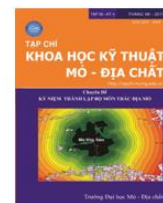




Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Nghiên cứu xây dựng mô hình dự báo lún phù hợp trong phân tích và dự báo lún nền đất yếu từ kết quả quan trắc

Trần Quang Học ^{1,*}, Nguyễn Thành Lê ², Tống Thị Hạnh ²

¹ Trường Đại học Giao thông Vận tải, Việt Nam

² Học viện Kỹ thuật Quân sự, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 15/3/2017
 Chấp nhận 10/6/2017
 Đăng online 31/8/2017

Từ khóa:

Dự báo lún
 Hàm Asaoka
 Hàm số mũ
 Hàm Hyperbolic

Trong thi công các công trình trên nền đất yếu, việc quan trắc xác định độ lún công trình là điều kiện bắt buộc. Mục đích của công tác quan trắc trong giai đoạn này nhằm xác định độ lún của công trình tại thời điểm quan trắc, kiểm tra lại các kết quả tính toán đã dự báo trong bước thiết kế, đồng thời có thể dự báo được độ lún trong tương lai. Theo các TCVN hiện hành: 22TCN 262-2000, Quy trình khảo sát nền đường ô tô đắp trên nền đất yếu; TCVN 9355:2012, Gia cố nền đất yếu bằng bậc thấm thoát nước; Quyết định 384/QĐ-BGTVT, quy định tạm thời về kỹ thuật thi công và nghiệm thu hạng mục xử lý nền đất yếu, các hàm được ứng dụng là hàm số mũ, hàm Hyperbolic và hàm Asaoka. Hiện nay, tại nhiều dự án thi công phổ biến áp dụng hàm Asaoka để phân tích dự báo lún do mô hình của hàm rất phù hợp với độ lún thực tế. Tuy nhiên, trong hàm không có biến thời gian nên không biết được chính xác thời điểm lún ở chu kỳ kế tiếp. Trong nội dung bài báo này, nhóm tác giả sẽ phân tích từng hàm dự báo theo TCVN cùng một số hàm khác. Từ đó xây dựng mô hình kết hợp giữa hàm Asaoka và hàm toán học khác nhằm phát huy tính ưu việt trong mỗi hàm.

© 2017 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Quan trắc lún công trình là một nhiệm vụ bắt buộc đối với tất cả các công trình xây dựng. Đối với các công trình được thi công trên nền đất yếu thì công tác quan trắc lún nhằm xác định độ lún của công trình tại thời điểm quan trắc, kiểm tra lại các kết quả tính toán đã dự báo trong bước thiết kế, đồng thời có thể dự báo được độ lún trong tương lai. Theo các tiêu chuẩn hiện hành (Bộ Giao thông

vận tải, 2000; Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, 2012) và quy định về kỹ thuật thi công và nghiệm thu hạng mục xử lý nền đất yếu (Bộ Giao thông vận tải, 2013), các hàm toán học được áp dụng để dự báo lún là hàm số mũ, hàm Hyperbolic và hàm Asaoka. Vấn đề nghiên cứu và ứng dụng các hàm toán học trong công tác quan trắc cũng như dự báo lún đã có nhiều tác giả đề cập, Ngô Văn Hợi (2010) đã sử dụng hàm Hyperbolic để dự báo độ ổn định của công trình trên nền đất yếu, Lê Đức Tình (2007) sử dụng mô hình đa thức để dự báo chuyển dịch biến dạng công trình, Trần Ngọc Đông (2014) cũng lựa chọn mô hình đa thức để dự báo độ lún

*Tác giả liên hệ

E-mail: tranhoccutc@gmail.com

nền công trình, Phạm Quốc Khánh (2016) sử dụng phương pháp phân tích tự hồi quy,...

Trong nội dung bài báo, nhóm tác giả sẽ tiến hành phân tích đánh giá mức độ phù hợp của từng mô hình thông qua hệ số tương quan bội R-Squared và sai số mô hình (μ). Từ đó xây dựng mô hình hàm kết hợp tối ưu nhất để dự báo độ lún công trình trên nền đất yếu.

2. Nội dung

Để phân tích và đánh giá sự phù hợp của từng hàm, tác giả lựa chọn các mô hình đang được sử dụng phổ biến là hàm Asaoka, hàm Hyperbolic, hàm đa thức và hàm số mũ.

