



A STUDY ON REAL MEASURED SETTLEMENT ANALYSIS AND SETTLEMENT FORECAST OF HIGH-SPEED RAILWAY FOUNDATION

Nguyen Hong Phong¹, Chu Quang Chien^{2,*}

¹TCQM Transport construction and quality management bureau, Ministry of Transport, Vietnam

²University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 18/01/2021

Revised: 4/02/2021

Accepted: 27/02/2021

Published online: 15/04/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.3.4>

* *Corresponding author*

Email: chuquangchien@utc.edu.vn

Abstract. High-speed rail has a very strict settlement control requirement over the project life. The controlled settlement amount is usually less than 15 mm. In order to achieve such strict controlled conditions, special methods are also required during the roadbed construction, the monitoring period and the settlement prediction, those are with great differences compared to the methods currently being used in Vietnam. This article conducts a real measured settlement analysis of the roadbed to propose calculation method of the settlement prediction. The results show that in case of large settlement, it is recommended to use the ground settlement observation results as input data and three parameters to quality control of settlement simulation prediction. In case of small settlement, it is recommended to use the measured data from the settlement monitoring sheet and the cross-section settlement monitoring tube (for reference). Also, it is recommended to use the three-point method and the two-line extension method for simulation the settlement actually measured and settlement prediction after construction.

Keywords: high-speed railway, roadbed settlement, settlement prediction, real measured settlement simulation.

©2021 University of Transport and Communications



NGHIÊN CỨU PHÂN TÍCH LÚN THỰC ĐO VÀ DỰ BÁO LÚN NỀN ĐƯỜNG SẮT TỐC ĐỘ CAO

Nguyễn Hồng Phong¹, Chu Quang Chiến^{2,*}

¹Cục Quản lý xây dựng và chất lượng công trình giao thông, Bộ Giao thông vận tải, Việt Nam

²Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 18/01/2021

Ngày nhận bài sửa: 4/02/2021

Ngày chấp nhận đăng: 27/02/2021

Ngày xuất bản Online: 15/04/2021

<https://doi.org/10.47869/tcsj.72.3.4>

* Tác giả liên hệ

Email: chuquangchien@utc.edu.vn

Tóm tắt: Đường sắt tốc độ cao có yêu cầu không chế lún rất khắt khe trong suốt vòng đời của dự án. Thông thường lượng không chế lún nhỏ hơn 15mm. Để đạt được điều kiện không chế khắt khe như vậy, trong quá trình xây dựng nền đường, trong thời kỳ quan trắc, theo dõi và dự báo lún cũng cần có các phương pháp đặc biệt, có sự khác biệt lớn so với các phương pháp hiện đang được sử dụng ở Việt Nam. Bài báo tiến hành phân tích lún thực đo nền đường để đề xuất phương pháp tính toán dự báo lún, kết quả cho thấy trong trường hợp lún lớn khuyến nghị sử dụng kết quả quan trắc lún mặt nền làm số liệu đầu vào, sử dụng ba tham số không chế chất lượng dự báo mô phỏng lún. Trong trường hợp lún nhỏ, khuyến nghị sử dụng số liệu đo được từ bản quan trắc lún và ống quan trắc lún mặt cát (để đối chứng), đề xuất sử dụng phương pháp ba điểm và phương pháp hai đường mở rộng để mô phỏng lún thực đo và dự báo lún sau thi công.

Từ khóa: đường sắt tốc độ cao, lún nền đường, dự báo lún, mô phỏng lún thực đo.

©2021 Trường Đại học Giao thông vận tải

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đường sắt tốc độ cao tại các nước tiên tiến như Nhật Bản, Anh, Pháp, Trung Quốc ... trải qua hơn nửa thế kỷ nghiên cứu và phát triển đã đạt được rất nhiều thành tựu to lớn, tuy nhiên thực tế cho thấy về quản lý và kỹ thuật luôn tồn tại không ít vấn đề. Thời gian qua, đường sắt

tốc độ cao luôn được nâng cao về chất lượng phục vụ, giảm chi phí duy tu bảo dưỡng song vẫn phải đảm bảo vận hành an toàn khi chạy tàu ở tốc độ cao. Điều này khiến áp lực về mặt công nghệ ngày một lớn, bắt buộc phải nghiên cứu, đặt ra và giải quyết nhiều bài toán về kỹ thuật [1-3]. Trong những bài toán đó, việc nghiên cứu tổng hợp các yếu tố hợp thành lún của nền đường sắt tốc độ cao, phương án theo dõi, phân tích và dự báo lún của nền đường sắt là một trong những yếu tố kỹ thuật mấu chốt để có thể thi công đường sắt nói chung, nền đường sắt tốc độ cao nói riêng theo đúng các yêu cầu kỹ thuật đặt ra [4], là nền tảng để đưa đường vào khai thác với tính an toàn, êm thuận, tiện nghi và độ tin cậy cao.

Không chế lún của nền đường sắt tốc độ cao là một trong các yếu tố quyết định đến thành bại của việc xây dựng đường sắt tốc độ cao. Phân tích số liệu đo đạc lún của nền đường trong giai đoạn điều chỉnh, một mặt có thể định lượng đánh giá tính hợp lý của thiết kế cũng như chất lượng thi công, một mặt khác có thể dự báo tính ổn định lâu dài, tính bền của nền đường sắt tốc độ cao có mối liên hệ chặt chẽ và chịu tác động bởi lún của nền, cung cấp các số liệu quan trọng với mục đích xác nhận có thể đặt được đường sắt tốc độ cao [5]. Tuy nhiên phân tích số liệu thực đo lún và dự báo lún sau thi công của nền giữ vai trò quan trọng trong việc đánh giá tính ổn định lâu dài của nền đường, cần đặc biệt quan tâm đến hệ thống kết cấu nền, bao gồm nhiều yếu tố của thiết kế nền móng và chất lượng thi công, như tính ổn định khi chịu nước của vật liệu nền, tính ổn định động của nền, và cả các nhân tố có tác dụng lâu dài của hệ thống thoát nước mặt, thoát nước ngầm cho nền đường.

Dự báo lún sau thi công là dựa vào cơ sở số liệu đo đạc lún của nền đường trong giai đoạn thi công và giai đoạn điều chỉnh lún để tiến hành. Phương pháp thường được áp dụng là sử dụng số liệu đo đạc hiện trường, dùng hàm số mô phỏng đường lún theo thời gian, sau đó dùng hàm số đó để ngoại suy giá trị lún theo thời gian của nền đường. Trong trường hợp này cần đặc biệt chú ý cơ sở của độ tin cậy trong dự báo lún của nền là tính hợp lý của phương án theo dõi lún, chất lượng của bản thân thiết bị theo dõi cũng như chất lượng lắp đặt, tính ổn định của vị trí theo dõi lún, tính quy phạm và chất lượng của công tác quan trắc [4] v.v... Khi phân tích mô phỏng số liệu đo đạc thực tế thường sử dụng các công cụ toán học hỗ trợ đương nhiên tồn tại những ưu nhược điểm trong đó, tuy nhiên kết quả đó không phải là nhân tố duy nhất trong công tác dự báo lún của nền đường sắt tốc độ cao. Quan trắc lún, đánh giá lún, để từ đó có cơ sở cho việc đánh giá, đặt kết cấu tầng trên đường sắt đều có các chỉ dẫn tương ứng và sở tay kỹ thuật để tham khảo [6, 7].

