

CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ QUAN TRẮC ĐỊA KỸ THUẬT NỀN ĐƯỜNG ĐẮP CAO TRÊN ĐẤT YẾU - ỨNG DỤNG CHO TUYẾN ĐƯỜNG VÀNH ĐAI PHÍA NAM THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG - GÓI THẦU C57

The methods for analysis and evaluation the geotechnical monitoring data of embankment on soft soil- Apply to the south road of Danang city- Package C57

NCS. Nguyễn Lan ¹, TS. Đặng Việt Dũng², TS. Hoàng Phương Hoa¹, KS. Nguyễn Vinh ³

¹Trường Đại học Bách Khoa- Đại học Đà Nẵng; ²Giám đốc Sở GTCT thành phố Đà Nẵng;

³Trung tâm KHCN & Tư Vấn đầu tư - ĐHBK Đà Nẵng

TÓM TẮT: Nền đất yếu thường được xử lý bằng nhiều phương pháp khác nhau. Trong đó phương pháp sử dụng thiết bị thoát nước theo phương thẳng đứng (Prefabricated vertical Drains - PVD) kết hợp với gia tải trước được ứng dụng khá phổ biến hiện nay tại một số dự án của Việt Nam. Tuy nhiên việc đánh giá ổn định nền trong quá trình gia tải cũng như đánh giá độ cố kết nền phục vụ công tác dỡ tải thi công các giai đoạn tiếp theo còn thiếu nhiều tài liệu tổng hợp. Bài báo giới thiệu các phương pháp đánh giá ổn định, cố kết nền trong xử lý nền đất yếu dựa trên dữ liệu quan trắc. Ứng dụng các phần mềm chuyên dụng cho phân tích địa kỹ thuật hiện nay (Chương trình PTHH- Plaxis, Sai phân hữu hạn - SETTLE 3D) vào bài toán phân tích ngược để đánh giá cố kết nền, cũng như các Modul chương trình do nhóm nghiên cứu phát triển nhằm mục đích tự động hóa trong việc đánh giá kết quả quan trắc địa kỹ thuật. Nghiên cứu đã được ứng dụng đánh giá kết quả quan trắc địa kỹ thuật đường vành đai phía nam Thành phố Đà Nẵng - Gói thầu C57.

Từ khóa: Quan trắc, địa kỹ thuật, đánh giá cố kết, ổn định, đất yếu.

ABSTRACT: Soft soil usually processed by many different methods. In which, plug PVD's method in conjunction with preloaded is quite popular at many current projects in Vietnam. However, the evaluation of the stability of the loading process as well as evaluating the consolidation to unloading and construction the next stage lacks general documents. This paper introduces the evaluation methods of stability and consolidation for embankment on soft soil with PVD. Application of current specialized software for geotechnical analysis (FEM-Plaxis program[6.], Finite differential method – SETTLE 3D) for back analysis to evaluate the consolidation, as well as modules developed by the group for the purpose of automation in the evaluation results of geotechnical monitoring. Applications evaluate results of geotechnical monitoring the beltway south of Da Nang City - Package C57.

Keywords: Monitoring, geotechnical, consolidation evaluation, stability, soft soil.

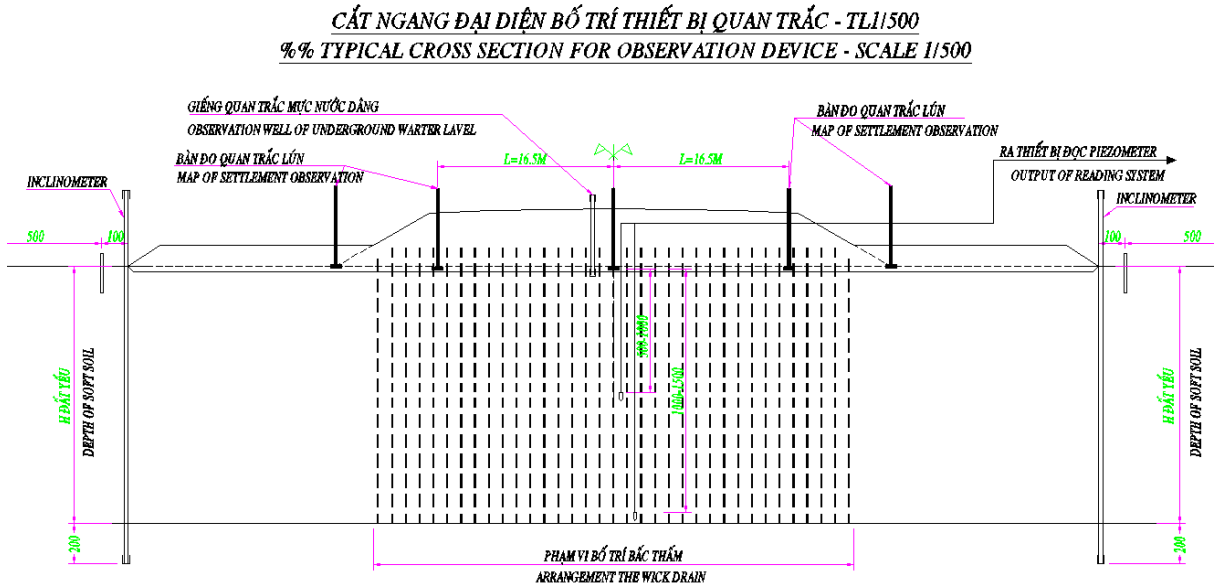
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi thi công xây dựng nền đường đắp cao trên đất yếu, hố móng đào sâu,... thường có yêu cầu công tác quan trắc địa kỹ thuật từ lúc bắt đầu thi công và có thể kéo dài trong một thời gian đầu của khai thác. Mục đích của quan trắc trong giai đoạn thi công nhằm kiểm tra lại các số liệu, kết quả tính toán đã dự báo trong bước thiết kế cũng như theo dõi cảnh báo kịp thời các sự cố có thể xảy ra trong quá trình thi công và thu thập các số liệu quan trắc lâu dài quá trình khai thác phục vụ đánh giá tổng thể điều kiện làm việc của kết cấu theo thời gian.

