

# ĐÁNH GIÁ ĐỘ CỐ KẾT CỦA ĐẤT YẾU THÔNG QUA CÁC KẾT QUẢ QUAN TRẮC LÚN BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRẮC ĐỊA

TS. NGÔ VĂN HỢI  
Viện KHCN xây dựng

**Tóm tắt:** Có nhiều phương pháp có thể sử dụng để đánh giá độ cố kết của đất yếu trong số đó phương pháp đánh giá theo kết quả quan trắc lún bằng phương pháp Trắc địa được coi là đơn giản và hiệu quả nhất. Bài báo này giới thiệu trình tự thực hiện các công tác Trắc địa phục vụ cho việc đánh giá độ cố kết của đất khi xử lý đất yếu bằng cách gia tải trước. Các vấn đề lý thuyết được minh họa bằng số liệu quan trắc thực tế do Viện KHCN Xây dựng (IBST) thực hiện năm 2004 trên mặt bằng dự án xây dựng kho cảng container Chùa Vẽ Hải Phòng.

## 1. Đặt vấn đề

Khi xử lý các nền đất yếu để xây dựng các công trình việc xác định được độ cố kết của đất ở một thời điểm nào đó là rất quan trọng để có thể quyết định một cách chuẩn xác thời điểm dỡ tải để bắt đầu thi công. Có nhiều phương pháp để xác định độ cố kết của nền đất yếu và một trong những phương pháp đơn giản và hiệu quả là đánh giá thông qua kết quả quan trắc lún bằng phương pháp trắc địa.

## 2. Đất yếu và công tác xử lý đất yếu khi xây dựng các công trình

Đất yếu được hiểu là loại đất mà lực liên kết giữa các hạt khoáng vật rất yếu do đó mà sức kháng cắt của nó nhỏ và hệ số nén lún cao. Khi xây dựng công trình trên các nền đất yếu không được xử lý, kết cấu của đất nhanh chóng bị phá vỡ bởi tải trọng của công trình và các yếu tố khác do đó có thể gây ra các biến dạng và dẫn đến các sự cố nền móng nghiêm trọng. Vì vậy khi xây dựng công trình trên nền đất yếu việc đầu tiên phải thực hiện là xử lý đất yếu.

Mục đích của việc cố kết đất yếu là làm tăng sức chịu tải của đất bằng cách làm giảm hệ số rỗng của đất và tăng độ cố kết của đất. Phương án đơn giản và có độ tin cậy cao hiện nay hay được sử dụng là phương pháp gia tải trước. Nội dung của phương pháp này là gia tải lên lớp đất yếu một tải trọng bằng hoặc lớn hơn tải trọng thiết kế của công trình tương lai. Dưới tác dụng của tải trọng như vậy độ cố kết của đất sẽ tăng dần và tương ứng với nó sức chịu tải của lớp đất cũng tăng lên thỏa mãn yêu cầu làm nền móng tự nhiên cho công trình xây dựng.

Đất yếu thường có độ ẩm cao vì vậy nước trong các lỗ rỗng của đất sẽ tạo ra một áp lực chống lại áp lực nén khi gia tải gọi là áp lực nước lỗ rỗng. Vì vậy để đạt nhanh hiệu quả của công tác cải tạo đất yếu người ta thường sử dụng các giải pháp rút nước ra khỏi các lỗ rỗng như phương pháp giếng cát, phương pháp cắm bấc thấm vv để tiêu tán áp lực do chúng tạo ra.

Độ cố kết của đất tại một thời điểm nào đó có thể được xác định một cách gần đúng theo công thức

$$K = \frac{S_t}{S_{gh}} \times 100\% \quad (1)$$

Trong đó:

$S_t$  - Độ lún tại thời điểm  $t$ ;

$S_{gh}$  - Độ lún giới hạn của lớp đất.

Đối với đa số các công trình (giao thông, thủy lợi) độ cố kết  $K=90\%$  coi như đạt yêu cầu và có thể dỡ tải để thực hiện công tác thi công các kết cấu bề mặt.