Bài báo tiến hành phân tích lún thực đo nền đường để đề xuất phương pháp tính toán dự báo lún. Kết quả cho thấy trong trường hợp lún lớn, đề xuất sử dụng kết quả quan trắc lún hợp lý số liệu đầu vào, kiến nghị các tham số khống chế chất lượng dự báo mô phỏng lún. Trong trường hợp lún nhỏ, kiến nghị sử dụng số liệu đo được từ thiết bị quan trắc lún phù hợp và số liệu đối chứng, đề xuất sử dụng phương pháp đáp ứng được yêu cầu để mô phỏng lún thực đo và dự báo lún sau thi công.

II. PHÂN TÍCH LÚN THỰC ĐO CỦA NỀN ĐƯỜNG

Dự báo lún sau khi thi công nền đường là cơ sở quan trọng xác nhận điều kiện đặt kết cấu tầng trên của đường sắt tốc độ cao, đồng thời phân tích lún thực đo là cơ sở của việc dự báo lún của nền. Phân tích lún thực đo thông thường dựa vào phương pháp đường hồi quy, đồng thời phải đáp ứng được các điều kiện như sau [5-8]:

(1) Dựa vào số liệu quan trắc thực tế lún của nền đường sau khi đắp hoặc sau khi đắp dự tải trong thời gian không nhỏ hơn 3 tháng, tiến hành nhiều phân tích đường hồi quy, quyết định xu

thể lún, hệ số tương quan trong đường hồi quy (bình phương độ lệch chuẩn) không được nhỏ hơn 0.92.

(2) Tính ổn định của dự báo lún cần thông qua nghiệm chứng, giá trị sai khác hai lần dự báo lún cuối cùng ($t=\infty$) khi giãn cách thời gian không quá 3 tháng phải không được vượt quá 8mm

(3) Để đạt được giá trị dự báo có độ chính xác và độ tin cậy cao, thời gian dự báo lún lần cuối cùng cần đảm bảo: $s(t)/s(t=\infty) \geq 75\%$, trong đó $s(t)$ là giá trị quan trắc lún thực đo khi dự báo, $s(t=\infty)$ là giá trị lún ngoại suy trên cơ sở số liệu thực đo, được tìm ra theo đường hồi quy.

Trong nghiên cứu, dựa vào kinh nghiệm của các nước phát triển trong phân tích lún thực đo nền móng công trình đường sắt tốc độ cao, từ đó tiến hành xem xét đánh giá, lựa chọn đường hồi quy hợp lý, không chế theo các điều kiện đã trình bày ở trên.

Trong trường hợp thông thường, dựa vào cơ sở là quy luật thay đổi của số liệu quan trắc thực tế để dự báo lún của nền đường, kết hợp với kinh nghiệm công trình về phương thức xử lý nền, mức độ tải trọng và các điều kiện địa chất khác nhau để lựa chọn một cách hợp lý phương pháp đường hồi quy. Nhiều nghiên cứu đề xuất các phương pháp như phương pháp hai đường, phương pháp ba điểm, phương pháp đường parabol, phương pháp đường chỉ số, phương pháp tốc độ lún, phương pháp Hoshino, phương pháp đường poisson, phương pháp mô hình mờ và phương pháp mạng nơ ron nhân tạo (Artificial neural network) [6] v.v... Cần thấy rằng, trong công tác dự báo tổng lún của nền đường, đường hồi quy là công cụ dựa vào phương pháp số học để mô phỏng quy luật thay đổi của số liệu đo thực tế. Chất lượng phân tích mô phỏng lún đo được không chỉ phụ thuộc vào hình thức đường hồi quy, mà còn phụ thuộc rất lớn vào chất lượng cũng như độ tin cậy của bản thân số liệu quan trắc lún đo được. Ví dụ, khi lượng lún nhỏ, ảnh hưởng của độ chính xác bản thân thiết bị quan trắc, chất lượng quá trình lắp đặt, đo đạc và các nhân tố bên ngoài khác ảnh hưởng đến chất lượng mô phỏng lún có thể vượt qua ảnh hưởng của việc lựa chọn loại hình đường hồi quy. Thực tiễn cho thấy loại công trình nền đường sử dụng các loại vật liệu như nhiều công trình đã sử dụng. Trên cơ sở nghiên cứu toàn diện, từ những mối quan hệ phức tạp cần rút ra được các nhân tố mấu chốt và cần đơn giản hóa phương pháp sử dụng mới có khả năng ứng dụng cao trong xây dựng công trình.

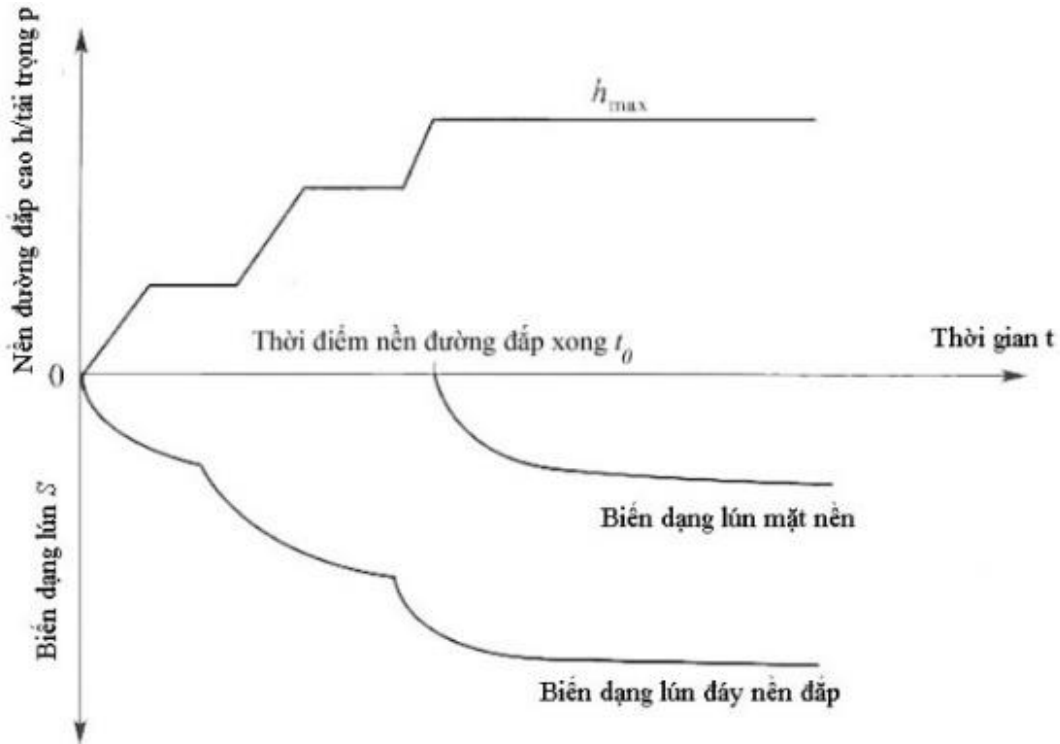
2.1. Lún ở mức độ trung bình và lớn

Trong phần này, đề xuất phương pháp được sử dụng tương đối phổ biến với công trình nền đường sắt tốc độ cao là phương pháp hai đường và phương pháp ba điểm, phân tích việc sử dụng số liệu đo đạc lún để quyết định quan hệ mô phỏng, từ đó ngoại suy lún cuối cùng, lượng lún sau thi công và tốc độ lún.

