

PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT TRONG KIỂM ĐỊNH ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG ỔN ĐỊNH CỦA CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

Vũ Chung Hiếu¹, Hoàng Như Tăng²

^{1,2}Trường Đại học Phương Đông

Email: ¹vuhieudhpd@gmail.com, 0985 224 885; ²tangdhxd@gmail.com, 0904 144 900

DOI: <https://doi.org/10.59382/hnkh17-ibst.2025.ses3-5>

TÓM TẮT: Ổn định công trình là điều kiện quan trọng phản ánh mức độ an toàn và khả năng khai thác của kết cấu công trình trong suốt vòng đời sử dụng. Trong quá trình khai thác, sử dụng nếu thấy trên công trình có biểu hiện xuống cấp liên quan đến trạng thái ổn định thì đó chính là do hậu quả bởi ảnh hưởng của yếu tố nền móng hoặc của ngoại lực tác động lên công trình. Chính vì thế, nhiều văn bản mang tính pháp lệnh đối với công tác quản lý chất lượng công trình của nhà nước đều có quy định về sự tham gia của hoạt động kiểm định xây dựng mà trong đó việc đánh giá hiện trạng ổn định của công trình là nhiệm vụ quan trọng và không thể thiếu. Bài báo này tập trung vào trình bày việc thực hiện công tác khảo sát trong kiểm định đánh giá hiện trạng làm việc ổn định của công trình, bao gồm những biểu hiện về trạng thái biến dạng, sụt lún kết cấu nền móng và tình trạng nghiêng xảy ra trên tổng thể phần thân công trình. Trong nội dung chủ yếu của bài báo là giới thiệu phương pháp xử lý xác định độ nghiêng trên tổng thể của công trình áp dụng giải pháp tổng hợp vector nghiêng trên cơ sở độ nghiêng của các trục đứng tại vị trí góc điển hình của công trình. Trên cơ sở kết quả xử lý cho phép đơn vị kiểm định lấy đó làm căn cứ đánh giá hiện trạng ổn định của công trình, kết luận về sự ảnh hưởng của chúng đến an toàn chịu lực của kết cấu phần thân công trình và đề xuất kiến nghị phương án xử lý, sửa chữa gia cố phù hợp nhằm đưa công trình về trạng thái khai thác, sử dụng bình thường.

TỪ KHÓA: Kiểm định chất lượng; khảo sát hiện trạng; ổn định công trình; độ lún; độ nghiêng; kết cấu chịu lực.

ABSTRACT: *Structural stability is an important condition that reflects the level of safety and serviceability of a construction structure throughout its service life. During operation and use, if signs of deterioration related to the stability state are observed, they are generally the consequence of the effects of foundation conditions or external forces acting on the structure. Therefore, many legal documents governing the State's construction quality management stipulate the participation of construction inspection activities, in which the assessment of the structure's stability condition is an essential and indispensable task. This paper focuses on presenting the implementation of survey work in the inspection and assessment of the structural stability condition of buildings. The study covers manifestations of deformation, foundation settlement, and tilting conditions occurring in the superstructure of the building. The main content of the paper introduces a method for determining the overall inclination of the structure by applying a vector synthesis approach, based on the inclination values of the vertical axes measured at typical corner positions of the building. The processed results provide the inspection unit with a reliable basis for evaluating the current stability performance of the structure, concluding the influence of these factors on the load-bearing safety of the superstructure, and proposing appropriate recommendations for repair, strengthening, and restoration to bring the structure back to a normal serviceable state.*

KEYWORDS: *Quality inspection; condition survey; structural stability; settlement; tilting; load-bearing structure.*

1. MỞ ĐẦU

Trong suốt vòng đời của công trình xây dựng, từ giai đoạn thi công cho đến quá trình khai thác sử dụng, kết cấu công trình có thể chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố bất lợi, tác động trực tiếp đến trạng thái ổn định và khả năng chịu lực tổng thể công trình. Các nguyên nhân thường gặp bao gồm: thông tin về điều kiện địa chất phục vụ thiết kế không chính xác, sai sót trong quá trình thi công, hoặc sự thay đổi tải trọng sử dụng không phù hợp với các giả thiết thiết kế ban đầu, cũng như ảnh hưởng từ hoạt động thi công các công trình liền kề gây ra rung động, chuyển vị hoặc làm thay đổi điều kiện nền móng của công trình hiện hữu. Những tác động này, nếu không được kiểm soát và đánh giá kịp thời, có thể làm suy giảm khả năng làm việc của kết cấu, dẫn đến mất ổn định cục bộ hoặc tổng thể và tiềm ẩn nguy cơ phát sinh sự cố trong quá trình vận hành và khai thác công trình.

