

# Quan trắc trong quá trình thi công nền đắp trên nền đất yếu

## Monitoring during the construction process of embankment on soft ground

> **THS TRẦN MINH HẢI, GS.TS TRỊNH MINH THỤ, PGS.TS ĐỖ THẮNG\***

Trường Đại học Thủy lợi; \*Email: dothang@tlu.edu.vn

### TÓM TẮT

Quan trắc có vai trò rất quan trọng trong việc đánh giá sự ổn định nền đường và dự báo độ lún còn lại khi xây dựng nền đắp trên nền đất yếu. Từ công tác quan trắc nền đường đầu cầu Cầu An - tỉnh Hưng Yên, bài báo kiến nghị bổ sung các yêu cầu khi phân tích dữ liệu quan trắc và tiêu chí đánh giá ổn định nền đường cũng như điều kiện dỡ tải để thi công mặt đường, góp phần nâng cao hiệu quả của giải pháp xử lý nền đất yếu.

**Từ khóa:** Quan trắc; đường đầu cầu; nền đất yếu.

### ABSTRACT

Monitoring plays a crucial role in assessing embankment stability and predicting residual settlement during construction on soft ground. Based on the monitoring activities conducted at the Cầu An approach embankment in Hưng Yên province, the paper proposes additional requirements for analyzing monitoring data and criteria for assessing embankment stability, as well as unloading conditions for pavement construction. These recommendations aim to enhance the effectiveness of solutions for treating soft ground conditions.

**Keyword:** Monitoring; approach embankment; soft ground

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

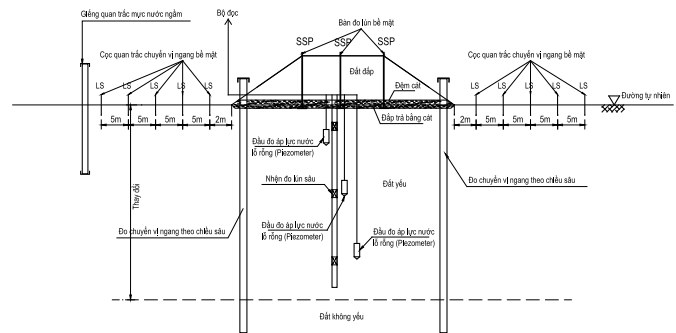
Khi xây dựng nền đắp trên nền đất yếu, để kiểm chứng lại mô hình tính toán, thông số đầu vào và hiệu quả của các giải pháp xử lý nền đất yếu cần phải bố trí hệ thống quan trắc. Đây cũng là cơ sở để tính toán tốc độ đắp gia tải, theo dõi mức độ ổn định công trình và là căn cứ để chuyển giai đoạn thi công tiếp theo, dự báo độ lún sau thi công. Với nền đất yếu được xử lý bằng cách tăng nhanh độ cố kết như bắc thấm, giếng cát, cọc cát ngoài việc quan trắc lún bề mặt và chuyển vị ngang trên bề mặt cần phải quan trắc lún theo chiều sâu, dịch chuyển ngang sâu, áp lực nước lỗ rỗng, mực nước ngầm.

Theo tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam, TCCS 41:2022/TCĐBVN [1] và TCVN 9355:2013 [2], ngoại trừ quan trắc lún theo chiều sâu, các hệ thống quan trắc còn lại cũng được quy định cho từng trường hợp. Tuy nhiên, việc phân tích dữ liệu quan trắc và tiêu chí đánh giá ổn định nền đường cũng như thời điểm dỡ tải

thi công mặt đường từ dữ liệu quan trắc chưa đầy đủ. Vì vậy, thông qua kết quả quan trắc của một công trình thực tế, bài báo kiến nghị bổ sung các yêu cầu khi phân tích dữ liệu quan trắc và tiêu chí đánh giá góp phần nâng cao hiệu quả của giải pháp xử lý nền đất yếu.

### 2. HỆ THỐNG QUAN TRẮC

Sơ đồ bố trí hệ thống quan trắc hiện trường khi xây dựng nền đắp trên nền đất yếu phổ biến hiện nay được thể hiện ở hình 1.