Như vậy công tác xử lý đất yếu khi thi công xây dựng công trình bằng phương pháp gia tải trước bao gồm hai nội dung chính sau đây:

- Tổ chức thực hiện việc thoát nước tự do ra khỏi các lỗ rỗng của đất;
- Gia tải để tăng cường độ cố kết của đất và sức chịu tải của nó.

Trong quá trình xử lý đất yếu, việc xác định độ cố kết của đất ở một thời điểm nào đó với độ chính xác hợp lý có một ý nghĩa rất quan trọng. Một trong những phương pháp đơn giản có độ tin cậy cao đó là phương pháp trắc địa. Dưới đây chúng tôi sẽ trình bày nội dung và trình tự thực hiện các công tác trắc địa khi quan trắc lún để đánh giá độ cố kết của đất yếu.

### **3. Công tác trắc địa để đánh giá độ cố kết của đất yếu khi thi công xây dựng các công trình**

Công tác trắc địa khi quan trắc để đánh giá độ cố kết của đất bao gồm các nội dung sau:

#### **a. Xây dựng mốc chuẩn để quan trắc lún**

Mốc chuẩn để quan trắc lún phải đáp ứng các qui định trong TCXDVN 271:2002. Tuy nhiên trong trường hợp này độ lún tuyệt đối và tốc độ lún thường khá lớn nên thông thường chỉ cần xây dựng mốc chuẩn loại C là đủ. Trong một số trường hợp có thể gắn mốc chuẩn vào các công trình xây dựng có sẵn gần khu vực quan trắc như thành cống, mố cầu, tường nhà...

#### **b. Lắp đặt các mốc đo lún**

Các mốc đo lún trong trường hợp này phải thoả mãn các điều kiện sau đây:

- Tiếp nhận một cách đầy đủ độ lún của các lớp đất trong quá trình gia tải trước;
- Thuận tiện cho việc thực hiện đo đạc khi quan trắc;
- Giá cả hợp lý và bảo quản đơn giản.

Để các mốc quan trắc lún có thể tiếp nhận một cách đầy đủ độ lún của các lớp đất khi gia tải trước tiết diện của đế mốc không nên nhỏ quá  $0,5m^2$ . Đế mốc có thể làm bằng thép dày 5mm hoặc làm bằng bê tông cốt thép dày ít nhất 100mm. Thân mốc cũng bằng thép hoặc bê tông cốt thép liên kết chặt với đế mốc tại phần giữa của nó. Thân mốc dài hay ngắn tùy thuộc vào bề dày của lớp đất yếu và lớp gia tải. Để tiện cho việc quan trắc chiều dài thân mốc phải được chọn sao cho sau khi thực hiện gia tải đủ độ dày thân mốc còn nhô lên trên mặt lớp gia tải khoảng 0.5m. Mặt độ mốc trên mặt bằng được bố trí tùy theo yêu cầu của tư vấn thiết kế. Đối với kho cảng thông thường cứ  $500m^2$  mặt bằng có một mốc, đối với đường giao thông nếu đoạn đất yếu có chiều dài  $<100m$  thì bố trí 3 mốc thành một mặt cắt tại vùng giữa của khu vực đất yếu trong đó một mốc tại tim đường và hai mốc tại hai mép đường. Nếu khu vực đất yếu dài trên 100m thì ít nhất phải có 2 mặt cắt quan trắc và sau đó cứ thêm 100m thì thêm 1 mặt cắt quan trắc.

#### **c. Tổ chức quan trắc**

Việc quan trắc được thực hiện theo các bước sau đây:

- Xác định độ cao ban đầu của các mốc.

Việc xác định độ cao ban đầu ( $H_0$ ) của các mốc được thực hiện ngay sau khi mốc được lắp đặt xong bằng thủy chuẩn hình học với độ chính xác tương đương thủy chuẩn nhà nước hạng III.

- Thực hiện đo đạc xác định độ lún của các mốc.

