểm biến dạng tăng theo số tầng và sự tham gia của tải trọng là trong lượng của các thiết bị thi công.

- Trong giai đoạn sử dụng công trình, lún phụ thuộc vào chuyển vị các đài và kết cấu công trình dưới tác dụng tải trọng công trình có sự tham gia của hoạt tải biến đổi thường xuyên, nhưng xem như không đáng kể so với tải trọng của bản thân công trình. Riêng với nhà cao tầng trong giai đoạn này có điều đáng chú ý là: tác dụng ngang do gió sẽ gây ra chuyển vị ngang dưới dạng dao động. Dao động ngang sẽ tăng khi tầng độ cao nhà. Như vậy, với nhà cao tầng độ nghiêng của nhà tại một

thời điểm bao gồm nghiêng lâu dài do lún không đều và nghiêng tức thời do dao động.

Mặt khác, nếu giá trị lún của công trình ở một thời điểm là kết quả của một quá trình, thì kết quả đo lún chỉ có ý nghĩa tuyệt đối khi có giá trị đo từ thời điểm bắt đầu. Do đó, nếu không có cao độ ở thời điểm trước khi chất tải, thì kết quả đo lún ở các thời điểm chỉ là các giá trị tương đối, chúng chỉ có ý nghĩa so sánh giá trị lún giữa các điểm đo trong cùng một thời điểm mà không phải là giá trị thực. Như vậy, muốn khẳng định sự sai số của kết quả tính lún theo thời gian để có kết luận về sự an toàn của công trình chính xác và tin cậy nhất cần phải xây dựng mốc và tiến hành quan trắc sau khi kết thúc phần thi công móng công trình. Tuy nhiên, trong giai đoạn đang thi công, việc xây dựng các mốc đo lún sẽ phức tạp hơn, vì sự lựa chọn vị trí xây dựng mốc để có mạng lưới quan trắc hợp lý nhất phải thỏa mãn nhiều tiêu chí hơn.

Tóm lại, theo nguyên quan trắc lún là xác định tọa độ X, Y, Z của các điểm Mj trên thân công trình ở các thời điểm ti, sau đó thông qua tính toán bình sai để xác định biến dạng lún và xoắn của công trình sẽ gặp các vấn đề như sau:

- Phải xây dựng mốc đo, hệ quy là phát sinh chi

phí khoan đến độ sâu đá gốc, kết cấu ống chống và đổ bê tông suốt chiều dài lỗ khoan và mặt bằng xây dựng và bảo vệ mố.

- Do theo chu kỳ, phát sinh sai số khác nhau giữa các lần đo, chỉ phí tăng thêm cho công tác chuẩn bị.

- Bình sai kết quả; kết quả không còn là giá trị thực mà chỉ còn là giá trị kỳ vọng.

3. Giải pháp khắc phục

3.1. Cơ sở của giải pháp

Mục đích cơ bản của quan trắc lún cho nhà cao tầng là có được số liệu khẳng định tính ổn định công trình do lún. Trong đó, xác định độ lún lệch dẫn đến nghiêng và xoắn tiền đề cho phá hoại công trình là yêu cầu cơ bản. Bởi vì nhà cao tầng chiều cao lớn, chỉ cần một giá trị chênh lún nhỏ ở móng sẽ khuếch đại thành chuyển vị lớn cho các điểm ở đỉnh của công trình, có nghĩa trọng tâm công trình thay đổi càng lớn khi chiều cao càng lớn. Như vậy, thay vì đánh giá độ nghiêng công trình bằng kết quả quan trắc lún nhờ phép đo xác định biến đổi tọa độ các điểm vốn có nhiều bất cập, thì trực tiếp quan trắc độ nghiêng của công trình sẽ cho kết quả tin cậy hơn, với nhiều ưu điểm riêng

- Độ nghiêng của công trình

Công trình nhà cao tầng, nếu không xét dao động ngang do tác dụng ngang của gió, chỉ xét lún do tải trọng công trình thì thân công trình luôn được xem là cứng tuyệt đối khi chưa bị biến dạng xoắn hoặc có các khe nứt. Khi công trình là tuyệt đối cứng mà xảy ra lún đều, mọi điểm trên thân chuyển vị tịnh tiến theo phương thẳng đứng, ngược lại lún không đều các điểm trên công trình chuyển vị quay một trục. Trong đó trục quay có góc phương vị β_i và bán kính R có thể biến đổi theo thời gian. Nếu xét, chuyển vị đứng hay độ lún tại điểm bất kỳ M_j là $\Delta S_{ij}^{M_j}$ thì ở thời điểm t_i được xác định giá trị bởi biểu thức:

$$\Delta S_{ij}^{M_j} = R \cdot \sin \alpha_{ii} \quad (1)$$

chuyển vị ngang điểm M_j là $\Delta L_{-ij}^{M_j}$ ở thời điểm t_i được xác định bởi biểu thức:

$$\Delta L_{-ij}^{M_j} = R \cdot \cos \alpha_{ii} \quad (2)$$

Trong đó, R- khoảng cách từ điểm đến trục quay ở thời điểm t_i ,

α - góc quay, là góc nhị diện của mặt phẳng ở thời điểm t_0 và thời điểm t_i .