Khi phát hiện có dấu hiệu khuyết tật liên quan đến ổn định của kết cấu công trình, đơn vị chủ đầu tư hoặc chủ quản lý công trình thường đề xuất yêu cầu đối với đơn vị kiểm định nhằm có cơ sở thực hiện việc xử lý gia cố kết cấu. Trong quy trình kiểm định thường bao gồm ba nội dung cơ bản là: (1) khảo sát hiện trạng ổn định của công trình; (2) đánh giá mức độ hư hỏng, khuyết tật ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của kết cấu; và (3) xác định các khiếm khuyết ảnh hưởng đến môi trường sử dụng và điều kiện, tiện nghi khai thác công trình. Trong đó, nội dung khảo sát hiện trạng ổn định của công trình là khâu quan trọng đầu tiên mà đơn vị kiểm định thực hiện khảo sát kiểm tra nhằm đáp ứng mục tiêu kiểm định. Việc lựa chọn đúng phương pháp thực hiện, với các bước khảo sát hợp lý và thu thập đầy đủ dữ liệu tại hiện trường công trình là những điều kiện quyết định độ tin cậy của kết quả kiểm định, để lấy đó làm cơ sở đề xuất các giải pháp xử lý sửa chữa, gia cường nhằm đưa công trình về trạng thái cho phép khai thác sử dụng an toàn.

Bài báo này tập trung trình bày các phương pháp khảo sát trong công tác kiểm định nhằm đánh giá hiện trạng ổn định của công trình xây dựng. Đặc biệt, nội dung nghiên cứu nhấn mạnh đến việc xử lý và phân tích kết quả đo độ nghiêng tổng thể của công trình theo phương pháp vector - một hướng tiếp cận chưa được đề cập cụ thể trong các tiêu chuẩn, quy chuẩn hay tài liệu chuyên ngành

hiện có. Việc áp dụng đồng bộ phương pháp khảo sát và kỹ thuật xử lý kết quả phù hợp cho phép đơn vị tư vấn kiểm định đánh giá một cách định lượng và chính xác hơn mức độ ổn định tổng thể của công trình, từ đó đáp ứng đầy đủ yêu cầu và mục tiêu của công tác kiểm định.

2. CƠ SỞ ĐÁNH GIÁ TRẠNG THÁI ỔN ĐỊNH CÔNG TRÌNH VÀ TIÊU CHUẨN ÁP DỤNG

2.1. Khái niệm ổn định công trình xây dựng

Trong lĩnh vực xây dựng, ổn định công trình được hiểu là khả năng duy trì trạng thái cân bằng hình học ban đầu theo yêu cầu thiết kế, khi công trình chịu tác động của các tổ hợp tải trọng và điều kiện khai thác nhất định [1, 2]. Trạng thái ổn định đồng nghĩa với việc công trình có thể xuất hiện các biến dạng hoặc dao động nằm trong giới hạn cho phép, nhưng không gây ra chuyển vị vượt mức quy định của thiết kế và làm thay đổi hình dạng kết cấu hoặc mất khả năng phục hồi trạng thái cân bằng ban đầu. Khi các biến dạng vượt quá giới hạn cho phép, công trình sẽ được coi là không ổn định (*được đánh giá là nguy hiểm*) - điều này đồng nghĩa với việc kết cấu không còn đảm bảo điều kiện an toàn và khả năng khai thác theo yêu cầu thiết kế.

Trạng thái làm việc ổn định là một chỉ tiêu kỹ thuật quan trọng, phản ánh mức độ an toàn và độ tin cậy của kết cấu trong quá trình vận hành. Khái niệm này đã được quy định trong nhiều văn bản pháp lý và tiêu chuẩn kỹ thuật chuyên ngành như: Luật Xây dựng; Nghị định số 06/2021/NĐ-CP [3] về quản lý chất lượng thi công xây dựng; cùng với các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu hiện hành như TCVN 5574:2018 [2], TCVN 9386:2012 [4] và các tiêu chuẩn liên quan đến nền móng công trình.

Trong tiêu chuẩn thiết kế, ngoài việc kiểm tra khả năng chịu lực và độ cứng, cần đặc biệt chú trọng đến các trạng thái giới hạn về ổn định. Một số dạng mất ổn định có thể xảy ra trước khi vật liệu đạt đến giới hạn cường độ, điển hình như hiện tượng mất ổn định dọc trục của cột, mất ổn định tổng thể của hệ kết cấu, hay mất ổn định cục bộ của các bộ phận kết cấu thanh mảnh. Khi đó, sự cố phá hoại có thể xảy ra đột ngột và không có dấu hiệu báo trước rõ ràng, do đó đòi hỏi phải được đánh giá đầy đủ trong quá trình thiết kế và đây cũng là nhiệm vụ của hoạt động kiểm định xây dựng.