2.1. Hàm Asaoka

Công thức tổng quát của hàm Asaoka (Akira Asaoka, 1978) có dạng:

$$S_{t_i} = \beta_0 + \beta_1 \cdot S_{t_{i-1}} \quad (1)$$

Trong đó: t_i - thời gian quan trắc; $S_{t_i}, S_{t_{i-1}}$ - độ lún tại thời điểm t_i , và t_{i-1} ; β_0, β_1 - là các hệ số hồi quy.

Từ phương trình (1), biến đổi về dạng phương trình (2):

$$\beta_0 + \beta_1 \cdot S_{t_{i-1}} - S_{t_i} = 0 \quad (2)$$

Phương trình (2) được gọi là phương trình quan trắc (mỗi lần quan trắc, ta sẽ lập được 1 phương trình như trên) với các ẩn số cần xác định là β_0, β_1 . Từ (2) có thể thấy điều kiện cần và đủ để xác định được các hệ số hồi quy β_0 và β_1 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. Tuy nhiên, trong thực tế bao giờ cũng phải thực hiện một chuỗi gồm rất nhiều kết quả quan trắc, từ chuỗi kết quả quan trắc cho phép lập được hệ phương trình quan trắc. Dưới dạng ma trận, hệ phương trình có dạng:

$$A \cdot X + L = 0 \quad (3)$$

Trong đó:

A - Ma trận hệ số gồm n hàng và 2 cột. Cột đầu tiên là hệ số trước ẩn số thứ nhất β_0 , cột thứ 2 là hệ số đứng trước ẩn số thứ hai β_1 là độ lún tại thời điểm quan trắc liền trước đó;

X - véc tơ ẩn số, $X^T = (\beta_0 \beta_1)$;

L - số hạng tự do, $L^T = (-S_{t_1} - S_{t_2} \dots - S_{t_m})$

Giải (3) theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất nhận được nghiệm:

$$X_{2 \times 1} = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{pmatrix}_{2 \times 1} = -(A_{2 \times m}^T A_{m \times 2})^{-1} \cdot (A_{2 \times m}^T \cdot L)$$

Thay các hệ số β_0, β_1 vào công thức (1), sẽ dự báo được độ lún S_{t_i} tại thời điểm t_i tiếp theo.

Sai số mô hình (1) được tính theo công thức:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-t}}$$

Với: [vv] là tổng bình phương độ lệch của mô hình (1) so với kết quả quan trắc lún thực tế, t là số lượng hệ số hồi quy của mô hình, áp dụng với mô hình (1) thì t = 2.

2.2. Hàm Hyperbolic

Dạng tổng quát của hàm số Hyperbolic (Tan T., Inoue T., Lee S., 1991) có dạng sau:

$$S_{t_i} = S_0 + \frac{t_i}{\alpha + \beta \cdot t_i} \quad (4)$$

Trong đó: t_i - là thời gian quan trắc; S_0 - độ lún ở thời điểm ban đầu khi chất đủ tải; $S_{t_{i-1}}$ độ lún tại thời điểm quan trắc i; α, β là các hệ số hồi quy của hàm.

Theo (Ngô Văn Hợi, 2010) phương trình (4) có dạng (5):

$$\alpha + \beta \cdot t_i - \frac{t_i}{S_{t_i} - S_0} = 0 \quad (5)$$

Bằng cách phân tích như mục 2.1, sẽ tính được các hệ số α, β . Thay các hệ số này vào công thức (4), sẽ dự báo được độ lún S_{t_i} tại thời điểm t_i tiếp theo.

Sai số mô hình (5) sẽ là:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-t}}, \text{ với } t: \text{ số ẩn số } (t=2);$$

2.3. Hàm đa thức

Dạng tổng quát của hàm đa thức (Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010) có dạng:

$$S_{t_i} = a_0 + a_1 \cdot t_i + a_2 \cdot t_i^2 + \dots + a_m \cdot t_i^m \quad (6)$$

Trong đó: t_i - là thời gian quan trắc; $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$ - là các hệ số của hàm.

Phân tích và tính như hàm Asaoka, sẽ tính được các hệ số $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$. Thay các hệ số

này vào công thức (6), sẽ dự báo được độ lún S_{t_i} tại thời điểm t_i tiếp theo.