Hình 1 là hình quan hệ giữa chiều cao nền đường h (tải trọng p) với độ lún s và thời gian t của nền đường trong quá trình đắp và thời kỳ điều chỉnh. Trong đó, lún của đáy nền đắp theo phương dọc tuyến trong quá trình đắp và sau khi đắp xong, dựa vào bản xác định lún đặt ở đáy nền để xác định, còn lún mặt nền đường sau khi đã đắp xong (trong hình vẽ là thời điểm t_0) dựa vào cọc quan trắc lún đặt ở mặt nền để xác định, giá trị lún này bao gồm lún của móng đường sau thời điểm t_0 (tải trọng không đổi) tiếp tục phát triển và biến dạng nén lún tàn dư của bản thân nền đắp do tác dụng của tính tải bản thân nền đắp gây ra.

Trong trường hợp thông thường, dự báo lún của nền đường sắt cần dựa vào số liệu quan trắc lún của mặt nền đường ($t > t_0$) thông qua cọc quan trắc lún làm cơ sở tiến hành. Nguyên nhân là vì, một mặt sau khi tải trọng là không đổi ($t > t_0$), các nhân tố ảnh hưởng đến lún của nền đường giảm thiểu, tuy theo thời gian tăng lên so với giai đoạn thi công sẽ có xu thế ổn định hơn;

mặt khác, kết quả quan trắc lún mặt nền đường bao gồm cả lún của móng đường tiếp tục lún và biến dạng nén lún dư của bản thân nền đắp sau thời điểm t_0 , lún quan trắc ở bản quan trắc lún ở đáy của nền đắp không bao hàm biến dạng nén lún của bản thân nền đắp do tác dụng của tĩnh tải bản thân nền đường. Nhưng phương pháp xử lý này chỉ có thể áp dụng khi lượng biến dạng tương đối lớn, đặc biệt là trường hợp sau khi đắp nền xong (cọc quan trắc lún bố trí trên mặt nền bố trí xong), lún ở mặt nền đạt được giá trị độ lớn nhất định mới có độ tin cậy cao.

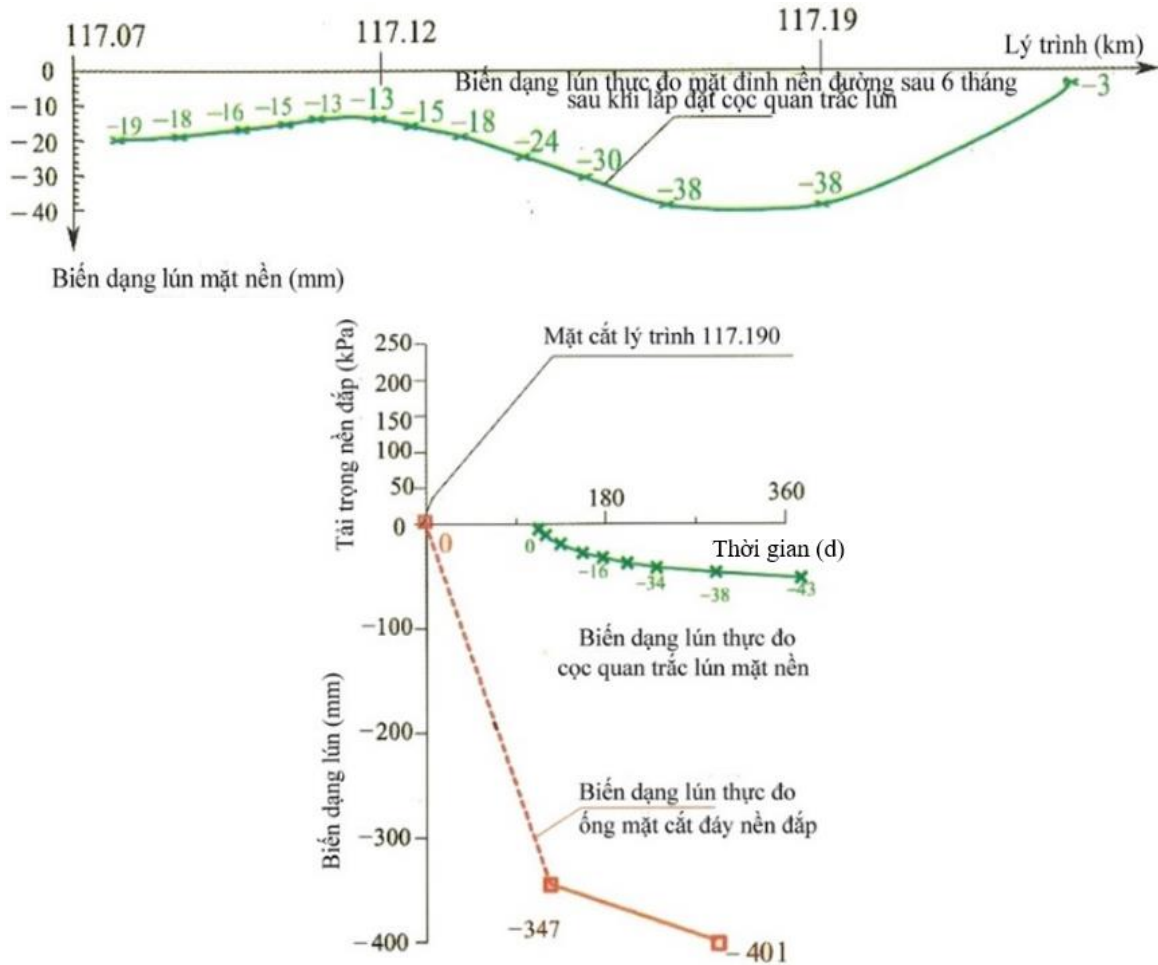


Hình 1. Đường quan hệ giữa chiều cao nền đường h (dự tải p) với độ lún s và thời gian t của nền đường trong quá trình đắp và thời kỳ điều chỉnh.