2.2. Các dạng mất ổn định phổ biến xảy ra trên công trình

Trong thực tiễn xây dựng và vận hành công trình, hiện tượng mất ổn định (nguy hiểm) có thể xảy ra dưới nhiều dạng khác nhau, ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chịu lực, độ an toàn và tuổi thọ công trình. Căn cứ TCVN 9381:2012 [5] có thể nêu một số dạng không ổn định phổ biến thường gặp bao gồm:

a. Nền móng bị lún sụt lớn hoặc lún không đều

Công trình được xem là có dấu hiệu không ổn định (nguy hiểm) khi nền hoặc kết cấu móng bị lún sụt vượt giới hạn cho phép, đặc biệt là lún không đều giữa các khu vực hoặc tốc độ lún lớn hơn 2 mm/tháng trong hai tháng liên tiếp mà không có dấu hiệu dừng. Sự chênh lệch lún này gây ra chuyển vị tương đối giữa các bộ phận kết cấu, làm biến dạng hình học tổng thể công trình và phát sinh ứng suất thứ cấp, dẫn đến nứt gãy, giảm khả năng chịu lực của kết cấu, đồng thời là nguyên nhân ảnh hưởng đến độ ổn định và an toàn của phần thân công trình.

b. Chuyển vị nghiêng trên tổng thể công trình

Khi phần thân công trình bị nghiêng do biến dạng không đồng đều của nền móng hoặc do tác động ngoại lực không đối xứng, các bộ phận kết cấu sẽ phải làm việc trong điều kiện bất lợi, phát sinh nội lực cục bộ và biến dạng phức tạp. Hiện tượng này thường dẫn đến tình trạng xoắn vặn, uốn lệch, nứt hoặc cong võng tại các bộ phận kết cấu chịu lực chính. Theo TCVN 9381:2012 [5], công trình được xem là nguy hiểm khi cột hoặc tường bị nghiêng vượt quá 1% chiều cao hoặc chuyển vị ngang lớn hơn $h/500$. Khi vượt quá các giới hạn này, kết cấu có thể xuất hiện các dạng khuyết tật đặc trưng như nứt xiên, nứt chéo hoặc bục vỡ cục bộ tại các tiết diện chịu tải trọng lớn. Những khuyết tật đó không chỉ làm giảm tiết diện chịu lực hữu hiệu, mà còn làm tăng biến dạng và có thể làm suy giảm độ ổn định tổng thể của công trình.

Những hiện tượng nêu trên có thể xảy ra đơn lẻ hoặc thường diễn biến theo thời gian dưới tác động của tải trọng sử dụng, của điều kiện môi trường và quá trình xuống cấp của vật liệu. Do đó, việc nhận diện sớm và đánh giá đúng bản chất các dạng không ổn định là nội dung kiểm định thiết yếu trong quá trình khảo sát đánh giá chất lượng công trình để lấy đó làm căn cứ đề xuất các giải pháp gia cố, khắc phục phù hợp đảm bảo an toàn và kéo dài tuổi thọ công trình.

2.3. Các tiêu chuẩn kỹ thuật liên quan đến đánh giá hiện trạng và ổn định công trình

Việc đánh giá hiện trạng và ổn định của công trình xây dựng cần tuân thủ các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành, nhằm đảm bảo tính chính xác trong đánh giá cũng như tính pháp lý đối với các kết luận trong kiểm định. Một số tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) có liên quan trực tiếp đến công tác khảo sát và kiểm tra ổn định công trình bao gồm:

- **TCVN 9381:2012** [5] *Hướng dẫn đánh giá mức độ nguy hiểm của kết cấu nhà:*

Tiêu chuẩn cung cấp hệ thống phân loại mức độ nguy hiểm của kết cấu công trình dựa trên hiện trạng hư hỏng và biến dạng thực tế. Đây là công cụ hỗ trợ cho việc xác định mức độ nguy hiểm của kết cấu và đề xuất giải pháp xử lý kỹ thuật tương ứng trong kiểm định.

- **TCVN 9360:2012** [6] *Quy trình kỹ thuật xác định độ lún công trình dân dụng và công nghiệp bằng phương pháp đo cao hình học:*

Tiêu chuẩn này hướng dẫn phương pháp đo độ lún của công trình thông qua kỹ thuật đo cao hình học, cho phép xác định chính xác các chuyển vị đứng của công trình qua thời gian. Đây là cơ sở quan trọng để phát hiện và đánh giá các dấu hiệu mất ổn định do lún nền móng.

- **TCVN 9400:2024** [7] *Công trình dân dụng và công nghiệp dạng tháp - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp trắc địa:*

Tiêu chuẩn quy định các phương pháp đo đạc trắc địa áp dụng cho công trình cao tầng hoặc kết cấu dạng tháp nhằm xác định độ nghiêng, phục vụ cho việc theo dõi ổn định tổng thể và phát hiện các chuyển vị ngang bất thường trong quá trình sử dụng.

- **TCVN 2737:2023** [1] *Tải trọng và tác dụng - Tiêu chuẩn thiết kế:*

Đây là tiêu chuẩn nền tảng quy định các loại tải trọng tác động lên công trình, bao gồm tải trọng tĩnh, động, gió, động đất, nhiệt độ,... là cơ sở để kiểm tra trạng thái giới hạn về ổn định trong thiết kế cũng như trong đánh giá chất lượng kết cấu hiện trạng.