Sai số mô hình được tính theo công thức:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-t}}; t = m; \text{ số hệ số của hàm.}$$

2.4. Hàm số mũ

Dạng tổng quát của hàm số mũ (Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010) được xác định theo công thức:

$$S_{t_i} = S_c \cdot (1 - \alpha \cdot e^{-\beta \cdot t_i}) \quad (7)$$

Trong đó: S_{t_i} - là độ lún tại thời điểm quan trắc i ; S_c - là độ lún cố kết; α, β - là các hệ số hồi quy của hàm.

Việc xác định các hệ số S_c, α, β được tiến hành tương tự như các hàm trên. Thay các hệ số này vào công thức (7), sẽ dự báo được độ lún S_{t_i} - tại thời điểm t_i tiếp theo.

Sai số mô hình (7) xác định theo công thức:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-t}}; t: \text{ số ẩn số, } t=3.$$

2.5. Đánh giá độ chính xác của các mô hình dự báo

Để đánh giá sự phù hợp của các mô hình hồi quy trong quan trắc và dự báo chuyển dịch công trình chúng tôi sử dụng hai thông số là sai số mô hình (μ) và hệ số tương quan bội R-squared. Hệ số tương quan bội tính theo công thức (Tổng Đình Quỳ, 2007; Colin Cameron, Frank Windmeijer, 1997):

$$R - \text{squared} = \frac{\left(n \cdot \sum_{i=1}^n (S_{do} \cdot S_{mh}) - \left(\sum_{i=1}^n S_{do} \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n S_{mh} \right) \right)^2}{\left[n \cdot \sum_{i=1}^n S_{do}^2 - \left(\sum_{i=1}^n S_{do} \right)^2 \right] \cdot \left[n \cdot \sum_{i=1}^n S_{mh}^2 - \left(\sum_{i=1}^n S_{mh} \right)^2 \right]} \quad (8)$$

Trong đó: S_{do}, S_{mh} - là độ lún theo số liệu quan trắc và độ lún theo mô hình tương ứng.

Mô hình toán học nào có hệ số R-squared càng gần xấp xỉ bằng 1 và sai số mô hình càng nhỏ thì mô hình đó càng phù hợp (đúng) với mô hình thực của kết quả quan trắc.

2.6. Tính toán thực nghiệm

Để có cơ sở đánh giá mức độ phù hợp của các mô hình hồi quy trong dự báo lún công trình trên nền đất yếu, nhóm tác giả tiến hành tính toán thực nghiệm với số liệu quan trắc lún nền đắp giai đoạn giữ tải tại hai công trình là Dự án đầu tư xây dựng đường nối tỉnh lộ 282, cầu vượt sông Đuống, tỉnh Bắc Ninh (Sở GTVT tỉnh Bắc Ninh, 2011) và gói thầu EX2 quốc lộ 5B (Tổng công ty Phát triển hạ tầng và Đầu tư tài chính Việt Nam, 2013).

a. Số liệu quan trắc tại vị trí Km0+460, dự án đầu tư xây dựng đường nối tỉnh lộ 282, cầu vượt sông Đuống, tỉnh Bắc Ninh.

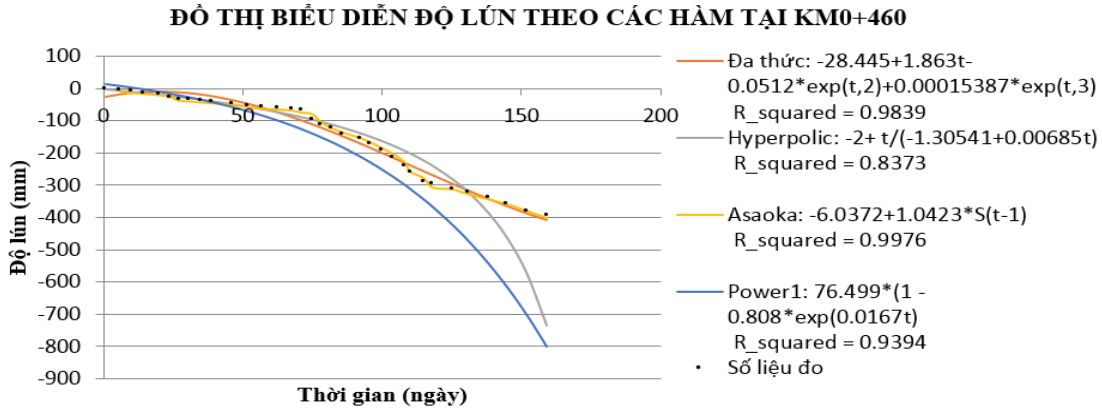
Trong Bảng 1, tác giả sử dụng số liệu quan trắc từ số ngày quan trắc 1 đến số ngày 159 để xây dựng mô hình hồi quy, tính R-squared và sai số mô hình, các số liệu quan trắc còn lại được sử dụng trong phần dự báo lún (Mục 2.7).