**Hình 1.** Sơ đồ bố trí hệ thống quan trắc

- Quan trắc lún bề mặt để xác định quá trình lún thực tế của bề mặt nền đắp trên nền đất yếu theo thời gian trong và sau khi kết thúc thi công; đồng thời dự báo được các sự cố có thể xảy ra trong quá trình thi công đắp đất;

- Quan trắc lún theo chiều sâu có thể đánh giá được tỷ lệ và mức độ lún của từng lớp đất tại địa điểm quan sát giúp đánh giá chính xác hơn các tính toán ban đầu, dự báo độ cố kết của các tầng lớp đất;

- Quan trắc chuyển vị ngang trên bề mặt kết hợp số liệu độ lún của bàn đo lún tại tim, vai nền đắp ta có thể đánh giá được độ ổn định của nền đắp, kiểm soát được độ ổn định trong quá trình đắp;

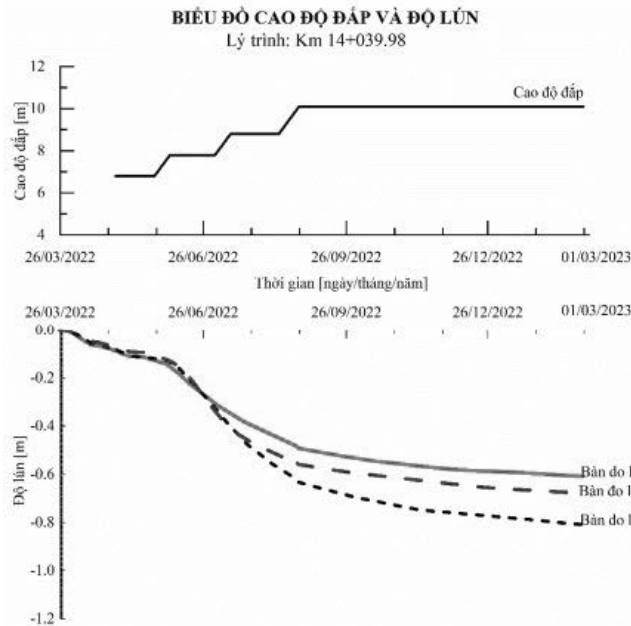
- Quan trắc áp lực nước lỗ rỗng ở các cao độ nhằm đánh giá về chế độ thủy lực của đất nền đất yếu, mức độ cố kết của các lớp đất nền khác nhau trong phạm vi tác dụng của tải trọng đắp và điều chỉnh quá trình thi công tránh các sự cố có thể xảy ra;

- Quan trắc mực nước ngầm để xác định được cao độ tự nhiên của mực nước ngầm xung quanh khu vực nền đắp từ đó đánh giá được áp lực nước lỗ rỗng trạng thái tự nhiên của đất nền ngoài phạm vi ảnh hưởng của tải trọng đắp. Kết hợp với kết quả quan trắc áp lực nước lỗ rỗng nhằm đánh giá sự thay đổi của mực nước ngầm và mức độ cố kết của nền đất;

- Quan trắc dịch chuyển ngang theo chiều sâu xác định quá trình chuyển dịch ngang của đất nền ở các độ sâu khác nhau, từ đó



đồ tương quan chiều cao đắp và độ lún theo thời gian có hình dạng như hình 6.



**Hình 6.** Biểu đồ tương quan chiều cao đắp và độ lún theo thời gian

Từ biểu đồ tương quan giữa chiều cao đắp và độ lún bề mặt có thể thấy độ lún tăng nhanh trong quá trình đắp và giảm dần trong quá trình chờ cố kết. Cuối giai đoạn chờ cố kết biểu đồ lún có xu hướng đi ngang chứng tỏ tốc độ lún nhỏ và xu thế tắt dần.

Độ lún tại các bản đồ lún trên cùng mặt cắt ngang có giá trị khác nhau do sự phân bố tải trọng và mức độ cố kết của nền đất. Độ lún lớn nhất tại vị trí giữa nền đắp mới (bản đồ lún 2) và nhỏ nhất tại vị trí tiếp giáp đường cũ và đường mới (bản đồ lún 1) do nền đất yếu trong phạm vi này đã được cố kết một phần từ giai đoạn thi công trước.

**4.2. Quan trắc lún theo chiều sâu**

Quan trắc lún theo chiều sâu cho phép ta dự báo được độ lún của các lớp đất dưới nền đắp, từ đó có cơ sở đánh giá hiệu quả xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm. Thống kê chi tiết các mặt cắt quan trắc lún sâu được thể hiện trong bảng 1.