Tổng thể, các tiêu chuẩn nêu trên đóng vai trò quan trọng trong việc xác lập quy trình kiểm định và đánh giá ổn định của công trình trên cơ sở kết quả đo đạc, kiểm tra theo chỉ dẫn của Tiêu chuẩn áp dụng hiện hành.

3. PHƯƠNG PHÁP KHẢO SÁT HIỆN TRẠNG ỔN ĐỊNH CÔNG TRÌNH

3.1. Khảo sát tình trạng lún sụt nền móng công trình

Hiện tượng lún sụt nền móng là một trong những nguyên nhân phổ biến nhất ảnh hưởng đến mức độ ổn định công trình. Việc khảo sát nội dung này thường áp dụng các phương pháp sau đây:

a. Quan sát hiện trường

Kết quả kiểm tra trực tiếp tại hiện trường cho phép phát hiện tình trạng sụt lún đất nền qua các biểu hiện sau:

- Các vết nứt tại vị trí tiếp giáp giữa chân tường, chân cột với mặt sàn tầng một hoặc khu vực sân hè xung quanh công trình, qua các dấu vết ban đầu còn lưu lại trên đó.

- Độ chênh cao trình giữa các mép vết nứt kéo dài trên sàn, sân hè, hoặc tình trạng lồi lõm, trôi trượt cục bộ trên khu vực đất nền xung quanh công trình.

- Kết quả kiểm tra kết cấu móng qua hố đào khảo sát tại các vị trí móng điển hình để nhận biết các khuyết tật bộc lộ trên các bộ phận kết cấu phần ngầm như móng đơn, móng băng, hay đài cọc.

b. Đo đạc xác định độ lún kết cấu móng công trình

Công tác đo lún được thực hiện theo các mốc chuẩn và mốc xác định lún theo chỉ dẫn kỹ thuật của TCVN 9360:2012 [6] bao gồm các bước chính:

- Xác lập hệ thống mốc chuẩn đo lún được chọn ở vị trí coi là ổn định để lấy đo làm cơ sở xác định kết quả đo lún trên đối tượng kiểm định.

- Bố trí mốc đo lún tại các vị trí đặc trưng trên móng công trình. Số lượng và khoảng cách giữa các mốc phụ thuộc vào điều kiện địa chất, sơ đồ kết cấu móng và quy mô công trình. Thông thường, mỗi khối móng đơn cần tối thiểu ba mốc đo, bố trí đều với khoảng cách từ 10 - 15 m.

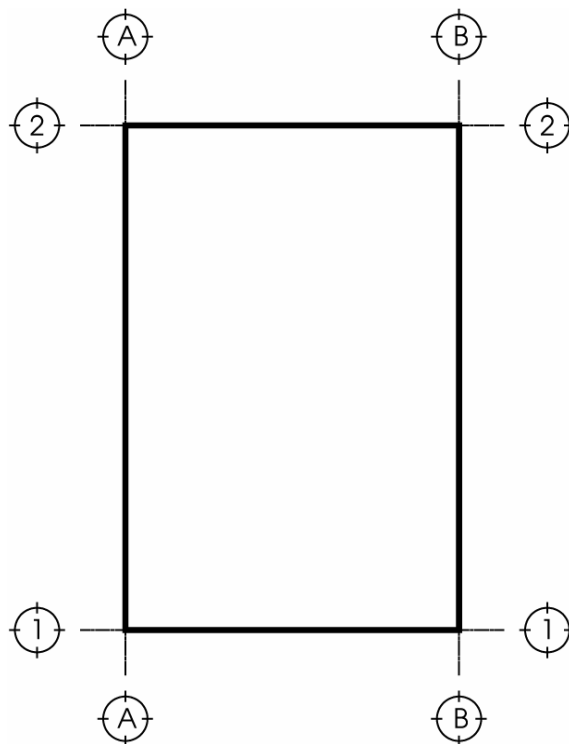
- Thiết bị đo chuyên dụng: Sử dụng các thiết bị đo có độ chính xác cao như máy thủy bình tự động, máy đo khoảng cách điện tử, cảm biến nghiêng, và các loại mốc đo chuyên dụng như mốc sâu, mốc gắn tường hoặc mốc neo trên nền móng. Việc đo đạc cần được thực hiện định kỳ để theo dõi sự phát triển của quá trình lún theo thời gian.

Trên cơ sở, các kết quả về độ lún tuyệt đối, lún tương đối giữa các điểm, tốc độ lún và xu hướng chuyển vị của các mốc đo cho phép lấy đó

làm căn cứ xác định mức độ lún sụt cần kiểm tra và cung cấp dữ liệu đáng tin cậy phục vụ việc đánh giá mức độ ảnh hưởng của lún sụt móng đến an toàn làm việc của kết cấu cũng như ổn định của công trình.