Bài viết này, hệ thống lại một số biện pháp quan trắc, thiết bị quan trắc, các phương pháp đánh giá kết quả quan trắc địa kỹ thuật đối với các đoạn đường có nền đắp cao trên đất yếu phục vụ công tác ra quyết định dỡ tải, và các vấn đề khác trong quá trình thi công một số đoạn nền đường đắp cao qua nền đất yếu tuyến đường vành đai phía nam thành phố Đà Nẵng (Đường Nguyễn Tri Phương đi Hòa Quý).

2. BỐ TRÍ VÀ LẮP ĐẶT HỆ THỐNG THIẾT BỊ QUAN TRẮC .

Quá trình nghiên cứu thiết kế kỹ thuật, thiết kế bản vẽ thi công, các kỹ sư địa kỹ thuật đã xác định các mặt cắt ngang nền đường cần quan trắc, nội dung quan trắc và yêu cầu thiết bị quan trắc. Các kỹ sư quan trắc căn cứ bản vẽ bố trí hệ thống quan trắc đã phê duyệt triển khai đề cương chi tiết công tác quan trắc địa kỹ thuật trình kỹ sư Tư vấn và Chủ đầu tư phê duyệt đề cương. Công tác lắp đặt thiết bị, thu thập, đánh giá số liệu quan trắc sau đó được thực hiện theo đề cương quan trắc đã được Tư vấn và Chủ đầu tư phê duyệt. Bố trí điển hình của hệ thống quan trắc địa kỹ thuật nền đường, xem trong Hình 1



Hình 1: Cắt ngang điển hình đoạn có bố trí thiết bị quan trắc

Các thiết bị quan trắc được sử dụng cho dự án bao gồm:

- + Đo lún bằng bàn lún và chuyển vị ngang bề mặt: Máy thủy bình và toàn đạc điện tử;
- + Đo mực nước ngầm trong giếng quan trắc mực nước: Thước thép;
- + Đo chuyển vị ngang theo chiều sâu nền: Cảm biến Inclinometer, đầu đọc số của hãng Slope Indicator (USA)- gói thầu C13 và hãng SISGEO- Italy (gói thầu C12 và C57);
- + Đo áp lực nước lỗ rỗng: Piezometer loại cảm biến dây rung, đầu đọc số của hãng Slope Indicator và SISGEO.

Mật độ quan trắc theo đề cương là 1 lần/ngày trong thời gian đắp và thưa hơn trong thời gian chờ cố kết sau đó.

3. PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ QUAN TRẮC

Thi công xây dựng nền đường đắp cao trên đất yếu với việc sử dụng phương pháp PVD kết hợp với gia tải trước yêu cầu cần phải đánh giá ổn định trong quá trình thi công cũng như đánh giá cố kết thực tế để xác định thời điểm thi công giai đoạn tiếp theo:

Đánh giá ổn định: sử dụng phương pháp Matsuo- Kawamura [3.].

Đánh giá cố kết:

- Phương pháp Asaoka [4.];
- Phương pháp phân tích ngược;
- Phương pháp đánh giá độ cố kết theo kết quả quan trắc áp lực nước.

3.1. Phương pháp Matsuo Kawamura:

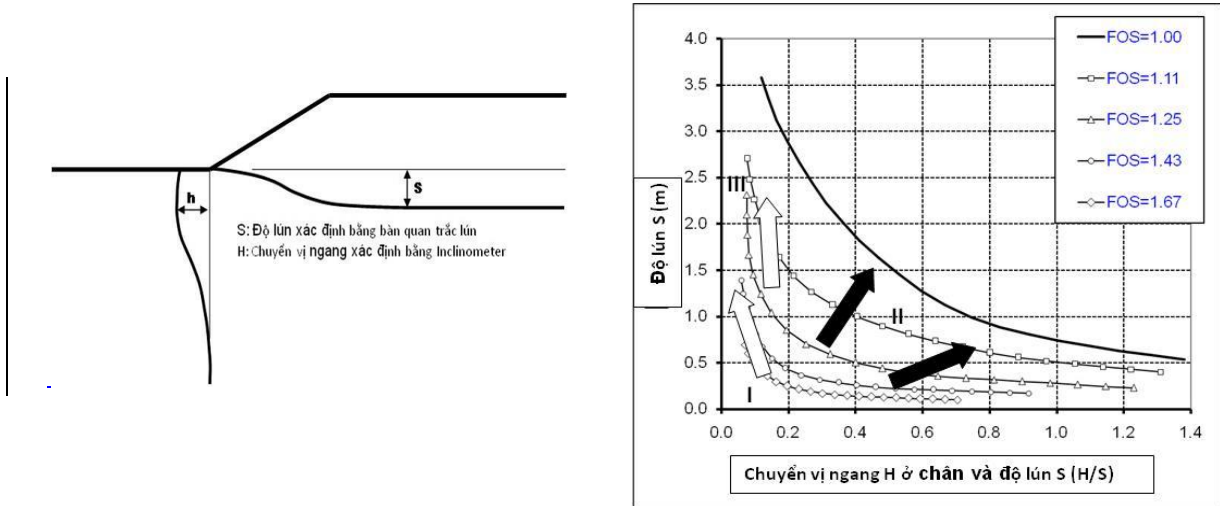
Cơ sở dữ liệu phục vụ đánh giá: số liệu quan trắc lún và quan trắc chuyển vị ngang (Inclinometer)