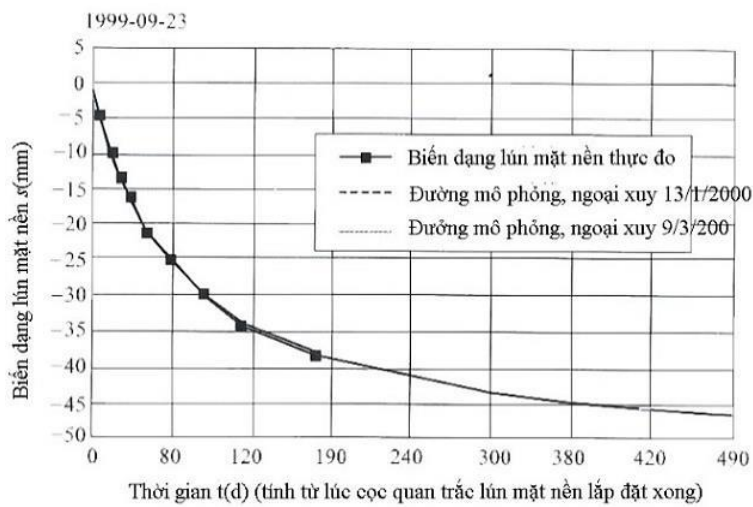
Hình 2 là kết quả so sánh thực đo khi dùng cọc quan trắc lún mặt nền và ống quan trắc mặt cắt ở đáy nền đường đắp trên đoạn tuyến nghiên cứu ở lý trình DK117+190 đường sắt tốc độ cao Vũ Hán – Quảng Châu. Tại khu vực này chiều cao nền đắp là 13m, địa chất từ trên xuống dưới là đất có tính dẻo kỹ đệ tứ, đất có tính dẻo kỹ đệ tam và đá phong hoá, bộ phận nền đường sử dụng phương pháp dự tải để gia cố, ngoài ra không sử dụng phương pháp gia cố gì khác. Sau khi đắp xong nền đường, ống mặt cắt quan trắc được số liệu lún là 347mm, lún của mặt nền sau khi lắp đặt cọc quan trắc lún mặt nền với thời gian sáu tháng đo được là 43mm. Trong trường hợp này, sau khi lắp đặt cọc quan trắc lún mặt nền, độ lớn giá trị tuyệt đối của số liệu lún thực đo và số liệu (giai đoạn quan trắc thời kỳ điều chỉnh không nhỏ hơn 6 tháng dưới tác dụng của tải trọng không đổi) dùng để phân tích mô phỏng lún với số liệu dự báo lún sau thi công là phù hợp. Hình 3 là số liệu quan trắc ở cọc quan trắc lún mặt nền ở các thời điểm 23.9.1999 đến 13.1.2000 và cho đến 9.3.2000 để mô phỏng và kết quả ngoại suy.

Khi lựa chọn phương pháp mô phỏng và đường mô phỏng, sử dụng kết quả đo thực tế của cọc quan trắc lún mặt nền để tiến hành nghiên cứu so sánh các phương pháp khác nhau như phương pháp hai đường kinh điển, phương pháp Asaoka và phương pháp Creed [9], kết quả có thể xem ở hình 4. Ở đây, ngoài chỉ số tính tương quan (sai số), kết quả mô phỏng để ngoại suy lượng lún sau cùng $s(\infty)$ còn phải xem xét đến độ tắt dần của các số liệu về sau tùy theo thời

gian tăng lên là nhân tố quan trọng. Căn cứ vào kết quả phân tích ở hình 4 cho thấy, trong các điều kiện của đoạn nền đường này, sử dụng phương pháp hai đường kinh điển cho kết quả ngoại suy lún cuối cùng lớn nhất và có độ biến động nhỏ nhất.

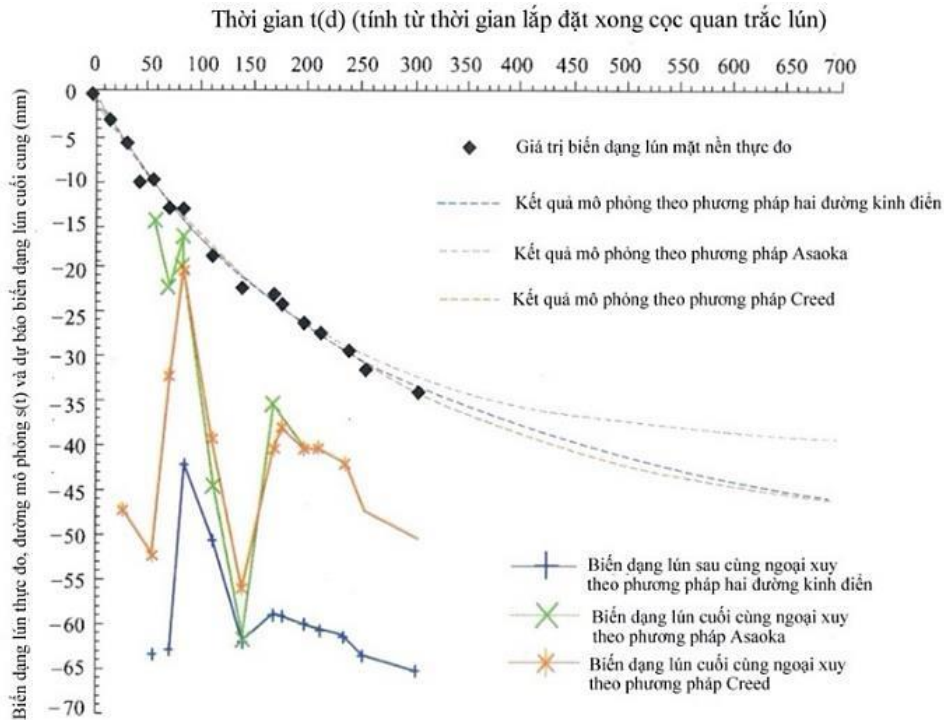


Hình 2. So sánh kết quả thực đo quan trắc lún ở ống quan trắc lún mặt cắt tại đáy nền đường đắp và cọc quan trắc lún mặt đường.



Hình 3. Kết quả mô phỏng và ngoại suy số liệu thực đo cọc quan trắc lún mặt nền.

So sánh kết quả phân tích khi dùng cùng kết quả quan trắc lún ở cọc quan trắc mặt nền nhưng dùng các phương pháp mô phỏng khác nhau.

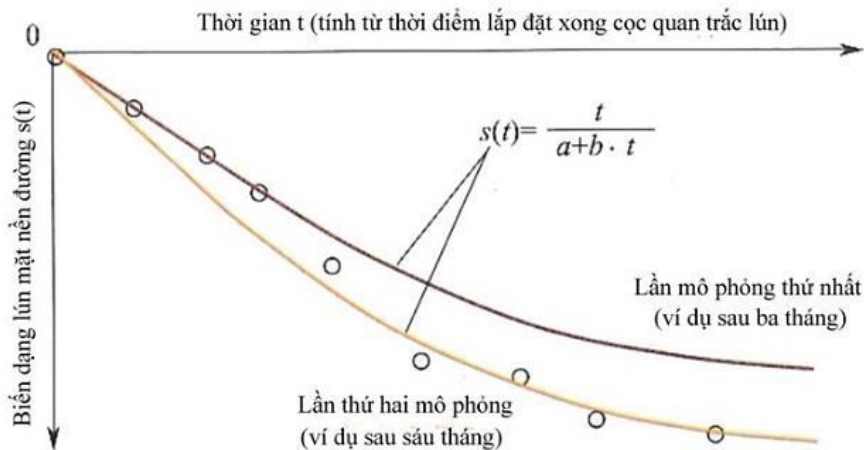


Hình 4. So sánh kết quả phân tích khi dùng cùng kết quả quan trắc lún ở cọc quan trắc mặt nền nhưng dùng các phương pháp mô phỏng khác nhau.