Bảng 1. Số liệu quan trắc lún nền đất yếu tại vị trí Km0+460 (Sở GTVT tỉnh Bắc Ninh, 2011)

Số ngày quan trắc	Độ lún (mm)	Số ngày quan trắc	Độ lún (mm)	Số ngày quan trắc	Độ lún (mm)	Số ngày quan trắc	Độ lún (mm)	Số ngày quan trắc	Độ lún (mm)
1	-2	35	-37	75	-94	108	-242	152	-381
6	-6	39	-42	78	-112	110	-262	159	-395
10	-9	46	-49	82	-125	115	-290	166	-411
14	-13	52	-54	86	-141	118	-295	173	-425
20	-19	57	-56	92	-155	125	-310	179	-439
24	-29	63	-60	96	-172	131	-325		
27	-32	68	-65	100	-189	138	-340		
31	-35	71	-70	104	-214	145	-360		

Bảng 2. Phương trình hàm hồi quy, tính R-squared và sai số của các mô hình.

Tên mô hình	Phương trình	R-squared	Sai số mô hình (mm)
Asaoka	$S_{t_i} = -6,0372 + 1,0423.S_{t_{i-1}}$	0,9976	±6
Đa thức	$S_{t_i} = -28,445 + 1,863.t_i - 0,0512.t_i^2 + 0,00015387.t_i^3$	0,9839	±17
Hyperbolic	$S_{t_i} = -2 + \frac{t_i}{-1,30541 + 0,00685.t_i}$	0,8373	±77
Hàm số mũ	$S_{t_i} = 76,499.(1 - 0.808.e^{0,0167.t_i})$	0,9394	±120



Hình 1. Đồ thị biểu diễn độ lún và đường xu hướng theo các hàm dự báo.

Bảng 3. Số liệu quan trắc lún tại Km8+700 gói thầu EX2 quốc lộ 5B (Tổng công ty Phát triển hạ tầng và Đầu tư tài chính Việt Nam, 2013)

Số ngày quan trắc	Độ lún (mm)	Số ngày quan trắc	Độ lún (mm)	Số ngày quan trắc	Độ lún (mm)	Số ngày quan trắc	Độ lún (mm)	Số ngày quan trắc	Độ lún (mm)
4	-1	181	-28	350	-57	494	-86	613	-118
23	-3	197	-35	363	-58	502	-89	636	-118
43	-4	209	-38	375	-60	515	-92	662	-121
61	-6	226	-45	384	-61	522	-95	683	-123
90	-7	237	-47	398	-65	531	-99	704	-125
111	-8	254	-50	403	-68	547	-103	726	-126
140	-10	280	-52	417	-74	566	-108	782	-127
158	-13	298	-53	438	-78	578	-112		
165	-19	319	-54	459	-81	587	-115		
172	-25	333	-55	474	-82	599	-117		

Bảng 4. Phương trình hàm hồi quy, R-squared và sai số của các mô hình.

Tên mô hình	Phương trình	R- squared	Sai số mô hình (mm)
Asaoka	$S_{t_i} = -2,9164 + 0,9987.S_{t_{i-1}}$	0,9980	±2
Đa thức	$S_{t_i} = 2,994 - 0,1426.t_i - 0,0001.t_i^2 + 1,0.10^{-7}.t_i^3$	0,9842	±4
Hàm số mũ	$S_{t_i} = -452,966.(1 - 0,989.e^{0,0004.t_i})$	0,9839	±5
Hyperbolic	$S_{t_i} = -1 + \frac{t_i}{-11,43048 + 0,01179.t_i}$	0,9015	±20