Theo [3.], Phương pháp này dựa trên kinh nghiệm kỹ thuật cho thí nghiệm nền đất đắp

phá hủy. Kỹ thuật này là một phương pháp so sánh tương quan điều kiện nền đất thi công và tình trạng phá hoại trong quá trình thi công. Phương pháp này chỉ ra như hình dưới đây:

Hình 2 giới thiệu biểu đồ dùng đánh giá ổn định, đường quan hệ của (h và h/s) được thể hiện trên biểu đồ và:

- + Khi hướng mũi tên màu trắng (I → III): Ổn định;
- + Khi hướng mũi tên màu đen (I → II): Có xu hướng mất ổn định nhanh.



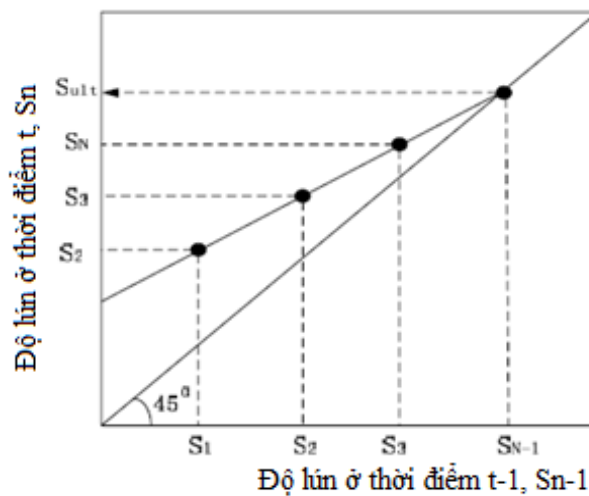
Hình 2: biểu diễn biểu đồ cho đánh giá ổn định, đường quan hệ của (h và h/s) được thể hiện theo Matsuo-Kawamura

3.2. Phương pháp Asaoka:

Cơ sở dữ liệu phục vụ đánh giá: dựa vào số liệu quan trắc lún.

Theo[4.], Asaoka đã chứng minh rằng nếu chia đường cong quan trắc lún thành nhiều điểm S_i có các khoảng thời gian bằng nhau thì khi vẽ trục đồ thị với trục hoành là S_i và trục tung là S_{i+1} thì các điểm đó là đường thẳng. Điều này chỉ đúng khi tải trọng tác dụng là hằng số, thường ứng với giai đoạn đắp tải lớn nhất (ảnh hưởng mực nước cũng sẽ làm cho các điểm lệch nhau). Độ lún cuối cùng là điểm giao nhau giữa đường nối các điểm và đường kẻ từ gốc tọa độ một góc 45 độ.

Có thể sơ họa như sau:



Hình 3: Sơ họa tính toán độ lún cuối cùng bằng phương pháp Asaoka

3.3. Phương pháp phân tích ngược:

Cơ sở dữ liệu phục vụ đánh giá: Dựa vào số liệu quan trắc lún, quan trắc mực nước ngầm và tính chất cơ lý các lớp đất yếu, vật liệu nền đắp, biện pháp xử lý đất yếu.

Phương pháp này thực hiện dựa trên việc tính toán lý thuyết độ lún ứng với các thời điểm trước khi lắp đặt PVD và sau khi lắp đặt, với các chiều cao đắp khác nhau, mực nước từng thời điểm khác nhau ảnh hưởng đến ứng suất hữu hiệu khác nhau. Đường cong lún tính toán từ tất cả các yếu tố phải đạt được trùng khớp tương đối với đường cong quan trắc lún trên cơ sở hiệu chỉnh thông số nền đất phù hợp với thực tế từ các kết quả thí nghiệm trước đó, đặc biệt là các thông số về chỉ số nén C_c và hệ số cố kết ngang C_h . Từ đó sẽ xác định được độ lún sơ cấp và thứ cấp cuối cùng.

3.4. Phương pháp đánh giá độ cố kết theo kết quả quan trắc áp lực nước:

Cơ sở dữ liệu phục vụ đánh giá: kết quả quan trắc áp lực nước lỗ rỗng và mực nước ngầm.

Áp lực nước lỗ rỗng thặng dư tăng lên do quá trình gia tải và tiêu tán dần về giá trị “0” khi cố kết đạt 100%.