**Bảng 1.** Tổng hợp kết quả quan trắc lún sâu

| STT | Mặt cắt     | Tên thiết bị | Độ sâu (m) | Độ lún đạt được (cm) |
|-----|-------------|--------------|------------|----------------------|
| 1   | Km13+691.59 | D35-DS-1     | 7.654      | 60.9                 |
| 2   | Km13+691.59 | D35-DS-2     | 12.903     | 43.0                 |
| 3   | Km13+691.59 | D35-DS-3     | 17.194     | 30.9                 |
| 4   | Km13+789.99 | D37-DS-1     | 9.114      | 54.9                 |
| 5   | Km13+789.99 | D37-DS-2     | 14.415     | 31.8                 |
| 6   | Km13+789.99 | D37-DS-3     | 18.628     | 27.5                 |
| 7   | Km14+119.98 | D42-DS-1     | 9.133      | 53.0                 |
| 8   | Km14+119.98 | D42-DS-2     | 14.397     | 33.6                 |
| 9   | Km14+119.98 | D42-DS-3     | 18.639     | 26.4                 |

Độ lún theo chiều sâu lần lượt thay đổi từ 26.4cm đến 60.9cm cho thấy hiệu quả xử lý nền đã đạt tới các độ sâu trên. Ngoài ra, càng xuống sâu thì hiệu quả xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm càng giảm (chênh lệch độ lún giữa các nhện đo 2-3 nhỏ hơn nhiều so với 1-2). Điều này phù hợp với biểu đồ áp suất do tải trọng đắp giảm dần theo chiều sâu.

**4.3. Quan trắc dịch chuyển ngang bề mặt**

Tổng hợp kết quả quan trắc dịch chuyển ngang bề mặt tại các mặt cắt được tổng hợp trong bảng 2.

**Bảng 2.** Tổng hợp kết quả quan trắc dịch chuyển ngang

| STT | Mặt cắt     | Tốc độ dịch chuyển lớn nhất theo ngày |                               |                               |                               |                               |
|-----|-------------|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|     |             | Cọc 1                                 | Cọc 2                         | Cọc 3                         | Cọc 4                         | Cọc 5                         |
|     |             | Chuyển dịch theo phương X (m)         | Chuyển dịch theo phương X (m) | Chuyển dịch theo phương X (m) | Chuyển dịch theo phương X (m) | Chuyển dịch theo phương X (m) |
| 1   | Km13+579.98 | -0.004                                | -0.004                        | -0.004                        | -0.004                        | -0.004                        |
| 2   | Km13+639.98 | -0.004                                | -0.004                        | -0.004                        | -0.004                        | -0.004                        |
| 3   | Km13+691.59 | -0.004                                | -0.004                        | -0.004                        | -0.004                        | -0.004                        |
| 4   | Km13+739.98 | -0.004                                | -0.003                        | -0.004                        | -0.004                        | -0.003                        |
| 5   | Km13+789.99 | -0.004                                | -0.003                        | -0.004                        | -0.004                        | -0.003                        |
| 6   | Km14+019.99 | -0.004                                | -0.004                        | -0.004                        | -0.004                        | -0.003                        |
| 7   | Km14+039.98 | -0.004                                | -0.004                        | -0.004                        | -0.003                        | -0.003                        |
| 8   | Km14+079.99 | -0.004                                | -0.004                        | -0.004                        | -0.003                        | -0.003                        |
| 9   | Km14+119.98 | -0.003                                | -0.004                        | -0.004                        | -0.003                        | -0.003                        |
| 10  | Km14+173.00 | -0.004                                | -0.004                        | -0.004                        | -0.003                        | -0.003                        |
| 11  | Km14+279.98 | -0.004                                | -0.004                        | -0.004                        | -0.003                        | -0.004                        |

Kết quả quan trắc dịch chuyển ngang bề mặt cho thấy, dịch chuyển ngang lớn nhất tại các mặt cắt là 4mm/ngày. Xét ổn định tổng thể của khối đắp trong thời gian chất tải, không có dấu hiệu mất ổn định của khối đắp, tốc độ dịch chuyển ngang không vượt quá giá trị chuyển vị cho phép là 5mm/ngày.

**4.4. Quan trắc áp lực nước lỗ rỗng**

Tổng hợp kết quả đo áp lực nước lỗ rỗng theo kết quả quan trắc tại các mặt cắt được trình bày ở bảng 3.