Trong thực nghiệm với hàm đa thức cho thấy mô hình với số mũ bậc 3 có R-squared lớn nhất nên mô hình bậc 3 sẽ được lựa chọn làm mô hình hồi quy.

b. Số liệu quan trắc tại Km8+700 gói thầu EX2 quốc lộ 5B

Tác giả sử dụng số liệu quan trắc từ số ngày 4 đến số ngày 683 để xây dựng mô hình hồi quy, tính R-squared và sai số mô hình, các số liệu quan trắc còn lại được sử dụng trong phần dự báo lún.

c. Phân tích kết quả thực nghiệm

Qua hai số liệu (SL) thực nghiệm cho thấy mô hình hàm Asaoka có sai số mô hình nhỏ nhất (SL a: $\mu = \pm 6mm$; SL b: $\mu = \pm 2mm$), tiếp theo là mô hình đa thức ($\mu_{SL(a)} = \pm 17mm$; $\mu_{SL(b)} = \pm 4mm$); các mô hình còn lại có sai số lớn hơn là hàm số mũ ($\mu_{SL(a)} = \pm 120mm$; $\mu_{SL(b)} = \pm 4mm$); hàm Hyperbolic ($\mu_{SL(a)} = \pm 77mm$; $\mu_{SL(b)} = \pm 20mm$).

Xét về hệ số tương quan bội R-squared, kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình hàm Asaoka có R-squared cao nhất (SL a: 0,9976; SL b: 0,9980) tiếp theo là mô hình hàm đa thức (SL a: 0,9839; SL b: 0,9842) và thấp nhất là mô hình hàm Hyperbolic (SL a: 0,8373; SL b: 0,9015). Điều này chứng tỏ mô hình hàm Asaoka phản ánh được chính xác nhất số liệu đo lún thực tế, sau đó đến mô hình đa thức. Tuy nhiên, trong mô hình hàm Asaoka không có biến thời gian t_i nên mặc dù có thể dự báo được giá trị độ lún ở thời điểm tiếp theo nhưng không biết được chính xác đó là thời điểm nào.

2.7. Xây dựng mô hình kết hợp

Để phát huy được ưu điểm của hàm Asaoka, đồng thời có thể khắc phục được vấn đề còn hạn chế của mô hình này, nhóm tác giả đề xuất xây dựng mô hình kết hợp giữa hàm Asaoka với hàm dự báo khác mà trong hàm có biến thời gian và hàm đó phản ánh được tương đối chính xác độ lún thực tế.

Các hàm dự báo là hàm số mũ, hàm Hyperbolic và hàm đa thức đều có biến thời gian (t). Tuy nhiên, dựa vào kết quả thực nghiệm (Mục 2.6) thì hàm đa thức có sai số mô hình thấp hơn và hệ số tương quan bội cao hơn so với hai mô hình còn lại. Đồng thời dựa trên đồ thị biểu diễn lún (Hình 1 và Hình 2) cho thấy đường biểu thị độ lún của mô hình đa thức khá sát so với số liệu đo thực, trong khi mô hình hàm số mũ và mô hình hàm

Hyperbolic có xu hướng đi lệch hướng so với số liệu thực tế, đặc biệt với những chu kỳ quan trắc ở thời điểm cuối. Điều này chứng tỏ mô hình đa thức phản ánh được độ lún thực tế chính xác hơn so với mô hình hàm số mũ và mô hình hàm Hyperbolic.

Mặt khác, mô hình đa thức cũng được nhiều tác giả lựa chọn trong phân tích dự báo lún công trình (Lê Đức Tình, 2007; Trần Ngọc Đông, 2014) phần nào thể hiện tính phổ dụng của mô hình này.

Trên cơ sở những phân tích trên, tác giả đã lựa chọn hàm đa thức để xây dựng mô hình kết hợp cùng mô hình Asaoka. Mô hình kết hợp đa thức - Asaoka có dạng:

$$S_{t_i} = a_0 + a_1.t_i + a_2.t_i^2 + \dots + a_m.t_i^m + \beta.S_{t_{i-1}} \quad (9)$$

Biến đổi phương trình (9) về dạng phương trình (10):

$$a_0 + a_1.t_i + a_2.t_i^2 + \dots + a_m.t_i^m + \beta.S_{t_{i-1}} = 0 \quad (10)$$

Trong đó: $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m, \beta$ - là các hệ số của hàm; S_{t_i} - độ lún của công trình tại thời điểm quan trắc i ; $S_{t_{i-1}}$ - độ lún tại chu kỳ liền kề trước đó.