Độ cố kết theo áp lực nước:

$$U_{WP}\% = (CS_{\max} - EPWP) / CS_{\max} * 100\%$$

trong đó:

CS_{\max} (Max Consolidation stress): Áp lực cố kết lớn nhất;

EPWP (Excess pore water pressure): áp lực nước lỗ rỗng thặng dư;

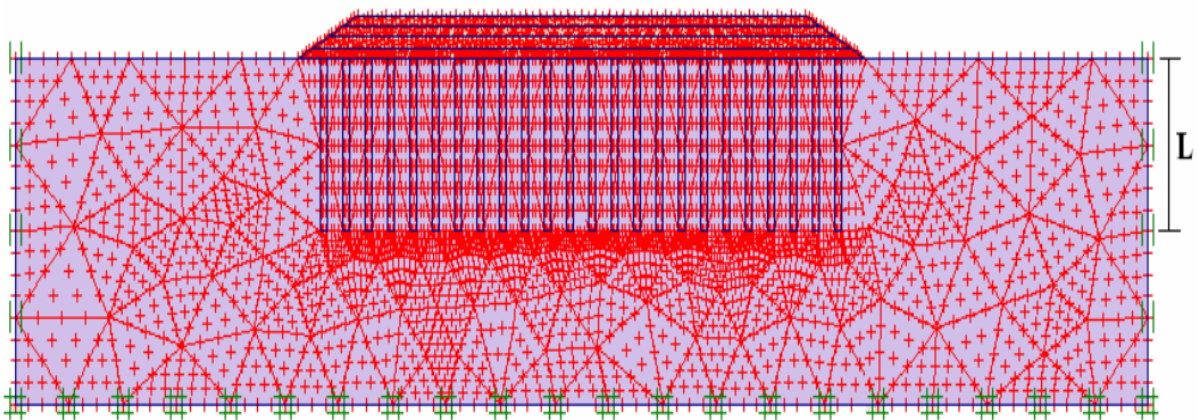
EPWP = PWP – SWP;

PWP (Pore water pressure): Áp lực nước lỗ rỗng;

SWP (Static water pressure): Áp lực nước tĩnh.

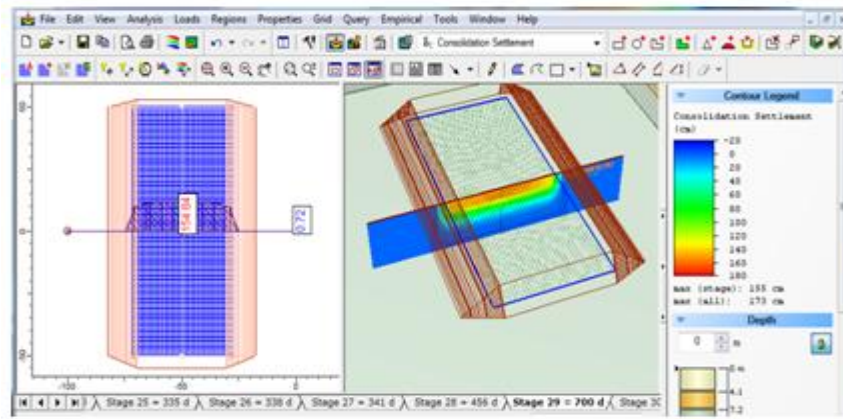
4. PHẦN MỀM ỨNG DỤNG PHÂN TÍCH NGƯỢC

Tùy theo điều kiện sẵn có của đơn vị, có thể sử dụng một số phần mềm phân tích địa kỹ thuật sau đây cho bài toán nền đường đắp cao trên đất yếu có sử dụng PVD Plaxis [6.] của Hà Lan (Hình 4), Settle 3D (Canada) [7.], hoặc một số phần mềm tự viết của các công ty như One-Consolidation (hãng TOA, Nhật),...Chương trình Plaxis dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) khá mạnh cho nhiều bài toán địa kỹ thuật khác nhau. Tuy nhiên, các tham số đầu vào cho các mô hình đất tương đối phức tạp cần các thí nghiệm phức tạp hơn. Chương trình Settle 3D dựa trên phương pháp sai phân hữu hạn cho dễ giải bài toán cố kết cho nền nhiều lớp có giao diện đồ họa khá mạnh, nhập liệu thuận lợi và có một nhiều tính năng chuyên dụng cho bài toán nền đắp cao trên đất yếu có PVD thi công nhiều giai đoạn như tính năng phân tích ngược xác định chiều cao gia tải trước để đạt độ cố kết yêu cầu ở một thời điểm nhất định.

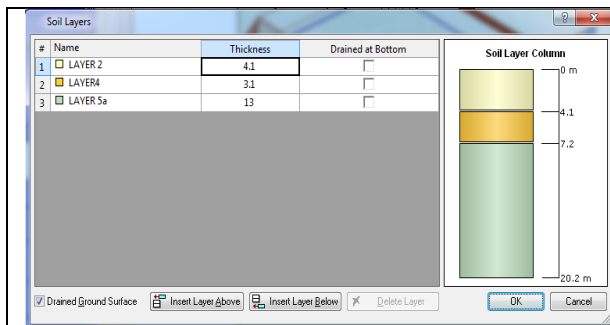


Hình 4: Mô hình PTHH bài toán Nền đắp trên đất yếu có PVD thi công nhiều giai đoạn.