Sau khi hoàn tất quá trình gia tải thì mới tiến hành quan trắc độ lún của các mốc một cách định kỳ với chu kỳ 2, 3, 5 ngày (hoặc lâu hơn) một lần đo tùy theo tốc độ lún cụ thể của các lớp đất.

#### **d. Xử lý các số liệu đo đạc**

Khác với việc xử lý các số liệu đo lún các công trình dân dụng và công nghiệp thông thường, ở đây ngoài việc bình sai xác định các tham số lún chủ yếu cần phải mô tả quá trình lún bằng các phương trình toán học, xác lập các tham số của mô hình thông qua chuỗi các kết quả quan trắc và dựa vào đó để xác định độ cố kết của đất. Trên thế giới hiện nay đối với đất yếu thoát nước bằng bắc thấm có thể sử dụng 2 mô hình lún thông dụng đó là:

- Mô hình Hyperbolic

$$S_t = S_0 + \frac{t}{\alpha + \beta t} \quad (2)$$

- Mô hình hàm số mũ

$$S_t = S_C (1 - \alpha e^{-\beta t}) \quad (3)$$

Trong các công thức (2) và (3)

$S_t$  - Độ lún tại thời điểm  $t$ ,

$S_0$  - Độ lún ở thời điểm ban đầu khi chất đủ tải,

$t$  - Thời điểm quan trắc,

$S_C$  - Độ lún toàn phần,

$\alpha, \beta$  - Các hệ số hồi qui.

Độ lún giới hạn của điểm quan trắc chính là giới hạn của các hàm (2) và (3) khi  $t \rightarrow \infty$ .

Giới hạn của hàm (2) khi  $t \rightarrow \infty$   $\lim \left( S_0 + \frac{t}{\alpha + \beta t} \right) = S_0 + \frac{1}{\beta}$

Giới hạn của hàm (3) khi  $t \rightarrow \infty$   $\lim S_C (1 - \alpha e^{-\beta t}) = S_C$

Sau khi xác định được độ lún giới hạn có thể dễ dàng xác định được độ cố kết của đất theo công thức (1) và dự báo thời điểm độ cố kết của đất đạt đến một giá trị cho trước nào đó.

#### **4. Quan trắc lún để đánh giá độ cố kết của đất yếu khi thi công kho cảng Container Chùa Vẽ, Hải Phòng**

##### *a. Giới thiệu chung về dự án*

Kho cảng Container Chùa Vẽ Hải Phòng là một gói thầu của dự án mở rộng và nâng cấp cảng Hải Phòng giai đoạn 2. Mặt bằng dự án có diện tích 6,5ha nằm cách cảng Hải Phòng khoảng 1km về phía Đông Nam. Đây là một vùng đất yếu nằm trên bờ sông Cấm, theo kết quả tính toán tiên lượng độ lún thì với tải trọng thiết kế tương đương với 6 lớp container đầy hàng thì độ lún sẽ đạt giá trị - 1,5m.

Để đảm bảo chất lượng công trình nhà thầu đã triển khai công tác gia tải trước cho mặt bằng bằng một lớp đá 3x4 độ dày 4,5m. Trước khi gia tải nhà thầu đã áp dụng phương pháp cắm bắc thăm để tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng. Mật độ cắm bắc thăm là 1/0.5m<sup>2</sup>.

Để đánh giá độ cố kết của đất trên mặt bằng nhà thầu đã đặt tổng cộng 130 mốc quan trắc (mật độ trung bình 1mốc trên 500m<sup>2</sup>). Các mốc được rải đều trên toàn bộ bề mặt dự án thành một lưới ô vuông khoảng 22x22m. Cả phần đế và phần thân của mốc quan trắc được làm bằng thép trong đó đế mốc là thép tấm có kích thước 1000x1000x5mm (dài, rộng và dày), thân mốc là ống thép đường kính 76mm dày 2mm trên thân mốc có vạch các dấu để đo độ cao của mốc phục vụ cho việc đánh giá độ lún của chúng. Hình dạng và phân bố các mốc đo lún trên mặt bằng được thể hiện trên hình 1. Ngoài ra để theo dõi quá trình tiêu tán áp lực nước lỗ rỗng trên mặt bằng cũng đã lắp đặt 10 đầu đo áp lực nước lỗ rỗng loại dây rung do hãng Slope Indicator (chi nhánh tại Indonesia) cung cấp. Để tiết kiệm chi phí nhà thầu chia mặt bằng thành 6 lô mỗi lô khoảng 1ha và thi công theo phương pháp cuốn chiếu.