Việc giải (10) cũng được tiến hành tương tự như các mô hình đã trình bày trên.

Sai số mô hình được tính theo công thức:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-t}}; \quad t: \text{số ẩn số}, \quad t = m-1;$$

Tính toán thực nghiệm mô hình kết hợp đa thức - Asaoka:

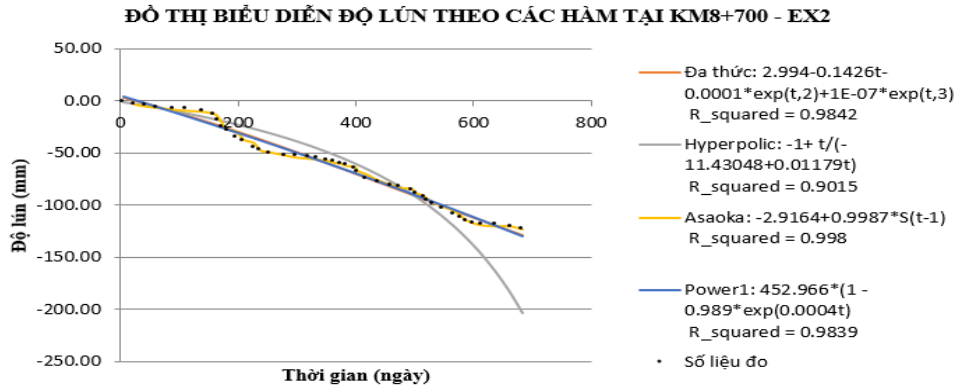
Để kiểm chứng được độ chính xác của mô hình (9) so với các mô hình (5), (6), (7), nhóm tác giả tiến hành thực nghiệm xác định các sai số mô hình và hệ số tương quan bội của mô hình (9): Với số liệu a sử dụng kết quả quan trắc từ số ngày quan trắc 1 đến số ngày 159, với số liệu b sử dụng kết quả quan trắc từ số ngày quan trắc 4 đến số ngày 683 (Bảng 6). Số liệu ba chu kỳ cuối của hai nhóm số liệu a và b sẽ được sử dụng để so sánh với giá trị dự báo lún theo mô hình hàm hồi quy.

Kết quả hàm hồi quy và xác định hệ số tương quan bội của mô hình đa thức - Asaoka như Bảng 5.

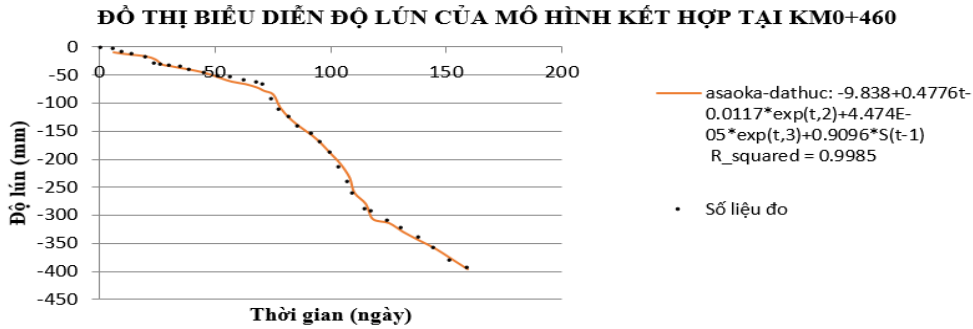
Kết quả dự báo và số liệu quan trắc thực tế được thể hiện trong Bảng 6.