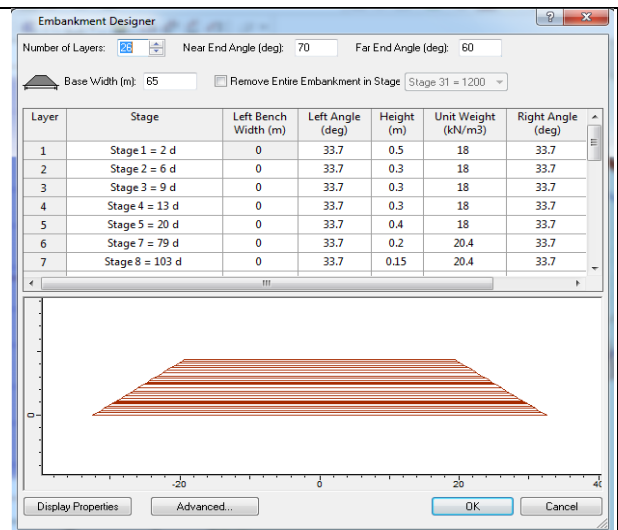
Settle 3D có rất nhiều dạng kết quả phân tích được xuất ra dưới dạng biểu đồ, dạng bảng, xuất dạng định dạng Excel để dễ dàng kết nối với các phần mềm phân tích và đánh giá khác (Hình 5 và Hình 6).



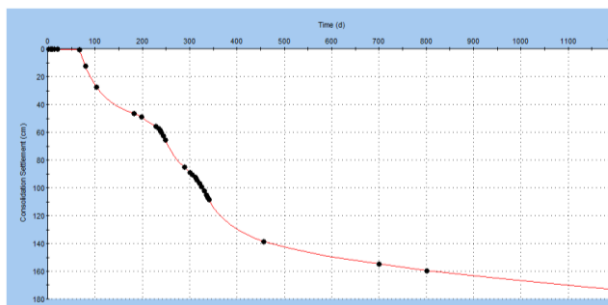
Hình 5: Giao diện chính chương trình Settle3D.



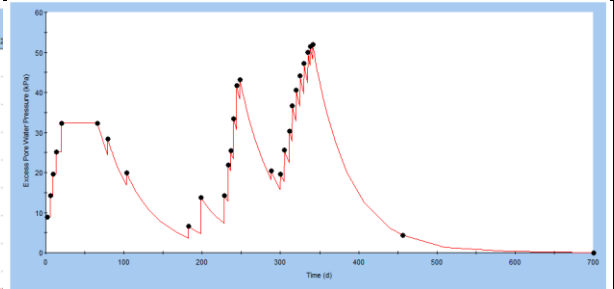
a) Giao diện mô tả nền đất yếu



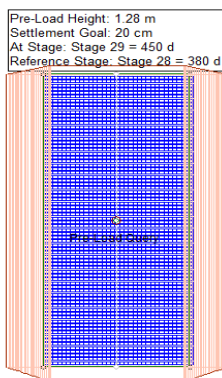
b) Giao diện mô tả nền đường



c) Biểu đồ lún theo thời gian



d) Biểu đồ áp lực nước lỗ rỗng thặng dư theo thời gian.



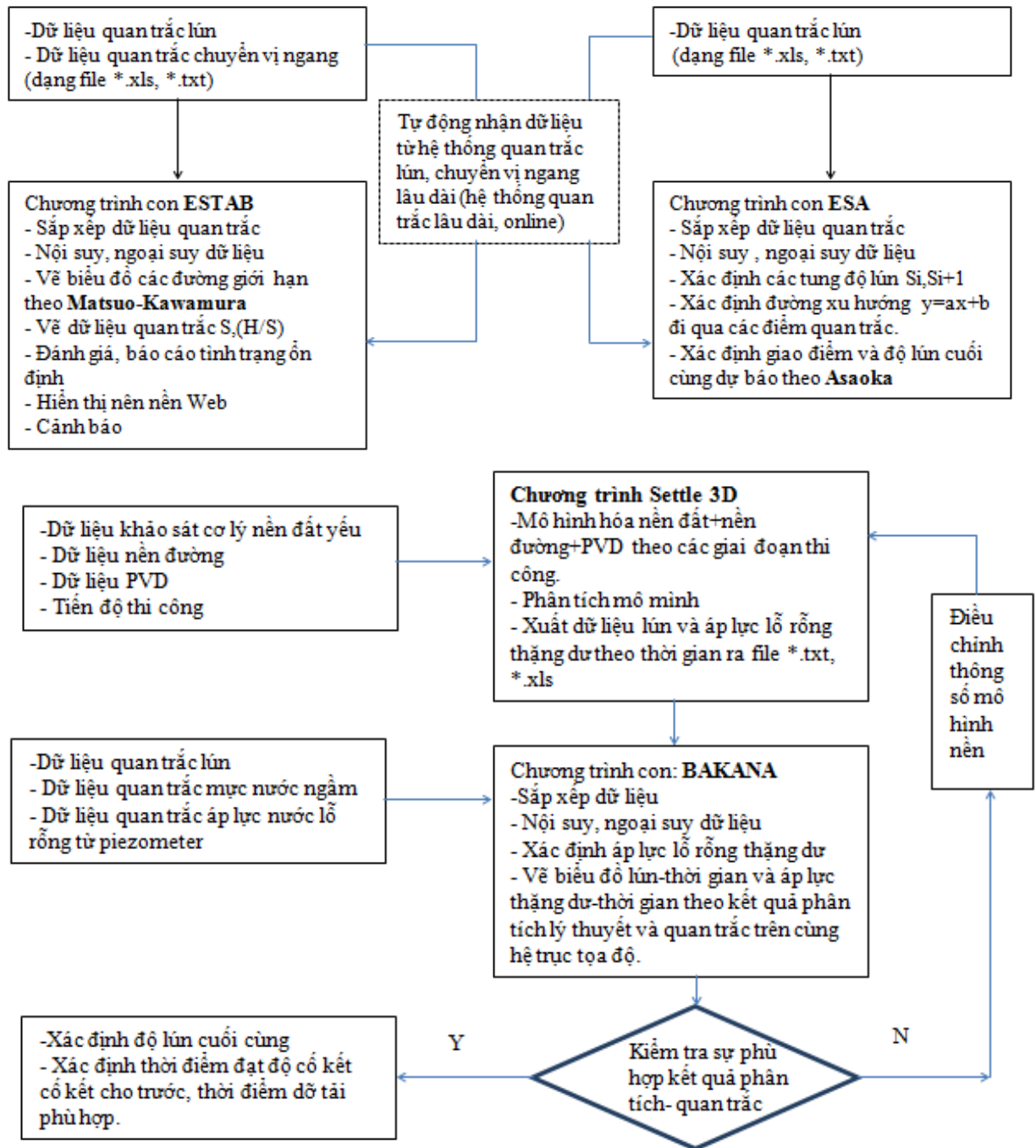
e) Kết quả tính chiều cao gia tải trước theo mục tiêu độ lún