##### *b. Quá trình quan trắc*

Ngay sau khi lắp đặt các mốc độ cao ban đầu của chúng  $H_0$  được xác định bằng phương pháp thủy chuẩn hình học có độ chính xác tương đương thủy chuẩn hạng III. Các số liệu độ cao ban đầu được ghi chép và lưu trữ cẩn thận.

Sau khi nhà thầu gia tải đủ tải việc quan trắc được bắt đầu với tần suất ban đầu 2 ngày đo một lần sau đó giảm dần sao cho độ lún giữa 2 lần cho liền kề không nhỏ hơn -5mm. Số liệu quan trắc đối với 1 mốc được ghi trong bảng 1.



**Hình 1.** Các mốc đo lún trên mặt bằng dự án xây dựng kho cảng container Chùa Vẽ, Hải Phòng

**Bảng 1.** Kết quả quan trắc lún mốc A9

Số ngày	Độ lún (m)	Số ngày	Độ lún (m)	Số ngày	Độ lún (m)
2	-0.753	18	-0.916	48	-1.052
4	-0.776	20	-0.931	52	-1.065
6	-0.804	24	-0.957	56	-1.071
8	-0.829	28	-0.979	60	-1.088
10	-0.848	32	-0.999	65	-1.099
12	-0.867	36	-1.014	70	-1.110
14	-0.881	40	-1.029	75	-1.121
16	-0.900	44	-1.042	80	-1.127

$$S_0 = -0.723m$$

**c. Xử lý số liệu quan trắc**

Dưới đây chúng tôi sẽ trình bày quá trình xử lý số liệu khi sử dụng hàm Hyperbolic để mô tả quá trình lún

Biến đổi phương trình (2) sẽ được

$$\alpha + \beta t - \frac{t}{S_t - S_0} = 0 \quad (4)$$

Phương trình (4) gọi là phương trình quan trắc (vì mỗi lần quan trắc chúng ta đều lập được 1 phương trình như trên). Trong phương trình này chúng ta có hai ẩn số cần xác định là  $\alpha$  và  $\beta$  các tham số khác như  $t$ ,  $S_0$ ,  $S_t$  đều đã được xác định.

Từ (4) có thể thấy điều kiện cần và đủ để xác định được các hệ số hồi qui  $\alpha$  và  $\beta$  là có hai số liệu quan trắc tại hai thời điểm khác nhau, dựa vào cặp số liệu này chúng ta có thể lập được một hệ gồm 2 phương trình với 2 ẩn số, giải hệ phương trình này sẽ xác định được các ẩn số cần tìm.

Trong thực tế bao giờ cũng phải thực hiện một chuỗi gồm rất nhiều kết quả quan trắc (càng nhiều số liệu quan trắc độ tin cậy của kết quả xác định các hệ số càng cao), chuỗi kết quả này cho phép chúng ta lập được một hệ phương trình quan trắc. Dưới dạng ma trận hệ phương trình này được viết như sau:

$$AX + L = 0 \quad (5)$$

Trong đó :

A – Ma trận hệ số của hệ phương trình quan trắc gồm n hàng (n- số lượng quan trắc đã được thực hiện) và 2 cột. Cột đầu tiên là hệ số trước ẩn số thứ nhất  $\alpha$ , cột thứ 2 là hệ số đứng trước ẩn số thứ 2 ( $\beta$ ) là thời gian t;

X – Véc tơ ẩn số (gồm 2 phần tử)  $X^T = \alpha, \beta$ ;

L – Véc tơ số hạng tự do,  $L^T = t_1/(S_{t1}-S_0), t_2/(S_{t2}-S_0), \dots t_n/(S_{tn}-S_0)$ .