Phân tích kết quả thực nghiệm

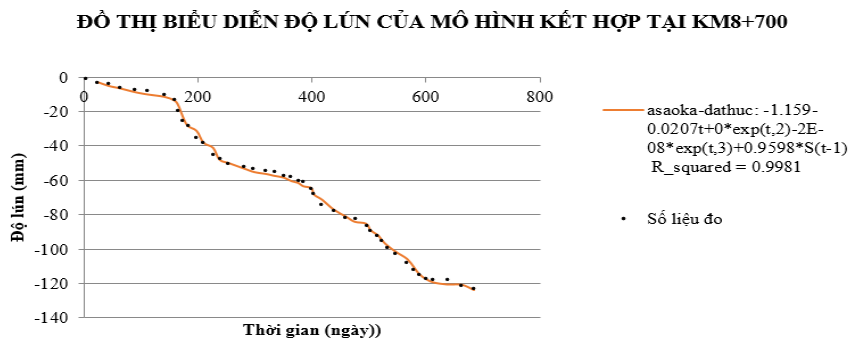
Thực nghiệm mô hình kết hợp hàm đa thức - Asaoka cho kết quả là hệ số tương quan bội R-Squared=0,9985 (số liệu a) và R-squared=0,9981 (số liệu b), giá trị này lớn hơn so với R-Squared



Hình 2. Đồ thị biểu diễn độ lún và đường xu hướng theo các hàm dự báo.



Hình 3. Đồ thị biểu diễn độ lún của hàm kết hợp đa thức-Asaoka tại KM0+460.



Hình 4. Đồ thị biểu diễn độ lún của hàm kết hợp đa thức-Asaoka tại KM8+700.

Bảng 5. Phương trình hàm hồi quy và hệ số tương quan bội của mô hình đa thức - Asaoka.

Số liệu quan trắc	Phương trình	R squared	Sai số mô hình (mm)
KM0+460	$S_{t_i} = -9,838 + 0,4776 * t_i - 0,0117 * t_i^2 + 4,474 * 10^{-5} * t_i^3 + 0,9096 * S_{t_{i-1}}$	0,9985	±5
KM8+700	$S_{t_i} = -1,159 - 0,0207 * t_i + 3.10^{-5} * t_i^2 - 2,2.10^{-8} * t_i^3 + 0,9598 * S_{t_{i-1}}$	0,9981	±2

Bảng 6. So sánh giá trị dự báo với kết quả thực tế.

Số ngày đo	KM0+460 (số liệu a)			Số ngày đo	KM0+800 (số liệu b)		
	Dự báo (mm)	Thực tế (mm)	Sai lệch mô hình (mm)		Dự báo (mm)	Thực tế (mm)	Sai lệch mô hình (mm)
166	-407	-411	4	704	-127	-125	-2
173	-419	-425	6	726	-129	-126	-3
179	-428	-439	11	782	-130	-127	-3

của các mô hình (1), (5), (6), (7). Sai số mô hình của hàm kết hợp ($\mu(sla)=\pm 5\text{mm}$; $\mu(slb)=\pm 2\text{mm}$) có giá trị nhỏ hơn so với các mô hình (5), (6), (7); so với mô hình Asaoka (1) thì sai số mô hình hàm kết hợp có giá trị nhỏ hơn (số liệu a) hoặc bằng (số liệu b). Đồng thời dựa trên kết quả dự báo cho 3 chu kỳ tiếp theo cho thấy mô hình dự báo rất sát với số liệu quan trắc thực tế.

3. Kết luận

Bài báo đã tiến hành phân tích, đánh giá sự phù hợp của các mô hình dự báo lún của các công trình xây dựng trên nền đất yếu từ kết quả quan trắc. Kết quả tính toán thực nghiệm đã chỉ ra được mô hình hàm Asaoka cho độ tin cậy cao nhất. Thực tế, trong quan trắc lún với các công trình thi công trên nền đất yếu thường sử dụng hàm này. Tuy nhiên, hàm Asaoka có thể dự báo được độ lún thời điểm tiếp theo nhưng lại không chỉ ra được giá trị độ lún đó sẽ xảy ra chính xác ở thời gian nào.

Giải pháp sử dụng mô hình kết hợp hàm đa thức - Asaoka sẽ phát huy được ưu điểm của mỗi hàm. Từ kết quả tính toán thực nghiệm, nhóm tác giả nhận thấy việc sử dụng mô hình hàm kết hợp cho độ chính xác cao và quan trọng là khi sử dụng mô hình hàm kết hợp sẽ xác định được thời gian mà độ lún tiếp theo sẽ xảy ra. Dựa trên mô hình hàm kết hợp, việc dự báo cho các chu kỳ tiếp theo cho độ chính xác tương đối cao. Tuy nhiên, giá trị dự báo sẽ kém chính xác nếu số lượng chu kỳ quan trắc ít và thời gian dự báo cách xa thời điểm tại chu kỳ đang xét.