**Bảng 3.** Tổng hợp kết quả đo áp lực nước lỗ rỗng

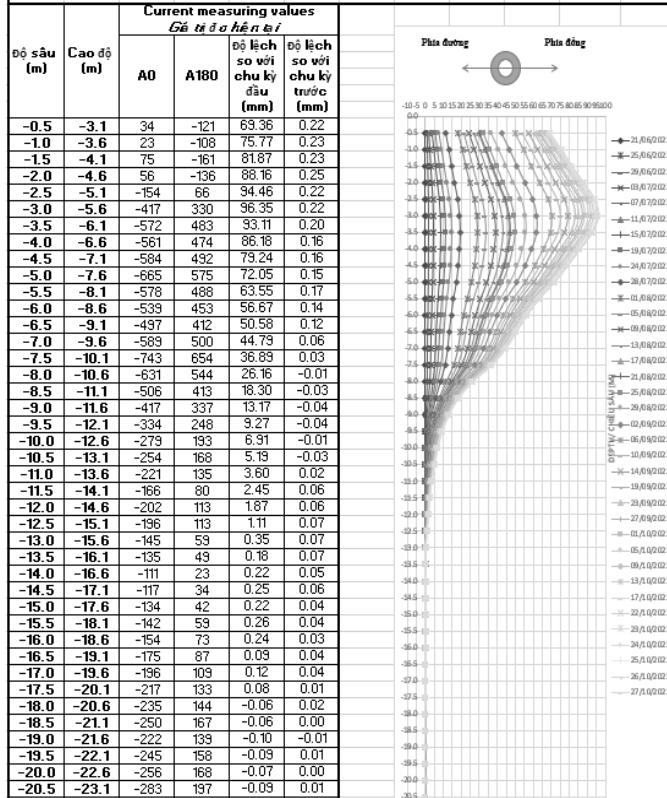
| STT | Mặt cắt     | Ký hiệu thiết bị | Áp lực nước lỗ rỗng ban đầu (kG/cm <sup>2</sup> ) | Áp lực nước lỗ rỗng sau khi xử lý nền (kG/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|-------------|------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1   | Km13+579.98 | D33-PZ2          | 0.834                                             | 0.618                                                       |
| 2   | Km13+639.98 | D34-PZ1          | 0.488                                             | 0.222                                                       |
|     |             | D34-PZ2          | 0.952                                             | 0.698                                                       |
| 3   | Km13+691.59 | D35-PZ1          | 0.528                                             | 0.211                                                       |
|     |             | D35-PZ2          | 0.984                                             | 0.709                                                       |
| 4   | Km13+739.98 | D36-PZ1          | 0.486                                             | 0.247                                                       |
|     |             | D36-PZ2          | 0.990                                             | 0.721                                                       |
| 5   | Km13+789.99 | D37-PZ1          | 0.487                                             | 0.259                                                       |
|     |             | D37-PZ2          | 1.043                                             | 0.782                                                       |
| 6   | Km14+019.99 | D39-PZ1          | 0.31                                              | 0.215                                                       |
|     |             | D39-PZ2          | 0.794                                             | 0.709                                                       |
| 7   | Km14+039.98 | D40-PZ1          | 0.451                                             | 0.264                                                       |
|     |             | D40-PZ2          | 0.790                                             | 0.656                                                       |
| 8   | Km14+079.99 | D41-PZ1          | 0.401                                             | 0.269                                                       |
|     |             | D41-PZ2          | 0.906                                             | 0.781                                                       |
| 9   | Km14+119.98 | D42-PZ1          | 0.385                                             | 0.274                                                       |
|     |             | D42-PZ2          | 1.025                                             | 0.744                                                       |
| 10  | Km14+173.00 | D43-PZ1          | 0.550                                             | 0.275                                                       |
|     |             | D43-PZ2          | 0.934                                             | 0.673                                                       |
| 11  | Km14+279.98 | D46-PZ2          | 0.869                                             | 0.512                                                       |

Áp lực nước lỗ rỗng có thể gia tăng trong quá trình gia tải và tiêu tán dần dưới áp lực của tải trọng theo thời gian. Việc suy giảm áp lực nước lỗ rỗng thể hiện sự cố kết nền đất và biện pháp xử lý nền mang lại hiệu quả.

**4.5. Quan trắc dịch chuyển ngang theo chiều sâu**

Dịch chuyển ngang theo chiều sâu thể hiện dịch chuyển các

lớp đất từ mặt đất xuống phía dưới khi chịu ảnh hưởng của tải trọng khối đắp. Hướng dịch chuyển chủ đạo là vuông góc với tim đường và hướng ra phía ruộng (hình 7). Kết quả tổng hợp dịch chuyển ngang tại các mặt cắt được trình bày trong bảng 4.