Trong điều kiện biến dạng ở mức trung bình và lớn, phương pháp hai đường kính điển giả thiết sau khi đắp nền đường xong ($t=0$), dưới tác dụng của tải trọng không đổi quan hệ giữa lún của mặt nền $s(t)$ với thời gian t có thể dùng công thức sau để biểu thị (xem hình 5)

$$s(t) = \frac{t}{a+b \cdot t} \quad (1)$$

Trong đó a, b là tham số dựa vào số liệu quan trắc lún thực tế để quyết định.



Hình 5. Kết quả mô phỏng trong điều kiện lún trung bình và lớn sử dụng phương pháp hai đường kính điển để mô phỏng lún mặt nền đường theo các giai đoạn khác nhau.

Giá trị $1/b$, dựa vào công thức (1), là lún cuối cùng của mặt nền đường sau khi lắp đặt cọc quan trắc lún mặt nền, còn giá trị $1/a$ là vận tốc ban đầu của lún sau khi lắp đặt cọc quan trắc lún của mặt nền.

Đối với đoạn tuyến nghiên cứu, trên cơ sở phân tích mô phỏng kết quả đo thực tế lún của mặt nền đường ở 109 mặt cắt quan trắc, tiến hành tổng hợp phân tích. Phương pháp mô phỏng bao gồm phương pháp hai đường kinh điển, phương pháp Asaoka và phương pháp Creed, trong đó các tham số được giải thích như sau:

t : là thời gian, thời gian khởi điểm được tính từ lúc lắp đặt thiết bị quan trắc lún mặt nền, tương ứng trong hình 1 là thời điểm t_0 ;

$s(t)$: là giá trị thực đo lún mặt nền đường;

$s_{end}(t)$: dựa vào số liệu quan trắc lún nền đường trong khoảng thời gian từ $0 \sim t$, dựa vào đường mô phỏng dự báo giá trị lún cuối cùng;

$s_{end}(t=6 \text{ tháng})$: dựa vào số liệu quan trắc lún mặt nền đường sau khi lắp đặt thiết bị quan trắc lún mặt nền 6 tháng, thông qua đường mô phỏng để xác định lún cuối cùng của mặt nền;

$s_{end}(t)/s_{end}(6 \text{ tháng})$: tỷ lệ lún sau cùng của mặt nền tại thời điểm t và thời điểm $t=6$ tháng;

$U(t)=s(t)/s_{end}(t)$: tỷ lệ của độ lún tại thời điểm t , dựa vào lún thực đo tại thời điểm t dự báo lún sau cùng của mặt nền đường.

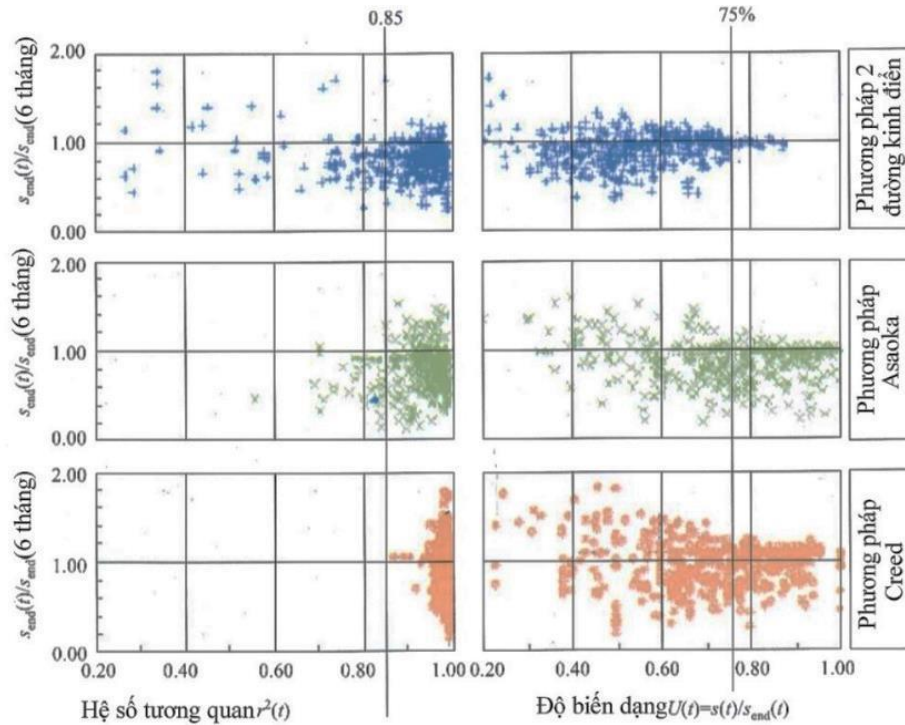
Mục đích của việc phân tích tổng hợp này là, nếu xác định nền đường trong điều kiện nhất định (điều kiện biến dạng nền đường ở mức độ trung bình hoặc lớn) thì kết quả phân tích mô phỏng, dự báo các chỉ số không chế chỉ số tính ổn định có thể đảm bảo độ tin cậy, độ chính xác. Ở đây, dựa vào cọc quan trắc lún mặt nền, sau 3 tháng sẽ tiến hành phân tích dự báo lần thứ nhất, sau 6 tháng sẽ tiến hành phân tích dự báo lần thứ 2. Từ hình 6, phần bên trái có thể thấy, đa số số liệu hệ số tương quan nằm ở bên phải đường $r^2(t)=0.85$, khi đó, đặc biệt là khi sử dụng phương pháp hai đường kinh điển và phương pháp Asaoka có độ biến động tương đối nhỏ, đồng thời giá trị độ biến dạng đều tập trung ở giá trị trên dưới $s_{end}(t)/s_{end}(6 \text{ tháng})=1$. Phân tích hình 6 ở phía bên phải có thể thấy, khi mà độ biến dạng $U(t)=s(t)/s_{end}(t) \geq 75\%$, tỷ lệ giá trị dự báo lún cuối cùng $s_{end}(t)/s_{end}(6 \text{ tháng})$ thay đổi trong phạm vi tương đối nhỏ, tỷ lệ này chủ yếu tập trung quanh giá trị 1. Trên nền tảng đó, kiến nghị, đề xuất và ứng dụng hai tham số không chế chất lượng dự báo mô phỏng lún trong điều kiện biến dạng đã nói ở trên như sau:

(1) Hệ số tương quan $r^2(t) \geq 0.85$ (độ tin cậy của mô phỏng, dự báo).

(2) Tỷ lệ độ lún $U(t)=s(t)/s_{end}(t) \geq 75\%$ (độ chính xác của mô phỏng, dự báo).