Hình 6: Giao diện nhập liệu và biểu đồ kết quả phần mềm Settle3D.

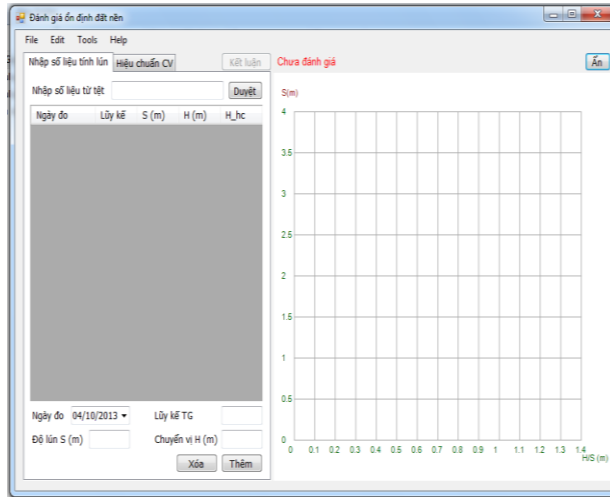
5. TỰ ĐỘNG HÓA TRONG PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ QUAN TRẮC ĐỊA KỸ THUẬT:

Các chương trình phân tích Plaxis, Settle3D chưa có tính năng kết nối với các dữ liệu quan trắc và kết hợp với kết quả phân tích ngược để thể hiện các dữ liệu phân tích lý thuyết-quan trắc hiện trường trên cùng một đồ thị. Từ các phương pháp đánh giá ổn định cũng như đánh giá cổ kết đã nêu ở mục 2, kết hợp với phần mềm chuyên dụng nêu trên, nhóm tác giả đã phát triển thêm các mô đun chương trình viết trên ngôn ngữ C# phục vụ công tác tự động hóa trong quá trình phân tích và đánh giá kết quả quan trắc địa kỹ thuật. Ứng dụng đánh giá kết quả quan trắc địa kỹ thuật đường vành đai phía nam thành phố Đà Nẵng - gói thầu C57.

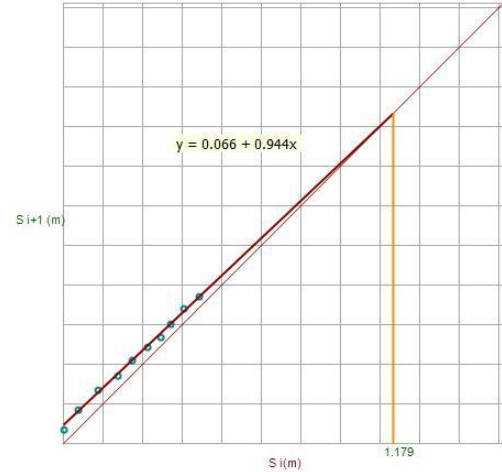
Sơ đồ khối tổng quát các mô đun chương trình phát triển thêm như Hình 7.