3.2. Phương pháp khảo sát xác định tình trạng nghiêng công trình

Trong kiểm định đánh giá độ ổn định của công trình luôn kèm theo là việc kiểm tra độ nghiêng xảy ra trên tổng thể công trình. Tùy thuộc vào quy mô, chiều cao, hình dạng kiến trúc và mức độ phức tạp trong bố trí kết cấu, đơn vị kiểm định sẽ lựa chọn phương pháp khảo sát phù hợp. Thông thường, độ nghiêng của công trình được xác định thông qua việc đo độ chuyển vị theo phương đứng tại các trục tại vị trí góc điển hình của công trình - như ví dụ minh họa thể hiện trên sơ đồ Hình 1.



Hình 1: Sơ đồ các trục đứng tại vị trí góc của mặt bằng công trình kiểm định

Việc đo đạc được thực hiện chủ yếu bằng các thiết bị trắc địa chuyên dụng như máy kinh vĩ điện tử, máy toàn đạc hoặc cảm biến nghiêng kỹ thuật số. Trong một số trường hợp đặc biệt có thể áp dụng phương pháp đo thủ công. Tùy thuộc vào điều kiện thực tế trong việc bố trí thiết bị tại hiện trường, đơn vị kiểm định lựa chọn một trong các phương pháp sau để đo độ nghiêng của các trục đứng A1, A2, B2 và B1 bằng cách áp dụng một trong các phương pháp dưới đây:

a. Sử dụng máy toàn đạc điện tử: Hình 2 minh họa máy toàn đạc điện tử Trimble M1, được sản xuất bởi hãng Trimble (Hoa Kỳ).



Hình 2: Đo nghiêng các trụ đứng tại vị trí góc công trình bằng máy toàn đạc điện tử Trimble M1

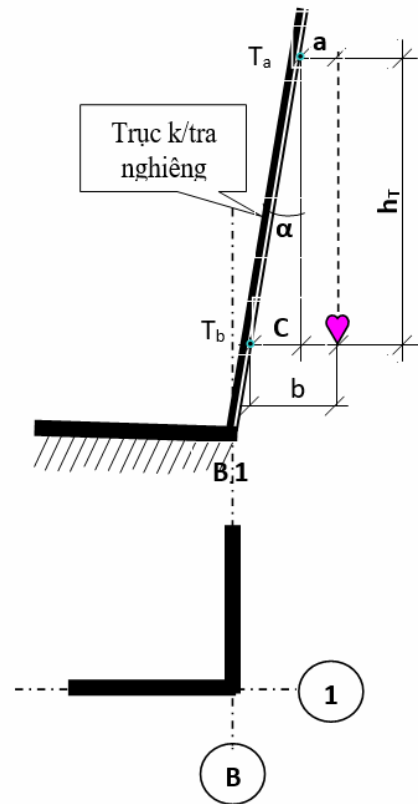
b. Đo nghiêng bằng thước Nivo cân bằng điện tử và dây quả dọi: có thể mô tả cách đo nghiêng như ví dụ thể hiện trên Hình 3 và 4.

Thước Nivo cân bằng điện tử là dụng cụ kiểm tra độ nghiêng thẳng đứng khá đơn giản, cho phép sử dụng trong kiểm tra độ nghiêng kết cấu, nhất là đối với công trình ở vị trí xen kẹt giữa các nhà liền kề, khi trụ kết cấu kiểm tra bị che khuất bởi tường khối nhà kế sát bên - ảnh chụp Hình 3.



Hình 3: Sử dụng thước Nivo cân bằng điện tử để đo độ nghiêng trụ đứng các trụ đứng ở vị trí góc công trình

Ngoài phương pháp đo độ nghiêng theo phương đứng của các trụ tại các vị trí góc công trình bằng thước Nivo điện tử, có thể áp dụng cách kiểm tra bằng dây dọi kết hợp thước mét thông thường (Hình 4). Đây là phương pháp đơn giản, thích hợp để kiểm tra độ nghiêng theo phương thẳng đứng của các kết cấu công trình có mặt bằng nhỏ và chiều cao không lớn.



Hình 4: Sơ đồ đo góc nghiêng bằng dây dọi, đối với trụ đứng tại góc B/1 (giao điểm giữa trục dọc B và trục ngang 1)

Trong đó:

h_T : Chiều cao theo phương đứng từ điểm T_a đến T_b trên đoạn kiểm tra nghiêng theo phương trục ngang 1;

a: Khoảng cách từ điểm treo dây dọi đến điểm T_a ;

b: Khoảng cách từ đầu mút quả dọi đến điểm T_b ;

$C = b - a$: Chuyển vị của điểm T_a so với điểm T_b theo phương trục ngang 1.

Góc nghiêng của trụ góc B/1 theo phương trục ngang 1 được xác định theo công thức:

$$\alpha\% = C/h_i \times 100\%$$

Kết quả kiểm tra độ nghiêng của các trụ tại vị trí góc của khối nhà được thể hiện minh họa trên sơ đồ Hình 5. Trong đó, đối với mỗi trụ đứng được đo độ nghiêng theo 2 phương vuông góc nhau.