Như vậy từ (1) và (2) ta thấy, nếu xác định

được $\Delta S_{ij}^{M_j}$ và $\Delta L_{-ij}^{M_j}$ và góc phương vị β_i sẽ xác định được góc nghiêng α_{ii} tại thời điểm t_i ứng với β_i

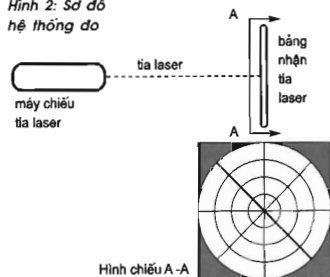
Khi công trình bị biến dạng xoắn hoặc bị phân chia thành các khối thì các điểm trên công trình tại một thời điểm sẽ chuyển vị quay theo các tâm và bán kính khác nhau, theo đó có góc nghiêng khác nhau và góc phương vị β_i không giống nhau. Do đó, tại cùng 1 thời điểm mà các M_j có góc nghiêng và góc phương vị β_i khác nhau là sự chứng tỏ công trình bị biến dạng xoắn hoặc bị phân chia thành các khối và ngược lại khi các α_{ii} và góc phương vị β_i của các điểm M_j còn bằng nhau là sự chứng tỏ công trình vẫn là một hệ cứng tuyệt đối và đang bị lún lệch.

3.2. Nguyên lý của hệ thống đo

- Nguyên lý đo:

Xuất phát từ yêu cầu của giải pháp là đo chính xác, đo liên tục và đặc biệt đo không sử dụng mốc độ cao xây bằng các cọc bê tông đất trong hố khoan sâu, trong phương pháp này sử dụng nguyên lý đo bằng tia laser từ máy phát để chiếu về bảng nhận tia. Ở đây máy và bảng đều được cố định trên công trình [1] (Hình 2).

Hình 2: Sơ đồ hệ thống đo



Hình chiếu A-A

Trên bảng nhận tia là các vòng tròn đồng tâm và các đường thẳng qua tâm hợp với nhau một góc 5°. Giữa máy phát và bảng nhận tia laser cách nhau từ 15m đến 40m tùy theo điều kiện thực tế. Với nguyên lý sử dụng tia laser bằng máy GLL 5-40 E có độ chính xác 0.006 (độ) các yêu cầu đặt ra được thỏa mãn như sau:

Lún của công trình sẽ được thể hiện ở sự thay đổi khoảng cách điểm cố định với điểm chiếu của tia, như vậy không cần xây dựng mốc cố định bằng lỗ khoan sâu.

Việc đo lún chỉ cần một thao tác đơn giản là bật máy phát từ bộ điều khiển từ xa, do vậy các chu kỳ đo có thể tiến hành theo từng ngày.

Lắp đặt hệ thống đo ở móng công trình ngay sau khi kết thúc thi công móng công trình để đo độ lún lệch công trình theo thời gian chất tải và hoàn toàn có thể lắp đặt hệ thống đo ở đỉnh công trình trong lúc đang thi công phần thô để đo chuyển vị nghiêng của công trình.

Các máy phát tia laser có giá thành không cao cho phép lắp đặt nhiều máy để đo theo nhiều phương khác nhau và ở nhiều điểm khác nhau.

- Nguyên tắc xây dựng mạng lưới đo:

Mạng lưới đo là các tuyến chiếu từ máy phát tia laser đến bảng nhận tia, bao gồm các tuyến chiếu theo phương đứng và các tuyến chiếu theo phương ngang. Các tuyến chiếu phương ngang, xây dựng ở giai đoạn kết thúc thi công móng, khi đó các điểm máy phát và bảng nhận tia đều đặt cố định vào móng. Phương ngang có từ 2 đến 4 tuyến chiếu tùy theo yêu cầu của mục đích nhiệm vụ quan trắc. Các tuyến chiếu phương đứng, xây dựng khi phần thô công trình đã đạt đến độ cao lớn hơn 10 m hoặc cao hơn nhằm đo chuyển vị nghiêng công trình, khi đó sẽ có ít nhất ba tuyến chiếu ứng với ba điểm đặt máy phát ở cùng một độ cao tùy theo yêu cầu của mục đích nhiệm vụ quan trắc. Lúc này các điểm máy phát đặt cố định ở trên và bảng nhận tín hiệu đặt cố định ở dưới. Để nâng cao độ chính xác và đánh giá biến dạng thân, có thể có nhiều tuyến chiếu đứng cho nhiều đo cao khác nhau.