Từ kết quả thống kê ở trên có thể thấy rằng, dựa vào số liệu quan trắc lún mặt nền đường sau 6 tháng, giá trị lún cuối cùng thông qua việc tính toán dự báo là tương đối tin cậy, đây cũng là lý do cần dựa vào số liệu quan trắc lún sau khi đắp nền hoặc sau khi đắp xong dự tải trong

thời kỳ quan trắc và thời kỳ điều chỉnh tối thiểu 6 tháng. Ngoài ra, trong tài liệu tham khảo số [10] còn đề xuất chỉ số thứ 3 để đảm bảo chất lượng mô phỏng và dự báo lún đó chính là điều kiện trong thời gian dẫn cách tối thiểu 3 tháng, giá trị dự báo lún sau cùng không lệch nhau quá 8mm, điều này được gọi là yêu cầu về tính ổn định.



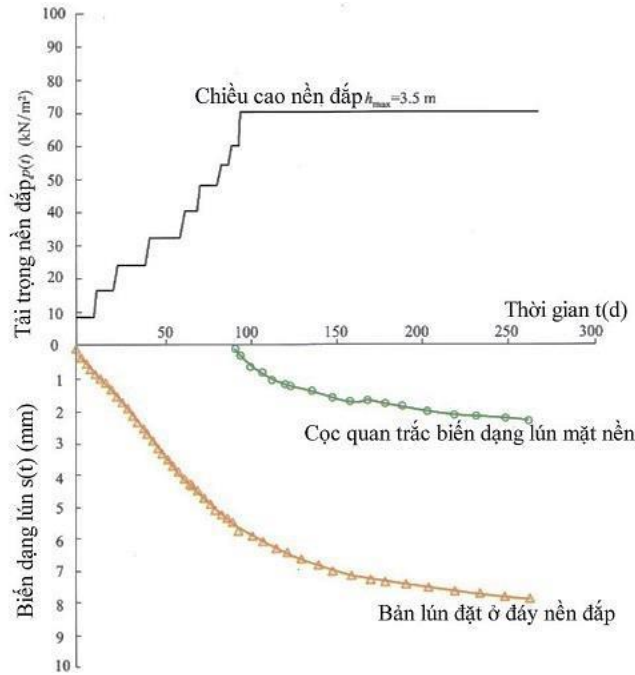
Hình 6. Bối cảnh quyết định “hệ số tương quan $r^2(t)$ ” và “độ lún $U(t)=s(t)/s_{end}(t)$ ”.

Trong phần này, đề xuất các vấn đề liên quan đến 3 điều kiện cơ bản của việc dự báo lún sau khi thi công là dựa vào các kinh nghiệm như đã nói ở trên. Từ những phân tích ở trên có thể thấy, các trường hợp đã nêu ở trên là các trường hợp mà biện pháp gia cố nền đường tương đối đơn giản (hoặc không có), lún của móng đường tương đối lớn, dựa vào số liệu quan trắc lún mặt nền sau khi đắp xong để phân tích mô phỏng, thống kê dự báo là cơ sở để thiết lập phương pháp này, nó có phạm vi sử dụng tương ứng.

2.2. Lún ở mức độ nhỏ

Phân tích số liệu lún của đường sắt tốc độ cao ở Trung Quốc cho thấy, trong trường hợp lún của nền đường tương đối nhỏ, yêu cầu chỉ số tính ổn định đã nêu ở trên không còn có tác dụng khống chế chất lượng mô phỏng lún và dự báo lún sau thi công.

Khi tính nén lún của nền đường nhỏ (chiều cao đắp nhỏ) hoặc khi móng đường dùng các biện pháp gia cố tốt, khi độ lún của đáy nền đắp (đỉnh móng đường) nhỏ hơn 20mm, sau khi đắp nền xong, lấp đặt cọc quan trắc lún mặt nền và đo được lún thông thường nhỏ hơn 5mm, ví dụ như trong hình 7 là kết quả quan trắc lún mặt nền ở mặt cắt ngang DK1262+795 trên tuyến nghiên cứu. Trong phần sau đây sẽ phân tích trường hợp này và gọi là điều kiện lún nhỏ.



Hình 7. Đường quan hệ tải trọng và lún thực đo tại mặt cắt ngang DK 1262+795 đường sắt tốc độ cao Vũ Hán – Quảng Châu (Sử dụng cọc CFG để gia cố móng).

Trong điều kiện lún nhỏ, dựa vào số liệu quan trắc lún mặt nền ($t > t_0$, xem hình 1) làm cơ sở để tiến hành mô phỏng và dự báo lún sau thi công không còn tính khả thi. Kinh nghiệm xây dựng tuyến đường sắt tốc độ cao Vũ Hán – Quảng Châu, nếu như giai đoạn quan trắc và kỳ điều chỉnh lớn hơn 6 tháng, kết quả dự báo phân tích lún thông thường không đáp ứng được yêu cầu về khống chế lún của đường sắt tốc độ cao [4], cũng như yêu cầu về chỉ số chất lượng đã nói ở trên.

Trong trường hợp xây dựng đường sắt tốc độ cao với tốc độ xây dựng nhanh, trong giai đoạn thi công có yêu cầu cao, một mặt yêu cầu sử dụng các phương pháp mới trong thiết kế gia cố nền đường để nâng cao cường độ gia cố, để giảm thiểu rõ ràng tổng lún, tăng tốc tắt dần lún, mặt khác yêu cầu sử dụng vật liệu đắp nền tốt và tiêu chuẩn đắp tương đối cao. Trong điều kiện như vậy, tổng lún của móng đường thường tương đối nhỏ, việc kéo dài thời gian quan trắc và thời kỳ điều chỉnh là một vấn đề rất có ý nghĩa. Do đó trong điều kiện biến dạng nhỏ, mô phỏng lún và phân tích dự báo lún sau thi công có giá trị sử dụng nhất định.

Khi biến dạng lún nhỏ, việc mô phỏng lún và dự báo lún sau thi công cần dựa vào số liệu thu được từ bản quan trắc lún đặt ở đáy nền đắp trong suốt quá trình thi công, suốt quá trình điều chỉnh như đường quan hệ lún và thời gian được biểu thị trong hình 1, ống quan trắc lún mặt cắt đo lún tại đáy nền đắp do độ chính xác thấp nên trong trường hợp này không dùng để dự báo lún sau thi công, nhưng có thể dùng để so sánh, nghiệm chứng giá trị lún được đo ở bản xác định lún. Do khi dùng bản xác định lún ở đáy nền đắp sẽ không bao gồm biến dạng nén lún của bản thân nền đắp dưới tác dụng của tĩnh tải bản thân, do đó điều kiện khi dùng bản xác định lún nhằm phân tích mô phỏng lún và dự báo lún sau thi công là: biến dạng nén lún của bản thân

nền đắp do tải trọng bản thân phải nhỏ hơn một cách rõ ràng lún của móng đường, đồng thời sau khi đắp nền xong biến dạng nén lún của bản thân nền đắp cơ bản đã hoàn thành. Ở đây có thể xem xét đường lún từ số liệu quan trắc lún của cọc quan trắc lún mặt nền với đường quan trắc lún thực đo dựa vào bản quan trắc lún tại đáy nền đắp xem có song song hay không, từ đó làm cơ sở để phán đoán. Phân tích số liệu thực đo lún của tuyến đường sắt tốc độ cao được nghiên cứu cho thấy điều kiện này về cơ bản đều đáp ứng yêu cầu. Trong điều kiện biến dạng nhỏ, phân tích mô phỏng số liệu thực đo lún thường dùng phương pháp hai đường mở rộng và phương pháp ba điểm (phương pháp phối hợp đối số), phân công trình nền đường thành các khu đoạn.