Các nội dung đo được ký hiệu tương ứng cho các trụ đứng kiểm tra như sau:

h (mm) - Đoạn chiều cao đo nghiêng trên trụ đứng kiểm tra;

Δ (mm) - Chuyển vị nghiêng theo phương trùng với chiều mũi tên của điểm đỉnh trên của đoạn h ;

$\alpha\% = (\Delta/h)\%$ - Trị số góc nghiêng của trụ đứng kiểm tra.

Trên cơ sở đó, cho phép thực hiện các bước xử lý kết quả kiểm tra như sau:

Bước 1: Xác định độ nghiêng của từng trục đứng i (tương ứng là A1; B1; B2; A2) tại vị trí góc công trình theo phương ngang (ng) và phương dọc (d) công trình:

Trị số góc nghiêng của trục đứng kiểm tra theo phương ngang nhà $\rightarrow$ và $\leftarrow$;

$$\alpha_{\text{ing}} = \Delta_{\text{ing}}/h_i (\%)$$

Trị số góc nghiêng của trục đứng kiểm tra theo phương dọc nhà $\uparrow$ và $\downarrow$.

$$\alpha_{\text{id}} = \Delta_{\text{id}}/h_i (\%)$$

Bước 2: Xác định vectơ nghiêng của từng mặt đứng theo phương ngang (ng) và phương dọc (d) của công trình:

- Vectơ nghiêng của các mặt đứng A1-A2 và B1-B2 theo phương ngang:

$$\alpha_{\text{m.ng}} (A1-A2)\%$$

$$\alpha_{\text{m.ng}} (B1-B2)\%$$

- Vectơ nghiêng của các mặt đứng A1-B1 và A2-B2 theo phương dọc:

$$\alpha_{\text{m.d}} (A1-B1)\%$$

$$\alpha_{\text{m.d}} (A2-B2)\%$$

Bước 3: Xử lý kết quả khảo sát xác định vectơ nghiêng trục đứng của tổng thể công trình - tại vị trí tâm T của mặt bằng công trình:

- Vectơ nghiêng theo phương ngang:

$$\alpha_{\text{T.ng}}[\alpha_{\text{m.ng}} (A1 - A2)\% - \alpha_{\text{m.ng}} (B1 - B2)\%]\%$$

- Vectơ nghiêng theo phương dọc:

$$\alpha_{\text{T.d}}[\alpha_{\text{m.d}} (A1-B1)\% - \alpha_{\text{m.d}} (A2-B2)\%]\%$$

Trên cơ sở kết quả nhận được là Vectơ nghiêng theo phương ngang $\alpha_{\text{T.ng}}\%$ và phương dọc $\alpha_{\text{T.d}}\%$ cho phép xác định trị số vectơ nghiêng của tổng thể công trình:

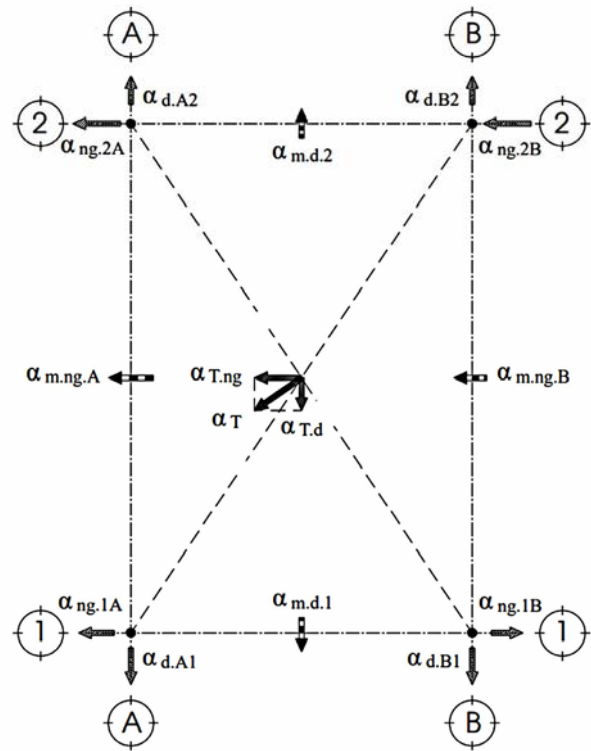
$$(\alpha_{\text{T.CT}})^2 = (\alpha_{\text{T.ng}}^2 + \alpha_{\text{T.d}}^2)\%$$

Như vậy, độ nghiêng của trục đứng tại vị trí trọng tâm mặt bằng công trình được coi là độ nghiêng của tổng thể đối tượng kiểm định vừa thực hiện kê trên và cho phép thể hiện trên sơ đồ minh họa trên Hình 5.