Hình 7. Biểu đồ chuyển vị ngang theo chiều sâu

Bảng 4. Tổng hợp kết quả quan trắc dịch chuyển ngang theo chiều sâu

| STT | Mặt cắt     | Ký hiệu thiết bị | Biên độ dịch chuyển ngang lớn nhất (mm) | Độ sâu đạt dịch chuyển ngang lớn nhất (m) |
|-----|-------------|------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1   | Km13+691.59 | D35-INC          | 68.32                                   | -7.0                                      |
| 2   | Km13+789.99 | D37-INC          | 54.54                                   | -6.5                                      |
| 3   | Km14+019.99 | D39-INC          | 44.30                                   | -8.7                                      |
| 4   | Km14+119.98 | D42-INC          | 106.51                                  | -3.5                                      |

Bảng 6. Bảng phân tích hiệu quả xử lý nền theo kết quả quan trắc lún mặt

| STT | Đoạn |                           | Chiều dài (m) | Chiều cao đắp (m) | Kết quả quan trắc |                                   |                     |                        | Thiết kế                  |                           |                        |
|-----|------|---------------------------|---------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|
|     |      |                           |               |                   | Lún bề mặt (cm)   | Độ lún cuối cùng theo Asaoka (cm) | Mức độ cố kết U (%) | Độ lún dư dự kiến (cm) | Độ cố kết trung bình (U%) | Tổng độ lún lớn nhất (cm) | Độ lún dư dự kiến (cm) |
| 1   | Đ33  | Km13+539.98 - Km13+619.98 | 80            | 3.69              | 83.4              | 90.39                             | 92.3                | 7                      | 88                        | 82.59                     | 8.96                   |
| 2   | Đ34  | Km13+619.98 - Km13+659.98 | 40            | 4.61              | 102.3             | 110.54                            | 92.5                | 8.2                    | 91                        | 105.4                     | 8.39                   |
| 3   | Đ35  | Km13+659.98 - Km13+710.00 | 50.02         | 5.69              | 98.8              | 104.96                            | 94.1                | 6.2                    | 92.6                      | 104.99                    | 6.88                   |
| 4   | Đ36  | Km13+710.00 - Km13+760.98 | 50.98         | 5.6               | 121.3             | 132.13                            | 91.8                | 10.8                   | 90.6                      | 107.42                    | 9.1                    |
| 5   | Đ37  | Km13+760.98 - Km13+806.49 | 45.51         | 6.39              | 85.4              | 92.34                             | 92.5                | 6.9                    | 92                        | 116.24                    | 8.36                   |
| 6   | Đ39  | Km13+977.41 - Km14+019.99 | 42.58         | 8.08              | 127.5             | 136.67                            | 93.3                | 9.2                    | 93.3                      | 159.65                    | 9.39                   |
| 7   | Đ40  | Km14+019.99 - Km14+059.98 | 39.99         | 7.64              | 80.8              | 88.46                             | 91.3                | 7.7                    | 89.8                      | 92.48                     | 8.57                   |
| 8   | Đ41  | Km14+059.98 - Km14+099.99 | 40.01         | 7.01              | 80.2              | 86.49                             | 92.7                | 6.3                    | 88.7                      | 95.56                     | 9.91                   |
| 9   | Đ42  | Km14+099.99 - Km14+139.98 | 39.99         | 6.07              | 88.2              | 94.56                             | 93.3                | 6.4                    | 88.8                      | 88.19                     | 9.11                   |
| 10  | Đ43  | Km14+139.98 - Km14+194.01 | 54.03         | 4.89              | 83.8              | 90.83                             | 92.3                | 7                      | 84.5                      | 73.27                     | 10.72                  |
| 11  | Đ46  | Km14+194.01 - Km14+310.00 | 116           | 2.19              | 75.1              | 81.5                              | 92.2                | 6.4                    | 76.6                      | 36.48                     | 8.62                   |

Từ biểu đồ hình 7 và bảng 4 cho thấy chuyển vị ngang của nền đất yếu dưới nền đắp lớn nhất không phải nằm trên mặt mà ở độ sâu từ vài ba mét trở lên tùy thuộc chiều cao đắp và tính chất nền đất yếu. Vì vậy, với nền đường đắp cao trên đất yếu, việc bố trí hệ thống quan trắc chuyển vị ngang theo chiều sâu là rất cần thiết.