Trong giai đoạn đắp nền, nếu tốc độ gia tải không lớn, có thể xem xét sử dụng phương pháp hai đường mở rộng để mô phỏng số liệu thực đo lún theo thời gian. Phương pháp hai đường mở rộng dựa trên công thức của phương pháp hai đường kinh điển như trong công thức (1), đưa thêm vào công thức hệ số tải trọng ξ để mô phỏng đường lún theo thời gian ở đáy nền đắp của toàn bộ quá trình thi công và quá trình điều chỉnh.

$$s(t) = \xi * \frac{t}{a+b*t} \quad (2)$$

Trong công thức:

t – Thời gian, được tính từ lúc bắt đầu đắp nền (bản quan trắc lún đáy nền đắp lấp đặt xong), trong hình 1 ứng với thời điểm 0;

$s(t)$ – Giá trị lún thực đo ở đáy nền đắp;

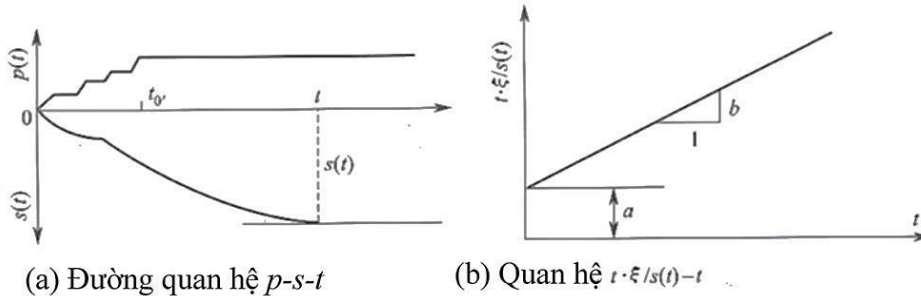
ξ – Hệ số tải trọng, là tỷ số tải trọng ở thời điểm t so với tải trọng cuối cùng (sau khi đắp xong), $\xi = p(t) / (\gamma * h_{\max} + p_{st})$;

h_{\max} – chiều cao lớn nhất của nền đắp (sau khi đắp xong);

p_{st} – tải trọng tĩnh tải sau khi đắp, bao gồm lớp cấp phối đá dăm sau khi đắp lớp cuối của lớp mặt nền – lớp trên cùng của lớp cường hoá (xe thi công đi qua lần cuối), lớp đệm tám bản và hệ thống đường ray phía trên, trong đó hệ thống đường ray phía trên thông thường sử dụng 15~20kPa.

Có thể thấy, việc mô phỏng đường lún của phương pháp hai đường mở rộng gồm hai tham số quyết định, thứ nhất là tham số hệ số tải trọng ξ , thứ hai là tham số quan hệ giữa lún và thời gian. Trong trường hợp biến dạng nén lún của nền đường nhỏ hoặc biện pháp gia cố tương đối tốt và tổng tải trọng của nền đường về cơ bản có quan hệ tuyến tính, giả thiết quan hệ giữa lượng lún tăng và tải trọng gia tăng là tỷ lệ được xác định phù hợp, thực tiễn công trình đường sắt tốc độ cao Vũ Hán - Quảng Châu đã chứng minh tính hợp lý của giả thiết này. Trong điều kiện lún nhỏ, số liệu quan trắc trong thời kỳ đắp nền bao gồm phân tích lún để gia tăng lượng số liệu thông tin, nhất là lượng lún thực đo ở đáy nền đắp là rất cần thiết để có được tính khả thi trong phân tích sau này.

Trong công thức (2), tham số a, b có thể thông qua thay đổi hệ thống tọa độ số liệu lún thực đo trong khoảng $t \cdot \xi / s(t) - t$ để phân tích hồi quy đạt được, xem hình 8. Từ đường mô phỏng tính toán, đề xuất lún sau cùng là ξ/b .



Hình 8. Phương pháp hai đường mở rộng, đường quan hệ $p-s-t$ và đề xuất tham số a, b .

Phương pháp ba điểm (phương pháp phối hợp đối số) do giáo sư Zeng Guoyan đề xuất năm 1959, thông qua sử dụng phương pháp giếng cát để gia cố nền đề xuất một dạng phương pháp dự báo lún sau cùng, do phương pháp này đối với mọi loại điều kiện nền móng đều có tính phù hợp và tính sử dụng tương đối tốt, trong thực tế công trình được sử dụng một cách rộng rãi. Xuất phát điểm của phương pháp này là dựa vào lý luận cốt kết của Terzaghi làm cơ sở tính toán độ cốt kết, dùng công thức sau để biểu diễn:

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

Trong đó:

α – là tham số, thông thường có thể sử dụng giá trị lý luận $8/\pi^2$.

β – là tham số cụ thể, có thể dựa vào số liệu thực đo để quy hồi đạt được.

Trên cơ sở đó, quá trình phát triển lún của móng đường $s(t)$ theo thời gian t thông thường có thể biểu diễn theo công thức sau (tương tự trong 22TCN 262-2000):

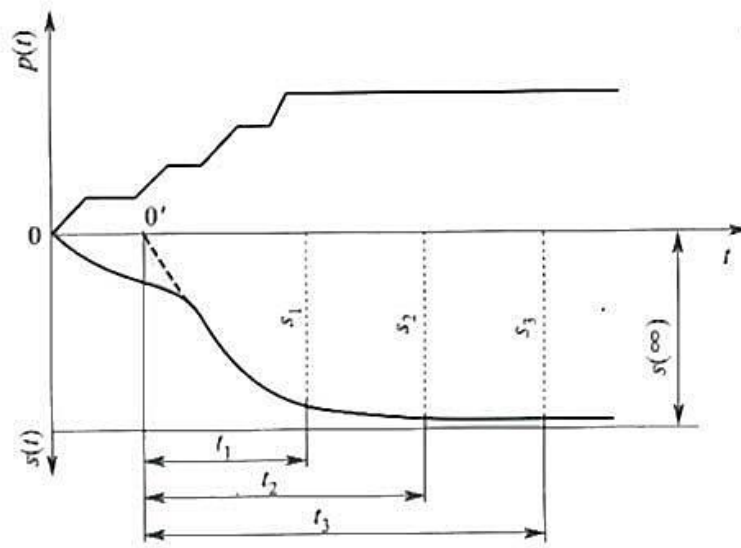
$$S(t) = s(\infty) \cdot (1 - \alpha \cdot e^{-\beta \cdot t}) + s_0 \cdot \alpha \cdot e^{-\beta \cdot t} \quad (4)$$

Trong đó:

s_0 – là lún tức thời của móng đường.

$s(\infty)$ – là lún cuối cùng của móng đường.