Trong đó: Chiều mũi tên chỉ theo hướng khi người quan sát đứng nhìn từ mặt chính diện công trình - phía trước trục ngang 1 - 1. Cụ thể là:

- Chiều mũi tên $\rightarrow$; $\leftarrow$ chỉ chiều nghiêng theo phương ngang về phía bên phải hay phía bên trái công trình;

- Chiều mũi tên $\uparrow$; $\downarrow$ chỉ chiều nghiêng theo phương dọc về phía sau hay phía trước công trình;



Hình 5: Sơ đồ minh họa kết quả tổng hợp vector xác định độ nghiêng của tổng thể công trình

4. LẬP BÁO CÁO ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG ỔN ĐỊNH CỦA CÔNG TRÌNH

4.1. Lập bảng tổng hợp kết quả khảo sát

Sau khi hoàn tất công tác khảo sát tại hiện trường, các kết quả đo đạc kiểm tra độ lún sụt kết cấu phần ngầm và độ nghiêng trên tổng thể công trình, đơn vị kiểm định tiến hành việc tổng hợp kết quả và thể hiện chúng ở dạng bảng dữ liệu nhằm phục vụ cho quá trình phân tích và so sánh với các chỉ tiêu cho phép theo yêu cầu thiết kế kết hợp với các giới hạn quy định trong tiêu chuẩn kỹ thuật áp dụng về độ lún - nghiêng của công trình. Kèm theo bảng trên là lời nhận xét, phân tích về phương, chiều chuyển vị trôi trượt nền móng, phương chiều nghiêng trên tổng thể phần thân công trình cùng mối quan hệ ảnh hưởng qua lại giữa chúng, đồng thời qua đó thể hiện biểu đồ về mối quan hệ giữa kết quả đo theo thời gian tương ứng.

4.2. Kết quả so sánh và đánh giá, kết luận theo tiêu chuẩn

Việc đánh giá mức độ ổn định của công trình được thực hiện trên cơ sở so sánh kết quả khảo sát với các giới hạn cho phép về độ lún, độ nghiêng theo quy định TCVN 9362:2012 [8] về Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình, kết hợp với quy định và chỉ dẫn của tiêu chuẩn TCVN 9381:2012

[5] về Hướng dẫn đánh giá mức độ nguy hiểm của kết cấu nhà. Trên cơ sở các kết quả này, tình trạng ổn định của công trình được phân loại theo các cấp độ sau:

- Trường hợp công trình đã ổn định: Khi độ lún và nghiêng nhỏ hơn giới hạn cho phép và không có dấu hiệu tiếp diễn, công trình được đánh giá là đủ điều kiện để tiếp tục khai thác sử dụng bình thường.

- Trường hợp biến dạng chưa ổn định: Công trình vẫn có xu hướng tiếp tục lún nghiêng, cần tiến hành tiếp tục kiểm tra theo các chu kỳ quan trắc định kỳ để theo dõi biến dạng dài hạn theo thời gian và xác định thời điểm công trình ở trạng thái ổn định để có quyết định việc xử lý tương ứng đối với công trình.

- Trường hợp vượt giới hạn cho phép: Kết quả biến dạng đo được thể hiện tình trạng ổn định vượt quá giới hạn của tiêu chuẩn thiết kế và quy định của Tiêu chuẩn áp dụng, nhưng ở mức chưa nghiêm trọng. Trong trường hợp này, cần thực hiện các biện pháp gia cố, chống đỡ hoặc sửa chữa phù hợp để đảm bảo an toàn cho công trình.

- Trường hợp mất ổn định nghiêm trọng (nguy hiểm): Đó là trường hợp khi công trình có dấu hiệu không ổn định (nguy hiểm) ở trạng thái mất an toàn hoặc bị sự cố có nguy cơ sụp đổ. Khi đó, đơn vị kiểm định cần sớm đề xuất kiến nghị ngừng sử dụng và triển khai các giải pháp cho phép kiểm soát các tình huống có thể xảy ra nhằm bảo vệ người và tài sản.

5. ĐÁNH GIÁ NGUYÊN NHÂN SỰ CỐ LÚN VÀ NGHIÊNG

Trên cơ sở tổng hợp và phân tích kết quả khảo sát hiện trạng, kết hợp với việc đánh giá các yếu tố kỹ thuật có liên quan, có thể xác định một số nguyên nhân chủ yếu dẫn đến hiện tượng lún nghiêng gây mất ổn định (nguy hiểm) của công trình. Trong đó có thể kể đến là:

- Sử dụng kết quả khảo sát địa chất không chính xác trong giai đoạn thiết kế, dẫn đến lựa chọn giải pháp móng không phù hợp với điều kiện nền đất thực tế;

- Sai sót trong thi công, bao gồm việc không tuân thủ đúng quy trình, quy phạm kỹ thuật hoặc sử dụng vật liệu không đảm bảo chất lượng;