#### 4.6. Tổng hợp đánh giá hiệu quả xử lý nền theo kết quả quan trắc

Độ cố kết của nền tính theo áp lực nước lỗ rỗng được thống kê trong bảng 5.

Bảng 5. Độ cố kết của nền đất yếu tính theo áp lực nước lỗ rỗng

| STT | Mặt cắt     | Ký hiệu thiết bị | Mức độ cố kết U theo áp lực nước lỗ rỗng (%) |
|-----|-------------|------------------|----------------------------------------------|
| 1   | Km13+579.98 | D33-PZ2          | 90.38                                        |
| 2   | Km13+639.98 | D34-PZ1          | 89.26                                        |
|     |             | D34-PZ2          | 86.99                                        |
| 3   | Km13+691.59 | D35-PZ1          | 91.72                                        |
|     |             | D35-PZ2          | 88.31                                        |
| 4   | Km13+739.98 | D36-PZ1          | 89.85                                        |
|     |             | D36-PZ2          | 86.76                                        |
| 5   | Km13+789.99 | D37-PZ1          | 90.48                                        |
|     |             | D37-PZ2          | 85.08                                        |
| 6   | Km14+019.99 | D39-PZ1          | 90.48                                        |
|     |             | D39-PZ2          | 85.86                                        |
| 7   | Km14+039.98 | D40-PZ1          | 89.47                                        |
|     |             | D40-PZ2          | 84.76                                        |
| 8   | Km14+079.99 | D41-PZ1          | 91.03                                        |
|     |             | D41-PZ2          | 85.79                                        |
| 9   | Km14+119.98 | D42-PZ1          | 90.24                                        |
|     |             | D42-PZ2          | 87.93                                        |
| 10  | Km14+173.00 | D43-PZ1          | 90.16                                        |
|     |             | D43-PZ2          | 87.55                                        |
| 11  | Km14+279.98 | D46-PZ2          | 90.61                                        |

Có thể thấy mức độ cố kết có sự chênh lệch theo chiều sâu, càng xuống sâu thì độ cố kết càng giảm (PZ1 đặt tại cao độ -1.00 còn PZ2 đặt tại cao độ từ -5.00 đến -6.10), tức là hiệu quả xử lý nền đất yếu bằng bắc thăm càng giảm.

Từ số liệu quan trắc lún bề mặt, sử dụng phương pháp Asaoka để xác định độ lún cuối cùng và tính toán được độ cố kết cũng như độ lún còn lại. Kết quả tính toán được so sánh với giá trị tính toán theo lý thuyết và được tổng hợp ở bảng 6.

Từ bảng 6 ta thấy độ lún tính toán theo lý thuyết có sự sai khác so với phương pháp Asaoka, trong đó lớn nhất tại Đ46 là -55.2%, tiếp theo là Đ37 là +25.9%, các mặt cắt còn lại sai khác dưới 20%. Chiều đắp tại Đ46 nhỏ (2.19m) nhưng độ lún quan trắc được xấp xỉ với các đoạn liền kề có chiều cao đắp lớn hơn nhiều (Đ43-4.89m; Đ42-6.07m, Đ41-7.01m và Đ40-7.64m). Nguyên nhân của hiện tượng này có thể do việc cấm bắc thấm gây xáo động trong lớp đất yếu, phá vỡ trạng thái cân bằng ban đầu của nền đất yếu.

Với thời gian chờ lún 6 tháng, độ cố kết ( $\geq 90\%$ ) và độ lún dư từ kết quả quan trắc lún mặt thỏa mãn yêu cầu theo tiêu chuẩn hiện hành.

Từ bảng 5 và bảng 6 có thể thấy độ cố kết tính theo kết quả quan trắc áp lực nước lỗ rỗng nhỏ hơn độ cố kết tính theo kết quả quan trắc lún bề mặt. Tuy nhiên, mức độ chênh lệch không nhiều.