- Đánh giá mức độ chính xác và khả năng khai thác kết quả đo:

Theo nguyên lý đo bằng tia laser đến bảng nhận tia, cả hai cùng cố định vào thân công trình, khi đó sai số của kết quả đo chỉ còn phụ thuộc vào mức độ chính xác của thiết bị mà không phụ thuộc vào kỹ thuật thao tác. Do đó, với việc sử dụng máy laser GLL 5-40 E có độ chính xác ± 0.006 (độ) hay sai số cao độ $\pm 0.1\text{mm}$ ứng với khoảng cách 1m, đặc biệt tia có thể chiếu xa tới 40m, thì chỉ cần công trình nghiêng 0.1 độ trên

bảng nhận tia sẽ cho biết phương vị và độ chuyển dời của điểm chiếu sẽ là 69,8mm, nếu chúng đặt cách nhau 40m và 26.2mm nếu chúng cách nhau 15m. Điều đó cho thấy, việc nhận biết sự dịch chuyển của điểm chiếu trên bảng nhận tia bằng mắt thường là hoàn toàn có thể chính xác với một nghiêng của công trình là 0.1 độ.

Ngoài sự chính xác của kết quả đo, với việc cho phép đo liên tục còn cho biết chính xác quy luật biến đổi chuyển vị nghiêng theo thời gian, hơn nữa với chi phí thấp chỉ khoảng 100 triệu đồng cho 20 tuyến chiếu [3] nên cho phép thu thập sự chuyển vị của các điểm qua đó có thể khai thác sự biến dạng của công trình theo thời gian.

Thực tế bằng các thiết bị trên, dưới sự chỉ đạo của PGS. TS. Trần Thương Bình, chúng tôi đã tiến hành thử nghiệm lắp đặt cho một vài công trình và bước đầu nhận thấy:

- Các thiết bị cho biết tín hiệu có độ phân giải rất cao, theo đó phân biệt được các góc nghiêng rất nhỏ.

- Việc theo dõi đơn giản chỉ cần bật công tắc để đọc số liệu nếu như thực hiện quan trắc theo chu kỳ.

- Nếu kết nối với máy tính đo liên tục theo thời gian ở nhiều điểm thì sử dụng kết quả có thể phân tích tình trạng chuyển vị kết cấu, dao động của thân và các chuyển vị xoắn, dao động của công trình.

- Chi phí cho quan trắc bằng giải pháp này nếu không kể tới thiết bị thì thấp hơn so với việc đo chênh cao truyền thống.

- Hạn chế thiết bị phải được bảo vệ và đòi hỏi kinh nghiệm khi lắp đặt thiết bị.

4. Kết luận

Giải pháp quan trắc lún không sử dụng mốc được kể thừa từ công việc đo tự động chuyển vị tương tầng hầm. Trong giải pháp đo nghiêng cho quan trắc lún, các thiết bị điện tử sản xuất bởi các thương hiệu có uy tín trên thế giới và phần mềm chuyên dụng để dàng nhập khẩu vào Việt Nam. Thực tế cho thấy, hệ thống hoạt động có tính ổn định cao. Bằng việc chế tạo thử thiết bị và lắp đặt kiểm tra, đã cho thấy việc lắp đặt hệ thống cho nhà cao tầng là hoàn toàn khả thi với chi phí thấp hơn và kết quả quan trắc có độ tin cậy hơn, có nhiều thông tin hơn so với quan trắc bằng đo chênh. ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Trần Thương Bình (2017). Nghiên cứu thiết bị quan trắc. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Kiến trúc - Xây dựng* 2017.
2. Trần Thương Bình (2017). Một số vấn đề về kết quả tính toán biến dạng lún cuối cùng trong thiết kế nền móng. *Tạp chí Địa Kỹ thuật*. Số 2, trang 9-14.
3. Tiêu chuẩn Quốc gia (2012). *TCVN 9630:2012. Quy trình kỹ thuật xác định độ lún công trình dân dụng và công nghiệp bằng phương pháp đo cao hình học*.
4. Tiêu chuẩn Quốc gia (2012). *TCVN 9362:2012 Tính toán thiết kế nền móng cho nhà dân dụng và công nghiệp*.
5. N.A Xilovich. (1983), *Cơ học đất (bản dịch tiếng Nga)*, Nhà xuất bản Nông nghiệp
6. Shamsheer Prakash-Hary D.Sharma (1999). *Móng cọc trong thực tế xây dựng* NXB Xây dựng, Hà Nội.
7. R. Whitlow (1997), *Cơ học đất*, NXB Giáo dục.
8. K.Széchy, L. Varga (1978). *Foundation engineering*. Akadémiai Kiadó Budapest. < Tiếng Anh.

Ngày nhận bài: 9/5/2020

Ngày phân biện đánh giá và sửa chữa: 19/5/2020

Ngày chấp nhận đăng bài: 29/5/2020

Thông tin tác giả:

ThS. NGUYỄN ĐỨC HIẾU

Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

DISCUSSING THE SUBSIDENCE MONITORING FOR HIGH-RISE BUILDINGS AND THE TILT MEASURING DEVICE

● Master. NGUYEN DUC HIEU
Hanoi Architectural University

ABSTRACT:

In order to improve the effectiveness of subsidence monitoring, this article addresses many issues of land subsidence monitoring including the polar coordinates of a point measurement with angles, distances and benchmarks. This article also presents the idea of the tilt measuring device for subsidence monitoring for high-rise buildings.

Keywords: Equipment, measurement, image, subsidence, high building.