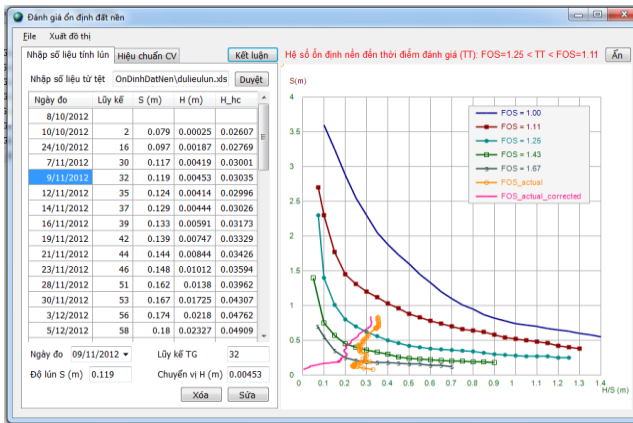
Hình 7: Sơ đồ khối các chương trình con ESTAB (đánh giá ổn định); ESA (đánh giá độ lún cuối cùng theo Asaoka); BAKANA (Phân tích ngược).



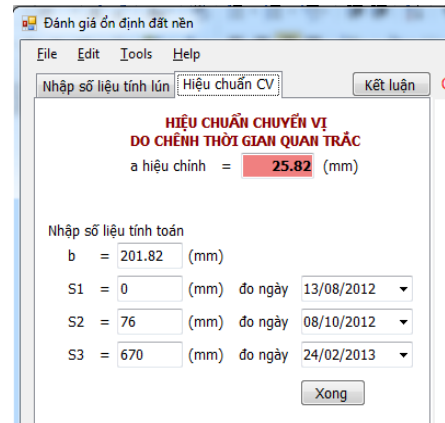
a) Giao diện chương trình ESA



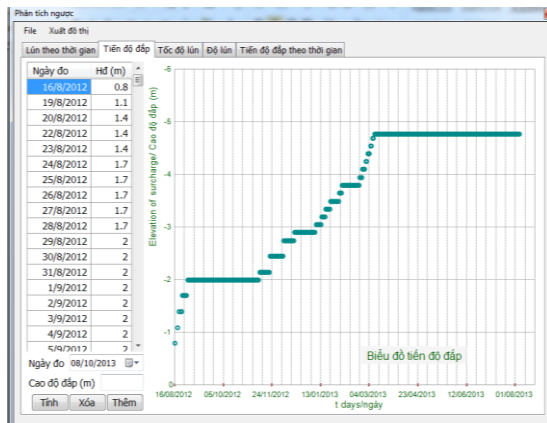
b) Biểu đồ dự báo lún cuối cùng theo Asaoka



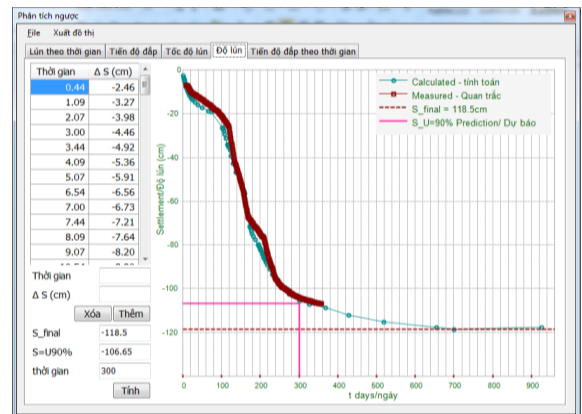
c) Giao diện, kết quả chương trình ESTA



d) Nhập dữ liệu nội suy



e) Giao diện chương trình BAKANA



f) Kết quả phân tích ngược theo độ lún-thời gian

Hình 8: Một số giao diện và biểu đồ kết quả của các chương trình con

Sử dụng các chương trình con lập được cùng với chương trình Settle 3D, ứng dụng đánh giá đỡ tải (chuyển giai đoạn) cho nền đường đắp cao qua đất yếu có bố trí hệ thống quan trắc – gói thầu C57- đường vành đai phía nam thành phố Đà Nẵng có kết quả theo bảng 1.

Bảng 1: Kết quả đánh giá cố kết để chuyển giai đoạn thi công gói thầu C57

Mặt cắt	Độ lún cuối cùng		Độ lún ở 12/08/2013			Độ lún ở thời điểm tiếp tục giai đoạn khác	
	S _{PF1} (cm)		Sp (cm) Quan trắc	U(%)		S _{pA} (cm)	Ngày tiếp tục GD khác
	Asaoka	Phân tích ngược		Asaoka	Phân tích ngược		
Km0+280	117.9	118.5	106.7	90.50	90.04	106.65	Ngày bây giờ
Km0+460	171.5	173	133.4	77.56	77.11	155.70	2/11/13

6. 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ:

Qua công tác tham gia lập đề cương, lắp đặt vận hành thiết bị quan trắc, thu thập và phân tích báo cáo kết quả quan trắc phục vụ chẩn đoán và quyết định dỡ tải, chuyển giai đoạn thi công các gói thầu C13, C12 (đã thi công mặt đường) C57 (đang thi công) tuyến đường vành đai phía Nam thành phố Đà Nẵng, có một số nhận xét như sau:

1. Công tác quan trắc địa kỹ thuật cho các đoạn nền đắp cao qua đất yếu là cần thiết, nó cho phép thu thập các dữ liệu khách quan biểu thị ứng xử của nền đắp theo các giai đoạn thi công khác nhau để so sánh đối chiếu với kết quả phân tích lý thuyết mà số liệu đầu vào của phân tích mang nhiều yếu tố không chắc chắn. Phân tích dữ liệu quan trắc theo các phương pháp thực nghiệm-kết hợp phân tích nêu trên cho phép ra quyết định phù hợp và có cơ sở tin cậy hơn về thời điểm dỡ tải, chuyển giai đoạn thi công; xác định chiều cao gia tải thêm và thời gian chờ cố kết trong trường hợp muốn rút ngắn thời gian thi công đắp nền hoặc điều chỉnh tiến độ dự án (đã áp dụng cho gói thầu C12).
2. Hầu hết quá trình phân tích ngược để khớp dữ liệu lún-thời gian và áp lực lỗ rỗng thặng dư-thời gian đều cần phải điều chỉnh các tham số mô hình nền ban đầu, số vòng lặp điều chỉnh tùy theo kinh nghiệm người phân tích, khả năng phần mềm sử dụng, độ chính xác các số liệu khảo sát nền ban đầu. Phương pháp phân tích ngược là đường lối phù hợp và hay được áp dụng không những trong địa kỹ thuật mà còn trong nhiều bài toán chẩn đoán kết cấu khác. Nó càng có ưu thế và khả thi trong điều kiện công nghệ cảm biến và đo đạc ngày càng phát triển.
3. Kết quả phân tích ngược, dự báo thời điểm dỡ tải, tính toán tăng thêm chiều cao gia tải để rút ngắn thời gian chờ cố kết, đánh giá ổn định đã áp dụng cho dự án đã phù hợp với ứng xử của nền và kết quả quan trắc.
4. Nhờ có các phần mềm phân tích có thể dễ dàng tính toán độ lún cố kết của mô hình kê cả độ lún sơ cấp và độ lún thứ cấp, cho nên cần xác định rõ yêu cầu về độ lún cố kết đạt được để chuyển giai đoạn thi công áo đường theo tiêu chuẩn 22TCN 244-98 90% bao gồm cả độ lún sơ cấp và thứ cấp để giảm độ lún còn lại khi thi công áo đường, giảm nguy cơ hư hỏng kết cấu áo đường do độ lún còn lại quá nhiều gây ra.
5. Các chương trình con đã lập được sử dụng khá hiệu quả để xử lý các dữ liệu quan trắc, kết nối với phần mềm phân tích chuyên dụng trong công tác phân tích ngược. Các chương trình con có thể phát triển thêm nhiều tính năng mới như: Tự động nhận số liệu từ bộ thu dữ liệu (dataloger) của thiết bị; kết nối mạng lưới cảm biến khi quan trắc lâu dài; giao tiếp mạng internet; đánh giá tự động và hiển thị kết quả theo thời gian thực trên nền Web.
6. Một số bài học kinh nghiệm rút ra được là:
 - + Cần phân tích mô hình kỹ càng để xác định vị trí bố trí cảm biến quan trắc tại các nơi có ứng xử (lún, chuyển vị) bất lợi nhất phù hợp với cấu tạo nền sẽ thi công.
 - + Trong quá trình khoan, lắp đặt cảm biến piezometer quan trắc áp lực lỗ rỗng trong các lớp đất dính (sét) cần quan sát, đánh giá mẫu đất khoan lên tại hiện trường, để tránh đặt

piezometer vào vị trí thấu kính lớp cát (cục bộ hoặc do khảo sát bước trước đó chưa chính xác) để thu thập số liệu và xác định áp lực lỗ rỗng thẳng dư phù hợp hơn.

+ Trong trường hợp các đoạn nền đắp cao trong một dự án có bố trí nhiều vị trí quan trắc gần nhau, nên phân tích thêm các phương án bố trí thiết bị hợp lý hơn cho cả dự án để tiết kiệm kinh phí quan trắc. Có thể dùng nút cấu hình-trạm tổng (node-base), trong đó các nút kết nối với các cảm biến ở một trạm quan trắc (mặt cắt) và truyền dữ liệu về trạm tổng bằng đường truyền có dây hoặc không dây.

Công nghệ quan trắc áp dụng cho dự án này dùng bộ đọc dữ liệu cầm tay, thu thập và phân tích bán tự động. Qua kinh nghiệm thu được có thể mở rộng áp dụng cho các hệ thống quan trắc địa kỹ thuật tự động qui mô lớn, quan trắc lâu dài, hiển thị số liệu và kết quả đánh giá theo thời gian thực trên nền web là hoàn toàn khả thi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1.] Bộ Giao thông vận tải. Quy trình thiết kế xử lý đất yếu trong xây dựng nền đường 22TCN 244-98
- [2.] Trung tâm KHCN & Tư vấn đầu tư-Trường ĐHBK Đà Nẵng, Các báo cáo kết quả quan trắc địa kỹ thuật dự án đường Nguyễn Tri Phương đi Hòa Quý, TP. Đà Nẵng, 2012-2013.
- [3.] Minoru Matsuo-Kunio Kawamura, Diagram for construction control of embankment on soft ground, Soil & Foundation Vol.17, No.3, Sept.1977
- [4.] Akira Asaoka, Observation procedure of settlement prediction, Soil & Foundation Vol.18, No.4, Sept.1978
- [5.] Rocscience In (2007-2009), Settle3D- Settlement and Consolidation analysis, Theory manual.
- [6.] <http://www.plaxis.nl/plaxis2d/manuals/>
- [7.] <http://www.rocscience.com/products/7/Settle3D>