Tài liệu tham khảo

- Bộ Giao thông vận tải, 2000. Tiêu chuẩn thiết kế 22TCN 262-2000. Quy trình khảo sát nền đường ô tô đắp trên nền đất yếu.
- Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, Bộ Xây dựng, 2012. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9355:2012, Gia cố nền đất yếu bằng bắc thấm thoát nước.
- Bộ Giao thông vận tải, 2013. Quy định tạm thời 384/QĐ-BGTVT, Kỹ thuật thi công và nghiệm thu hạng mục xử lý nền đất yếu bằng phương pháp cố kết hút chân không có màng kín khí trong xây dựng công trình giao thông.

Ngô Văn Hợi, 2010. Đánh giá độ cố kết của đất yếu thông qua các kết quả quan trắc lún bằng phương pháp trắc địa, *Tạp chí KHCN Xây dựng*, 3, 44 - 48.

Lê Đức Tình, 2007. Nghiên cứu thuật toán xử lý số liệu quan trắc và phân tích chuyển dịch biến dạng công trình, *Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật*.

Trần Ngọc Đông, 2014. Nghiên cứu phương pháp trắc địa quan trắc, phân tích biến dạng nền móng và tầng hầm công trình nhà cao tầng trong giai đoạn thi công xây dựng, *Luận án tiến sỹ*, trường Đại học Mỏ- Địa chất, Hà Nội.

Phạm Quốc Khánh, Nguyễn Việt Hà, 2015. Ứng dụng phương pháp tự hồi quy trong dự báo lún công trình, *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, 1, 57 - 60.

Tống Đình Quỳ, 2007. Giáo trình xác suất thống kê, *NXB Bách khoa Hà Nội*.

Sở GTVT tỉnh Bắc Ninh, 2011. Báo cáo phân tích quan trắc địa kỹ thuật nền đắp giai đoạn giữ tải - Dự án đầu tư xây dựng đường nối tỉnh lộ 282, cầu vượt sông Đuống với quốc lộ 18, tỉnh Bắc Ninh.

Tổng công ty Phát triển hạ tầng và Đầu tư tài chính Việt Nam, 2013. Báo cáo phân tích quan trắc địa kỹ thuật nền đắp giai đoạn giữ tải gói thầu EX2, đường cao tốc 5B Hà Nội - Hải Phòng.

Akira Asaoka, 1978. Observational procedure of settlement prediction, *Soils and foundations, JSSMFE*, 18, 87-101.

Tan T., Inoue T., Lee S., 1991. Hyperbolic method for consolidation analysis, *Journal of Geotechnical Engineering* 117, 1723-1737.

Colin Cameron, Frank Windmeijer, 1997. An R-squared measure of goodness of fit for some common nonlinear regression models, *Journal of Econometrics*, 77, 329 - 342.

Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, 2010. Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình, *Nhà Xuất bản Giao thông Vận tải, Hà Nội*.

ABSTRACT

Study and establish subsidence forecast models in accordance with analysis and forecast soft ground subsidence from monitoring results

Hoc Quang Tran ^{1,*}, Le Thanh Nguyen ², Hanh Thi Tong ²

¹ *University of Transport and Communications, Vietnam*

² *Military Technical Academy, Vietnam*

During building works on soft ground, the work subsided identified observation is a prerequisite. The purpose of the observation at this stage aims to determine the subsidence of the works at the time of observation, check the calculation results predicted in the design stage, simultaneously can predict subsidence in future. According to the current Vietnamese Standard: 22TCN 262-2000, Roadbed Survey Standard embanked on soft ground; TCVN 9355:2012, Ground improvement by pretabricated vertical drain (PVD); Decision 384/QĐ-BGTVT, temporary regulations about construction techniques and acceptance items of processing soft ground, the application functions is Exponential, Hyperbolic function and Asaoka function. Currently, in many construction projects, Asaoka function is applied to subsidence forecast analysis by model of functions are very suitable with realistic subsidence. However, there is no variable of time in the function hence not to know the exact time of subsidence in the next period. In this paper, the authors will analyze each prediction function according to Vietnamese Standard and some other functions. From there, proposing and building model combines Asaoka function and other mathematical functions that promotes advantages in each function.

Keywords: Subsidence forecast, Asaoka function, Exponential funtion, Hyperbolic funtion.