#### 4.7. Bàn luận

##### 4.7.1. Về việc phân tích dữ liệu quan trắc

Theo quy định trong tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam [1, 2] mới chỉ yêu cầu vẽ biểu đồ quan hệ giữa độ lún theo thời gian ứng với với chiều cao đắp. Dựa vào đường cong độ lún cố kết theo thời gian trên biểu đồ này để dự báo độ lún còn lại theo các phương pháp sau: Phương pháp 3 điểm, phương pháp Hyperbolic, phương pháp Asaoka. Do đó, cần bổ sung thêm biểu đồ từ dữ liệu quan trắc để làm căn cứ đánh giá ổn định nền đường sau:

- Biểu đồ quan hệ theo thời gian giữa dịch chuyển ngang và áp lực nước lỗ rỗng với chiều cao đắp;
- Biểu đồ theo thời gian tốc độ lún, tốc độ dịch chuyển ngang với chiều cao đắp;
- Biểu đồ quan hệ giữa độ lún tức thời, độ tăng áp lực nước lỗ rỗng, dịch chuyển ngang lớn nhất với chiều cao đắp;
- Biểu đồ mối quan hệ giữa độ lún từng lớp, dịch chuyển ngang, áp lực nước lỗ rỗng theo độ sâu.

##### 4.7.2. Về tiêu chí đánh giá ổn định nền đường

Yêu cầu về ổn định trong quá trình thi công nền đắp trên đất yếu theo tiêu chuẩn Việt Nam [1, 2], tốc độ lún không vượt quá 10mm/ngày, tốc độ chuyển vị ngang không vượt quá 5mm/ngày. Tuy nhiên, nhiều trường hợp, tốc độ lún hoặc dịch chuyển ngang của nền đất lớn hơn giá trị quy định trên nhưng nền đường vẫn ổn định và ngược lại, tốc độ lún hoặc dịch chuyển ngang của nền đất nhỏ hơn giá trị quy định trên nhưng lại không ổn định. Vì vậy, cần có thêm các căn cứ để củng cố cho việc đánh giá ổn định nền đường như sau:

- Khi tốc độ độ lún hoặc tốc độ dịch chuyển ngang trong hai ngày liên tiếp vượt quá 60% giá trị giới hạn trên hoặc trong ba ngày liên tục vượt quá 40% giá trị giới hạn, cần cảnh báo nguy cơ mất ổn định;
- Khi tốc độ độ lún hoặc tốc độ dịch chuyển ngang gần bằng giá trị giới hạn, nên sử dụng phương pháp và dữ liệu quan trắc khác để phân tích tổng hợp, đánh giá tính ổn định của nền đường.
- Khi đường cong chiều cao đắp và độ lún tức thời hoặc đường cong chiều cao đắp và dịch chuyển ngang xuất hiện điểm uốn sau khi đạt đến chiều cao đắp nhất định và độ dốc sau điểm uốn lớn hơn gấp đôi độ dốc trước điểm uốn, cần cảnh báo nguy cơ mất ổn định;
- Khi tải trọng của nền đường và điều kiện xung quanh không thay đổi, nếu đường cong theo thời gian của độ lún, dịch chuyển ngang, áp lực nước lỗ rỗng v.v... có điểm uốn và độ dốc sau điểm uốn lớn hơn gấp đôi độ dốc trước điểm uốn, cần cảnh báo nguy cơ mất ổn định;
- Khi tải trọng của nền đường và điều kiện xung quanh không thay đổi, nếu thời gian tăng của tốc độ độ lún, tốc độ dịch chuyển ngang, áp lực nước lỗ rỗng v.v... vượt quá 60 ngày, cần cảnh báo nguy cơ mất ổn định.

##### 4.7.3. Về tiêu chí điều kiện dỡ tải để thi công mặt đường

Theo tiêu chuẩn TCCS41:2022 [1] điều kiện để dỡ tải thi công mặt đường là độ lún dư phải nhỏ hơn giá trị cho phép tùy thuộc vào vị trí

đoạn nền đắp và cấp hạng đường. Tiêu chuẩn TCVN9355:2013 [2] áp dụng cho giải pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm có quy định thêm độ cố kết phải đạt  $\geq 90\%$ . Tuy nhiên, từ kết quả tổng hợp ở bảng 6 và biểu đồ quan hệ độ lún theo thời gian, mặc dù các đoạn xử lý nền đất yếu đường đầu cầu Cửu An đã thỏa mãn cả hai yêu cầu trên nhưng tốc độ lún sau khi dỡ tải làm mặt đường còn rất lớn (xấp xỉ 10cm trong thời gian dưới một năm), nguy cơ gây hư hỏng mặt đường cấp cao.