Hệ phương trình (5) gồm n phương trình và 2 ẩn số ( $n>2$ ) như vậy hệ phương trình (5) sẽ có vô số nghiệm. Trong trường hợp này tốt nhất nên sử dụng nguyên lý số bình phương nhỏ nhất để giải.

Theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất từ hệ (5) chúng ta sẽ có một hệ phương trình sau đây (gọi là hệ phương trình chuẩn) với ma trận hệ số R là một ma trận vuông đối xứng qua đường chéo chính:

$$RX + B = 0 \quad (6)$$

Trong đó

R- Ma trận hệ số của hệ phương trình chuẩn.

$$R = A^T A; \quad (7)$$

$$B = A^T L. \quad (8)$$

Giải hệ phương trình (6) theo công thức

$$X = -R^{-1}B \quad (9)$$

Xác định độ lún giới hạn theo công thức

$$S_{gh} = S_0 + 1/\beta \quad (10)$$

Sau khi xác định được độ lún giới hạn có thể dễ dàng tính được độ lún ứng với độ cố kết cho trước nào đó và thời điểm đạt độ cố kết yêu cầu.

#### d. Trình tự tính toán

Việc tính toán xử lý số liệu được thực hiện theo các bước như sau:

Bước 1: Lập hệ phương trình quan trắc theo công thức (4). Ma trận A trong trường hợp cụ thể cho chuỗi quan trắc trong bảng 1 gồm 24 hàng và 2 cột trong đó tất cả các phần tử ở cột 1 đều có giá trị bằng 1 (hệ số của ẩn số thứ nhất), các phần tử trên cột 2 là thời gian t, véc tơ số hạng tự do L (tính theo công thức 4) có dạng:

$$L^T = (-66.486, -75.4717, -74.0741, -75.4717, -79.982, -83.356, -88.6076, -90.3955, -93.478, -96.1538, -102.564, -109.375, -115.942, -123.844, -130.592, -137.931, -145.897, -152.047, -159.091, -164.332, -172.767, -180.879, -188.442, -198.072)$$

Ma trận R có dạng

$$R = \begin{pmatrix} 24 & 820 \\ 820 & 41650 \end{pmatrix}$$

Véc tơ B có dạng:  $B^T = (-2905.25, -122110)$

Như vậy hệ phương trình chuẩn được viết như sau:

$$24\alpha + 820\beta - 2905.25 = 0$$

$$820\alpha + 41650\beta - 122110 = 0$$

Giải hệ phương trình này ta được:

$$\alpha = -63.795$$

$$\beta = -1.676$$

Độ lún giới hạn  $S_{gh} = -1.320$

Độ lún ứng với độ cố kết K=90% là:  $-1.188$

Thời điểm đạt độ cố kết 90% là 136 ngày kể từ khi chất đủ tải.

## **5. Kết luận**

Phương pháp Trắc địa để đánh giá độ cố kết trong quá trình xử lý đất yếu là một phương pháp khá đơn giản, ít tốn kém, cho kết quả tin cậy và có tính khả thi cao. Phương pháp này có thể được sử dụng rất hiệu quả trong xây dựng các tuyến đường giao thông, các kho cảng và các công trình khác.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. TẠ ĐỨC THỊNH, NGUYỄN HUY PHƯƠNG, Cơ học đất, *NXB Xây dựng, Hà Nội, 2002.*
2. PHAN VĂN HIẾN, NGÔ VĂN HỢI và nnk..., Trắc địa Công trình, *NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 1999.*
3. Tan TS, Inoue T, Lee SL. 'Hyperbolic method for consolidation analysis' *Journal Geotech. Engineering, ASCE, 117(11) 1723-1737.*