Khi thông qua số liệu quan trắc lún thực đo để tiến hành mô phỏng đường, thông thường xuất phát từ đường quan hệ $s(t) - t$, sau khi nền đường đã được đắp xong lựa chọn ba điểm thời gian gần cách là t_1, t_2 và t_3 , với khoảng thời gian $t_2 - t_1$ và $t_3 - t_2$ lớn nhất có thể, đồng thời t_3 cần tận dụng chọn ở đoạn cuối của đường $s(t) - t$, xem hình 9.



Hình 9. Ước tính lún sau cùng theo phương pháp ba điểm (phương pháp phối hợp đôi số).

Theo công thức (4) có thể đạt được lún sau cùng $s(\infty)$, tham số xác định β và biên dạng tức thời của móng đường như sau:

$$s(\infty) = \frac{s_3 \cdot (s_2 - s_1) - s_2 \cdot (s_3 - s_2)}{(s_2 - s_1) - (s_3 - s_2)} \quad (5)$$

$$\beta = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{s_2 - s_1}{s_3 - s_2} \quad (6)$$

$$s_0 = \frac{s_1 - s(\infty) \cdot (1 - \alpha \cdot e^{-\beta \cdot t_1})}{\alpha \cdot e^{-\beta \cdot t_1}} \quad (7)$$

Sau khi đã xác định được bốn tham số $s(\infty)$, s_0 , α , β , có thể dùng công thức (4) để tính toán dự báo giá trị lún $s(t)$ tùy theo thời điểm bất kỳ.

Kết quả thực đo lún của nền đường sắt tốc độ cao ở Trung Quốc cho thấy, ngoài các đoạn sử dụng phương pháp dự tải, lún của móng đường thông thường nhỏ hơn 20mm, thuộc loại lún nhỏ. Đối với trường hợp này, sử dụng năm phương pháp mô phỏng đường để tiến hành phân tích, so sánh khả năng ứng dụng của chúng [11]. Bao gồm phương pháp hai đường tiêu chuẩn, phương pháp hai đường mở rộng, phương pháp ba điểm, phương pháp Asaoka và phương pháp hai đường chỉ số. Kết quả nghiên cứu cho thấy, phương pháp ba điểm có hệ số tương quan hồi quy tương đối tốt khi mô phỏng xu thế lún, với sai số dự báo tương đối nhỏ, nhưng có độ nhạy tương đối khi số liệu có sự biến động; phương pháp hai đường mở rộng có hệ số tương quan hồi quy và tính hữu dụng tương đối tốt, nhưng sai số dự báo lún lớn hơn so với phương pháp ba điểm. Các phương pháp khác trong trường hợp lún tương đối nhỏ thì tính hữu dụng đều kém hơn so với các phương pháp đã trình bày ở trên. Do vậy, với nền đường sắt tốc độ cao kiến nghị sử dụng phương pháp ba điểm và phương pháp hai đường mở rộng để mô phỏng lún thực đo và dự báo lún sau thi công.

III. KẾT LUẬN

Thông qua kết quả phân tích cho thấy, ứng với mỗi điều kiện lún khác nhau cần sử dụng số liệu quan trắc của thiết bị quan trắc khác nhau và phương pháp xử lý số liệu khác nhau.

Khi lún ở mức độ trung bình và lớn có thể sử dụng số liệu đo đạc ở cọc quan trắc lún mặt nền để tiến hành dự báo lún, khi đó kiến nghị sử dụng phương hai đường kinh điển cho kết quả ngoại suy lún cuối cùng lớn nhất và có độ biến động nhỏ nhất, đồng thời đề xuất ba tham số tiêu chuẩn khống chế chất lượng dự báo mô phỏng lún trong điều kiện biến dạng.

Khi lún ở mức độ nhỏ sử dụng kết quả đo lún ở bản quan trắc đo lún đặt ở đáy nền đắp là số liệu đầu vào cho mô hình tính toán, đồng thời sử dụng số liệu đo đạc của ống quan trắc lún mặt cắt, cọc quan trắc lún mặt nền để đối chứng, kiến nghị sử dụng phương pháp ba điểm và phương pháp hai đường mở rộng để mô phỏng lún thực đo và dự báo lún sau thi công.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2022-CT-020.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Văn Cừ, Lê Hải Hà, Kết cấu tầng trên đường sắt, Nhà xuất bản Xây dựng, 2013.
- [2]. Phạm Văn Ký, Lương Xuân Bình, Trần Anh Dũng, Tính toán thiết kế và thi công Đường sắt không đá kiểu tấm bản, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, 2013.
- [3]. Nguyễn Thanh Tùng, Lê Văn Cừ, Bùi Thị Trí, Giáo trình nền đường sắt, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, 2005.
- [4]. Chu Quang Chiến, Nguyễn Hồng Phong, Nghiên cứu lựa chọn phương pháp quan trắc lún nền đường sắt tốc độ cao dạng tấm bản, Tạp chí Giao thông vận tải, 10 (2020) 79 - 83.
- [5]. Cộng hoà Nhân dân Trung hoa, Bộ Đường sắt, Quy phạm thiết kế đường sắt cao tốc (thực hành) (TB10621-2009), Nhà xuất bản Đường sắt Trung Quốc, 2005.
- [6]. Bộ Đường sắt, Trung tâm Quản lý công trình đường sắt, Sổ tay kỹ thuật quan trắc, đánh giá biến dạng đường sắt trong quá trình khai thác, Nhà xuất bản Đường sắt, Bắc Kinh, 2009.
- [7]. Cộng hoà Nhân dân Trung Hoa, Bộ Đường sắt, Hướng dẫn kỹ thuật điều kiện lắp đặt đường sắt dạng tấm bản, Nhà xuất bản Đường sắt, Bắc Kinh, 2009.
- [8]. Hồ Nhất Phong, Nguyên lý thiết kế nền đường sắt cao tốc dạng tấm bản, Nhà xuất bản Đường sắt Trung Quốc, 2009.
- [9]. K. Kliesch, S. Johmann, Y. El-Mossallamy, T. Neidhart, Zur Setzungsprognose bei Erdbauwerken mit Fester Fahrbahn-Erfahrungen an 43 km Neubaustrecke, Vorträge zur Baugrundtagung 2002 in Mainz, Verlag Gluckauf GmbH, Essen, 289-297, 2002.
<https://www.irb.fraunhofer.de/literaturbeschaffung.jsp?id=2003039002155&from=rss>
- [10]. E.-M., Christgau, U. Bausch, Planning of the slab track, Cologne-Rheine/Main railway line Contract Section B, Influence of deformation and settling, Colloquium on Railway Technology, TU Darmstadt, 2000.
- [11]. S. Gheed, Kỹ thuật quan trắc và đánh giá biến dạng lún của đường sắt cao tốc dạng tấm bản - Kinh nghiệm đường sắt Đức khi xây dựng 43km đường sắt tuyến Shinkansen, Báo cáo hội nghị giao lưu về biến dạng lún nền đường của Trung tâm Quản lý công trình công trình, Bộ Đường sắt Trung Quốc, Bắc Kinh, 2006.