Tiêu chuẩn thiết kế nền đường JTG D30:2015 [5] của Trung Quốc có quy định quan trắc 2 tháng liên tiếp, mỗi tháng độ lún không vượt quá 5mm, thỏa mãn yêu cầu trên mới được dỡ tải đào đường và bắt đầu cho phép rải mặt đường. Vận dụng quy định trên vào đoạn đường đầu cầu Cửu An, tiến hành quan trắc thêm 3 tháng để đạt được tiêu chí độ lún 2 tháng liên tiếp, mỗi tháng không vượt quá 5mm mới dỡ tải. Quan sát thực tế sau 9 tháng đưa đường vào khai thác chưa thấy hiện tượng lún lệch giữa đường và cầu. Cùng theo tiêu chí trên áp dụng cho đường đầu cầu Tân Vũ - Lạch Huyện đã đưa vào khai thác được gần 7 năm cũng không thấy có hiện tượng lún lệch tại phạm vi đường đầu cầu. Vì vậy, ngoài việc quy định độ lún còn lại sau khi đưa đường vào sử dụng như tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam, cần bổ sung thêm tiêu chí độ lún 2 tháng liên tiếp, mỗi tháng không vượt quá 5mm. Đây là tiêu chí rất thuận lợi cho công tác quan trắc do kết quả có thể tính toán trực tiếp và đưa vào bước tính toán thiết kế cũng rất đơn giản.

#### 5. KẾT LUẬN

Từ kết quả quan trắc 1 mặt cắt tự động và 10 mặt cắt thủ công trên đoạn đường đầu cầu Cửu An, tỉnh Hưng Yên có chiều dài khoảng 500m với hệ thống quan trắc lún bề mặt, lún sâu, chuyển vị ngang trên bề mặt, chuyển vị ngang theo chiều sâu và áp lực nước lỗ rỗng, sau khi phân tích, kiểm tra, xử lý số liệu có thể đưa ra một số kết luận như sau:

- Từ kết quả quan trắc chuyển vị ngang theo chiều sâu và chuyển dịch ngang bề mặt cho thấy nền đường đảm bảo ổn định, hiện tượng đẩy trôi không đáng kể.
- Kết quả đo độ lún theo chiều sâu và đo áp lực nước lỗ rỗng tại các độ sâu khác nhau trong nền đất yếu cho thấy càng xuống sâu thì hiệu quả xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm càng giảm. Điều này cũng đặt ra bài toán lựa chọn chiều sâu cấm bắc thấm tối ưu về kinh tế và kỹ thuật.
- Độ cố kết của nền đất tính theo kết quả quan trắc áp lực nước lỗ rỗng và bàn đo lún mặt xấp xỉ nhau đảm bảo độ tin cậy của kết quả quan trắc và hiệu quả của giải pháp xử lý nền đất yếu bằng bắc thấm.
- Cần bổ sung các biểu đồ quan hệ theo thời gian giữa độ lún, tốc độ lún, dịch chuyển ngang, tốc độ dịch chuyển ngang, áp lực nước lỗ rỗng với chiều cao đắp để làm căn cứ đưa ra các tiêu chí đánh giá ổn định nền đường.
- Bổ sung tiêu chí tốc độ lún 2 tháng liên tiếp, mỗi tháng không vượt quá 5mm làm căn cứ dỡ tải làm mặt đường. Tiêu chí này áp dụng cho cả bước tính toán thiết kế và công tác quan trắc trong quá trình thi công.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TCCS 41:2022/TCBBVN - Tiêu chuẩn khảo sát, thiết kế nền ô tô trên nền đất yếu, Tổng cục Đường bộ Việt Nam, 2022.
- [2]. TCVN 9355:2013 - Gia cố nền đất yếu bằng bắc thấm thoát nước - Thiết kế, thi công và nghiệm thu, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2013.
- [3]. Báo cáo kết quả quan trắc xử lý nền đất yếu đường đầu cầu Cửu An, huyện Kim Động, tỉnh Hưng Yên.
- [4]. GB/T 51275:2017 - Standard for monitoring of subgrade on soft ground, Chinese National Standard, 2017.
- [5]. JTG D30:2015 - Specifications for Design of Highway Subgrades, The Ministry of Transport of the People's Republic of China, 2015.
- [6]. TCVN 8869:2011 - Quy trình đo áp lực nước lỗ rỗng trong đất, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012.
- [7]. TCVN 9399:2012 - Xác định chuyển dịch ngang bằng phương pháp trắc địa, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012.
- [8]. ASTM D5092M-16 - Standard Practice for Design and Installation of Groundwater Monitoring Wells, 2017.
- [9]. ASTM D6230-21 - Standard Practices for Monitoring Earth or Structural Movement Using Indinometers, 2021.