- Vi phạm các quy định của thiết kế trong quá trình khai thác, khi công trình được sử dụng sai công năng, không đúng với dự kiến yêu cầu của

thiết kế ban đầu như: Bố trí tải trọng vượt quá giới hạn cho phép, hoặc phân bố tải trọng không đều, không đúng vị trí theo thiết kế kết cấu;

- Do tác động và ảnh hưởng từ các công trình liền kề xung quanh, đặc biệt là trong điều kiện đô thị hóa nhanh, khi hoạt động thi công, đào móng hoặc ép cọc móng, có thể gây ảnh hưởng đến nền móng hiện hữu kề bên;

- Ảnh hưởng của thiên tai, như động đất, mưa lớn kéo dài hoặc các hiện tượng địa chất bất thường;

- Biến động của mực nước ngầm, đặc biệt khi có sự thay đổi đột ngột về cao trình hoặc lưu lượng dòng chảy ngầm gây mất ổn định nền đất.

Việc xác định đúng nguyên nhân là cơ sở quan trọng để đề xuất giải pháp xử lý kỹ thuật phù hợp nhằm đảm bảo an toàn, ổn định lâu dài cho công trình.

6. KIẾN NGHỊ

Dựa trên kết quả đánh giá hiện trạng và phân tích nguyên nhân gây mất ổn định công trình, cần đề xuất các giải pháp kỹ thuật nhằm khắc phục triệt để các hư hỏng, đảm bảo an toàn cho người và tài sản, đồng thời nâng cao hiệu quả khai thác sử dụng công trình trong dài hạn. Một số kiến nghị chính có thể là:

Thứ nhất, cần ưu tiên triển khai ngay các biện pháp đảm bảo an toàn tạm thời, nhằm phòng ngừa nguy cơ sụp đổ hoặc lan rộng các biểu hiện hư hỏng. Các giải pháp này bao gồm gia cố sơ bộ, hạn chế tải trọng tác động, và thiết lập vùng cảnh báo nguy hiểm.

Thứ hai, đối với các công trình xuất hiện hiện tượng lún nghiêng, cần căn cứ vào mức độ biến dạng và điều kiện địa chất cụ thể để lựa chọn giải pháp gia cố nền móng phù hợp.

Thứ ba, cần tiến hành xử lý các hư hỏng thứ cấp phát sinh do ảnh hưởng của chuyển vị nền móng như: nứt kết cấu tường, nghiêng, nứt sàn, biến dạng cửa đi - cửa sổ, hư hỏng tường bao,... Việc sửa chữa này nhằm khôi phục công năng, tính thẩm mỹ và đảm bảo độ bền của công trình.

Trong trường hợp kết quả kiểm định cho thấy mức độ mất ổn định ở trạng thái nguy hiểm, cần khuyến cáo ngừng sử dụng công trình. Đối với nhà ở dân dụng hoặc công trình làm việc, cần tổ chức sơ tán người và tài sản đến nơi ở tạm, đồng thời yêu cầu chủ đầu tư hoặc đơn vị quản lý khẩn trương triển khai các giải pháp sửa chữa - gia cố cần thiết để đưa công trình trở về trạng thái an toàn theo tiêu chuẩn thiết kế ban đầu.

7. KẾT LUẬN

Công tác khảo sát và đánh giá hiện trạng ổn định công trình là một nội dung trọng tâm trong kiểm định chất lượng công trình xây dựng. Việc thực hiện đầy đủ, chính xác và đồng bộ các bước từ quan sát, đo đạc đến phân tích sẽ giúp nhận diện đúng bản chất và nguyên nhân gây mất ổn định (nguy hiểm) của công trình, làm cơ sở đề xuất các giải pháp xử lý phù hợp.

Bài báo đã đề xuất áp dụng phương pháp tổng hợp vector trong xử lý kết quả đo nghiêng tổng thể công trình, nhằm nâng cao độ chính xác trong đánh giá trạng thái làm việc ổn định - một hướng tiếp cận tham khảo giành cho các đơn vị thực hiện kiểm định xây dựng, kết hợp việc áp dụng và thực hiện theo các chỉ dẫn, quy định của các tiêu chuẩn và tài liệu hiện hành. Đồng thời, nhóm tác giả kiến nghị phương án đo độ nghiêng tại các vị trí khuất, khó tiếp cận đối với các công trình xen kẽ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 2737:2023 về Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế.
- [2] TCVN 5574:2018 về Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
- [3] Nghị định số 06/2021/NĐ-CP về Quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng.
- [4] TCVN 9386:2012 về Thiết kế công trình chịu động đất.
- [5] TCVN 9381:2012 về Hướng dẫn đánh giá mức độ nguy hiểm của kết cấu nhà.
- [6] TCVN 9360:2012 về Quy trình kỹ thuật xác định độ lún công trình dân dụng và công nghiệp bằng phương pháp đo cao hình học.
- [7] TCVN 9400:2024 về Công trình dân dụng và công nghiệp dạng tháp - Xác định độ nghiêng bằng phương pháp trắc địa.
- [8] TCVN 9362:2012 về Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình.