

# XÁC ĐỊNH CHIỀU SÂU VÙNG HOẠT ĐỘNG CỐ KẾT THEO THỜI GIAN TRONG ĐẤT YẾU DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG NỀN ĐẮP VÀ CÁC ỨNG DỤNG

GS.TS Dương Ngọc Hải<sup>1</sup>; ThS Nguyễn Đức Nghiêm<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Báo cáo này trình bày các kết quả nghiên cứu về cách thức xác định chiều sâu vùng hoạt động cố kết (HĐCK) theo thời gian dưới tải trọng đắp để áp dụng vào việc tính toán độ lún cố kết và độ ổn định của nền đắp đường ô tô trên đất yếu.

**Summary:** This paper presents the results of research on the determination of consolidation active depths with changing follow times under embankment loads which are used for settlement and stabilization analyses of highway embankments on soft ground.

Nhận ngày 17/8/2011; chỉnh sửa 14/9/2011; chấp nhận đăng 30/9/2011

## 1. Đặt vấn đề

Khi mới chất tải lên nền đất sét yếu bão hòa nước thì áp lực nước lỗ rỗng  $u$  tại một điểm là lớn nhất, tức là  $u(z, t = 0) = \sigma_z$ . Trong quá trình cố kết, nước lỗ rỗng thoát ra,  $u$  giảm dần, nền đất yếu dần cố kết và mức độ cố kết của mỗi điểm trong nền đất yếu từ trước đến nay được định nghĩa theo biểu thức (1) dưới đây:

$$U(z, t) = 1 - \frac{u(z, t)}{\sigma_z} \quad (1)$$

trong đó:  $\sigma_z$  là ứng suất do tải trọng nền đắp tại tim, ở độ sâu  $z$ ;  $u(z, t)$  là áp lực nước lỗ rỗng trong đất yếu bão hòa nước ở độ sâu  $z$ , tại thời điểm  $t$ .

Theo kết quả lời giải phương trình cố kết thấm của K.Terzaghi ở [1] và [2] cho thấy ở một thời điểm  $t$  xác định, những lớp đất phía trên (sát đáy nền đắp)  $u$  giảm nhanh hơn dẫn tới  $u/\sigma_z$  nhỏ và  $U$  sẽ lớn, ngược lại khi  $z$  lớn thì  $U$  nhỏ. Tức là, ở mỗi thời điểm  $t$  xác định,  $U$  giảm dần theo chiều sâu.

Gọi  $\varepsilon$  là một số vô cùng bé, nếu  $U \leq \varepsilon$  thì coi như chưa có HĐCK xảy ra. Từ đó ở [1] và [2] đã đưa ra khái niệm vùng HĐCK theo thời gian:

Ở mỗi thời điểm  $t$  sẽ xác định một điểm có độ sâu  $z_{at}$  thỏa mãn điều kiện (2) dưới đây và giá trị  $z_{at}$  đó được gọi là chiều sâu vùng HĐCK ở thời điểm  $t$  (vùng có HĐCK sau khi chất tải nền đắp một khoảng thời gian  $t$ ).

$$U(z, t) = 1 - \frac{u(z_{at}, t)}{\sigma_{zat}} = \varepsilon \text{ hay } \frac{u(z_{at}, t)}{\sigma_{zat}} = 1 - \varepsilon \quad (2)$$

<sup>1</sup> Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng.  
E-mail:nghiemdhxd@gmail.com

Trong [2] đã được kiến nghị chọn  $\varepsilon=0.01$  (1%) để xác định  $z_{at}$  và dựa vào lời giải phương trình cổ kết thấm K.Terzaghi dạng nghiệm kín dưới tải trọng đắp phân bố đều vô hạn, tác giả [2] đã tìm được biểu thức xác định  $z_{at}$ :

$$z_{at} = 4\sqrt{C_v t} \quad (3)$$

Ý nghĩa của  $z_{at}$  trong (3) là ở một thời điểm  $t$  kể từ khi chất tải (đắp nền) trên đất yếu có hệ số cổ kết theo phương đứng là  $C_v$  thì chỉ xảy ra HĐCK trong phạm vi  $z_{at}$  chứ không phải cổ kết xảy ra trong toàn bộ vùng tính lún  $h$ . Phần đất yếu bên dưới  $z_{at}$  ở thời điểm  $t$  hoạt động cổ kết diễn ra không đáng kể, áp lực nước lỗ rỗng lúc này chỉ giảm dưới 1% so với áp lực nước lỗ rỗng cực đại ban đầu và có thể coi như chưa xảy ra cổ kết. Như vậy, ở thời điểm  $t$  chỉ cần tính toán độ lún cổ kết và sự gia tăng cường độ chống cắt của đất yếu theo mức độ cổ kết trung bình trong vùng HĐCK chứ không tính trong toàn bộ phạm vi tính lún  $h$  như hiện nay vẫn làm. Khi  $t$  tăng lên thì  $z_{at}$  cũng tăng dần đến khi  $z_{at} = h$  (với  $h$  là chiều sâu tính lún:  $h = \min\{\text{vùng gây lún } z_a; \text{ tổng chiều dày các lớp đất yếu } \sum h_i\}$ ). Qua (3) có thể tính được thời gian để chiều sâu vùng HĐCK lan hết vùng  $h$  bằng cách thay  $h = z_{at}$  vào vế trái và tính ngược ra  $t$  ở vế phải.

Với ý nghĩa thực tiễn của khái niệm vùng hoạt động cổ kết theo thời gian như vậy, trong bài báo này sẽ trình bày cách xác định  $z_{at}$  trong trường hợp tải trọng phân bố dạng hình thang (tải trọng nền đắp đường ô tô) và các ứng dụng thực tiễn.

## 2. Xác định vùng HĐCK theo thời gian dưới tải trọng nền đường đắp dạng hình thang

### 2.1 Xác định $z_{at}$ bằng phương pháp sai phân hữu hạn

Để tính được giá trị  $z_{at}$  theo biểu thức (2), trước tiên ta cần xác định giá trị của hàm  $u(z, t)$  qua việc giải phương trình cổ kết thấm của K.Terzaghi.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (4)$$

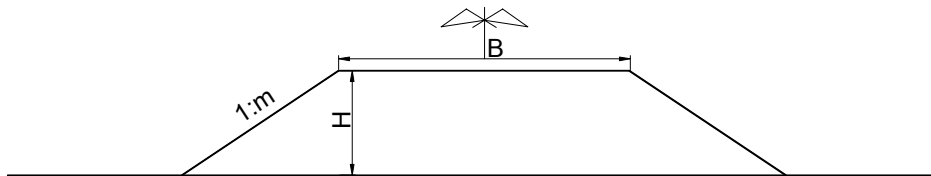
với các điều kiện biên sau:

$$\begin{aligned} z = 0 \text{ với } 0 \leq t \leq \infty &\rightarrow u = 0 & t = 0 \text{ với } 0 < z \leq h &\rightarrow u = \sigma_z \\ z = h \text{ với } 0 \leq t \leq \infty &\rightarrow \partial u / \partial z = 0 & t = \infty \text{ với } 0 \leq z \leq h &\rightarrow u = 0 \end{aligned}$$

Đối với trường hợp tải trọng nền đắp phân bố hình thang thì phương trình (4) nghiệm không kín, tức là không trực tiếp tìm được biểu thức giải tích của  $u$ . Do đó cũng không trực tiếp tìm được biểu thức xác định  $z_{at}$  như cách trong [2] đã tìm ra biểu thức (3) và trong trường hợp này từ trước đến nay vẫn thường sử dụng phương pháp sai phân để giải (4).

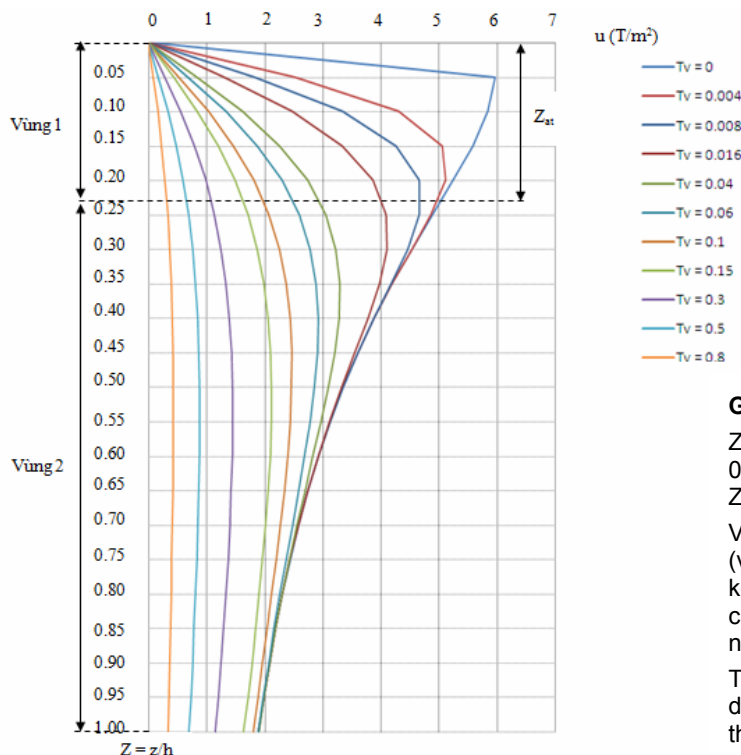
Để khảo sát quy luật biến đổi của hàm  $u$  một cách tiện lợi và tổng quát. Thay vì việc khảo sát hàm  $u$  theo các giá trị tuyệt đối của  $z$  và  $t$ , các tác giả đã khảo sát hàm  $u$  theo các biến được vô thứ nguyên hóa bằng cách đổi biến:  $Z = z/h$ ;  $T_v = C_v t/h^2$ .

Dựa vào các điều kiện biên, trong trường hợp tải trọng đắp hình thang có các yếu tố hình học như hình 1, tác giả đã lập được một phần mềm để xác định  $u(Z, T_v)$  ở bất kỳ thời điểm nào với  $H, B, n$  tùy ý, từ đó cũng xác định được  $z_{at}$  theo điều kiện (2).



Hình 1. Kích thước hình học nền đường đắp

Như vậy, phần mềm có thể xác định được  $Z_{at}$  ở thời điểm bất kỳ và cho mọi kích thước nền đắp khác nhau. Kết quả ta thu được là tập số liệu  $Z_{at} = f(T_v)$ . Trên hình 2 là đồ thị của  $u(Z, T_v)$  và cách xác định  $Z_{at}$  trường hợp nền đắp có  $B = 7.5\text{m}$ ,  $H = 3.5\text{m}$ , dốc taluy 1:1.5.



**Ghi chú:**

$Z_{at}$  trên hình vẽ tương ứng với  $t = 0.5$  năm ( $T_v = 0.004$ ) khi  $t$  tăng lên  $Z_{at}$  sẽ lan dần xuống dưới.

Vùng 1 là vùng có HĐCK xảy ra (vùng  $Z_{at}$ ), vùng 2 là vùng có độ cố kết rất nhỏ (dưới 1%), nên coi như chưa có HĐCK (tại thời điểm  $t = 0.5$  năm).

Theo thời gian vùng 1 phát triển dần, vùng 2 thu hẹp dần, khi  $t = t_{gh}$  thì  $Z_{at} = h$  vùng 2 bị tiêu biến.

**Hình 2.** Phân bố của hàm  $u$  và cách xác định  $Z_{at}$  trường hợp  $B = 7.5\text{m}$ ,  $H = 3.5\text{m}$ , taluy 1:1.5

**2.2 Lập phương trình hồi quy xác định  $Z_{at}$  tổng quát**

Để thuận tiện cho việc sử dụng  $Z_{at}$  trong tính toán thiết kế, đặc biệt trong trường hợp người thiết kế không có phần mềm nói trên, tác giả đã dùng phần mềm để tính  $Z_{at}$  cho các kích thước nền đường thường gặp trong thực tế. Từ đó lập quan hệ hồi quy giữa  $Z_{at}$  và  $T_v$ , quan hệ này có dạng:

$$Z_{at} = n \sqrt{C_v t} \quad (5)$$

Với độ dốc mái taluy là 1:1.5,  $\epsilon = 0.01$  thì  $n$  thay đổi tùy thuộc vào  $B$  và  $H$  như bảng 1 và thiết lập được một hàm tương quan hồi quy như ở (6).

**Bảng 1.** Kết quả xác định  $n$  trong biểu thức (5) tùy thuộc vào  $B$  và  $H$

| $H(m) \backslash B(m)$ | 7.5  | 12   | 22.5 | 50   | 100  |
|------------------------|------|------|------|------|------|
| 2                      | 3.31 | 3.60 | 3.82 | 3.96 | 4.02 |
| 4                      | 3.17 | 3.46 | 3.68 | 3.82 | 3.87 |
| 6                      | 3.13 | 3.41 | 3.63 | 3.77 | 3.83 |
| 8                      | 3.11 | 3.39 | 3.61 | 3.75 | 3.80 |
| 10                     | 3.09 | 3.38 | 3.60 | 3.73 | 3.79 |

$$n = 3.51 - 0.0258H + 0.006B \quad (6)$$

với hệ số tương quan là  $R = 0.807$

Vậy ta có biểu thức xác định chiều sâu HĐCK theo thời gian cho trường hợp nền đắp dạng hình thang là:

$$z_{at} = n\sqrt{C_v t} = (3.51 - 0.0258H + 0.006B)\sqrt{C_v t} \quad (7)$$

Chú ý: Biểu thức (7) lập cho trường hợp taluy đắp là 1:1.5. Tuy nhiên, thực tế độ dốc taluy nền đắp trên đất yếu thường chỉ giao động từ 1:1.5 đến 1:2 và ảnh hưởng và ảnh hưởng của độ dốc taluy trong phạm vi này tới trị số  $z_{at}$  là không đáng kể do vậy nói chung có thể áp dụng (7) cho mọi trường hợp nền đắp đường ô tô.

Nhìn vào biểu thức (7) ta thấy khi tải trọng đắp càng tập trung vào tim tức là  $H$  càng cao  $B$  càng nhỏ thì  $n$  nhỏ, ngược lại nền đường càng phân bố rộng và đắp càng thấp thì  $n$  càng lớn. Khi  $B$  rất lớn ta thấy  $n \rightarrow 4$  (kết quả đúng như trong [2] đã chứng minh được). Do biểu thức (7) được xây dựng từ tập số liệu có  $B \leq 100m$  vì vậy chỉ áp dụng cho các trường hợp  $B \leq 100m$ , khi  $B > 100m$  có thể coi nền rộng vô hạn và áp dụng biểu thức (3) để xác định  $z_{at}$ .

### 3. Ứng dụng của vùng HĐCK theo thời gian trong các bài toán thực tế

Ở mỗi thời điểm  $t$  kể từ khi chất tải (đắp nền) có thể xem HĐCK chỉ xảy ra trong vùng  $z_{at}$ , vùng đất yếu còn lại ( $z_{at} \rightarrow h$ ) hầu như không có HĐCK xảy ra. Ngược lại, theo quan điểm của các tiêu chuẩn hiện hành về tính toán xử lý nền đất yếu thì HĐCK xảy ra trong toàn bộ vùng gây lún ở bất kỳ thời điểm nào. Do đó, có thể có những sai khác nhất định khi giải các bài toán liên quan đến quá trình cố kết thấm khi sử dụng  $z_{at}$  so với cách tính của các tiêu chuẩn hiện hành. Bằng việc chứng minh được sự tồn tại của vùng HĐCK theo thời gian có thể khẳng định rằng khi giải các bài toán cố kết thấm, nếu sử dụng  $z_{at}$  sẽ mô tả chính xác hơn bản chất vật lý quá trình làm việc của nền đất yếu khi chịu tác dụng của tải trọng nền đắp và kết quả có độ tin cậy cao hơn.

Sau đây sẽ đưa ra lời giải cho hai bài toán cơ bản trong tính toán xử lý nền đất yếu đó là: bài toán tính độ lún cố kết và bài toán tính sự gia tăng cường độ kháng cắt của đất yếu theo thời gian.

#### 3.1 Bài toán tính độ lún cố kết theo thời gian

Biểu thức tính lún cố kết theo 22TCN 262-2000

$$S_t = S_{\infty}^h U_{tb}^h \quad (8)$$

trong đó:  $S_{\infty}^h$  là độ lún cố kết cuối cùng của đất yếu được tính trong toàn bộ vùng tính lún  $h$ ;  $U_{tb}^h$  là độ cố kết trung bình của vùng tính lún  $h$  đạt được ở thời điểm  $t$ .

Theo quan điểm sử dụng  $z_{at}$  thì biểu thức tính độ lún cố kết vẫn tương tự như trên nhưng thay vì độ lún cố kết cuối cùng và độ cố kết trong toàn bộ vùng tính lún  $h$  ( $S_{\infty}^h, U_{tb}^h$ ) phải sử dụng độ lún cố kết cuối cùng và độ cố kết trung bình chỉ trong vùng HĐCK  $z_{at}$  ( $S_{\infty}^{zat}, U_{tb}^{zat}$ ):

$$S_t = S_{\infty}^{zat} U_{tb}^{zat} \quad (9)$$

**Nhận xét:**

- Khi  $t < t_{gh}$  ( $t_{gh}$  thời gian vùng HĐCK lan hết vùng tính lún  $h$ ) thì trị số  $z_{at} < h$  nhưng  $U_{tb}^{zat}$  lại lớn, do vậy thực tế qua tính toán nhiều trường hợp cho thấy  $S_t$  tính theo (9) sẽ lớn hơn tính theo (8). Kết quả này sẽ ảnh hưởng đến giải pháp xử lý nền, đặc biệt khi sử dụng biện

pháp gia tải trước, với thời gian chờ lún khoảng 6 tháng đến 2 năm thì thường  $z_{at}$  chưa lan hết vùng tính lún, kết quả  $S_t$  tính theo (9) lớn hơn nên thời gian chờ lún sẽ rút ngắn hơn so với cách tính hiện nay.

- Khi  $t \geq t_{gh}$  thì  $z_{at} = h$ , tức là vùng HĐCK đồng nhất với vùng tính lún, kết quả tính được theo hai phương pháp là như nhau. Nếu theo quy định của các quy trình cũ, thời gian tính toán nền đường là vô cùng, thì sẽ không có sự khác nhau giữa hai phương pháp. Tuy nhiên, các quy trình mới hiện nay quy định thời gian tính lún nền đường bằng tuổi thọ của kết cấu áo đường. Nếu trong khoảng thời gian này  $z_{at}$  chưa lan đến hết vùng tính lún  $h$  thì sẽ có sự sai khác khi có và không sử dụng  $z_{at}$  trong tính toán.

### 3.2 Bài toán tính sự gia tăng sức kháng cắt của đất yếu

Theo cách tính của 22TCN 262 - 2000 thì sau một thời gian đắp nền toàn bộ vùng tính lún  $h$  đạt được độ cố kết trung bình  $U_{tb}^h$  thì sức kháng cắt (của toàn bộ vùng tính lún  $h$ ) tăng lên một lượng là

$$\Delta c = \sigma_z U_{tb}^h \operatorname{tg} \varphi_0 \quad (10)$$

trong đó  $\varphi_0$  là góc ma sát của đất yếu ở trạng thái tự nhiên.

Cũng tương tự như bài toán tính độ lún cố kết. Nếu theo quan điểm vùng HĐCK thay đổi theo thời gian thì biểu thức tính  $\Delta c$  cũng tương tự như biểu thức (10). Tuy nhiên, thay vì  $U_{tb}^h$  ta sử dụng  $U_{tb}^{zat}$ .

$$\Delta c = \sigma_z U_{tb}^{zat} \operatorname{tg} \varphi_0 \quad (11)$$

Tức là, đất yếu chia làm hai vùng, vùng  $z < z_{at}$  đất yếu có cường độ chống cắt tăng lên một lượng  $\Delta c$ , vùng còn lại  $z_{at} < z < h$  vì chưa có hoạt động cố kết nên đất yếu chưa có sự gia tăng cường độ chống cắt.

Qua tính toán nhiều trường hợp thực tế cho thấy  $\Delta c$  tính theo biểu thức (11) sẽ lớn hơn cách tính hiện thành theo (10) và khi thời gian càng ngắn sự sai khác lại càng lớn.

Mặt khác, với khoảng thời gian thi công 1 → 2 năm, với đất sét yếu bão hòa nước thì  $z_{at}$  đạt được khoảng 4 → 10m khi tính toán theo phương pháp mặt trượt trụ tròn thì mặt trượt thường cũng chỉ khoét vào đất yếu khoảng < 4 → 5 m (phạm vi này có → tính theo (11) lớn hơn). Như vậy, khi tính toán độ ổn định của nền đường có kể đến sự thay đổi của vùng HĐCK theo thời gian sẽ được hệ số ổn định lớn hơn.

Ví dụ cụ thể tại một phân đoạn thuộc một dự án đường cao tốc có chiều cao nền đắp thiết kế là 3.5m, đất yếu dày 6m với lực dính  $c_0 = 20 \text{ KN/m}^2$ ,  $\varphi_0 = 6^\circ$ .

Nền được đắp một giai đoạn và hệ số ổn định của nền đạt được tại thời điểm vừa đắp xong ( $t = 0$ ) là  $K_{\min} = 1.320$  (sức kháng cắt  $c = c_0 = 20 \text{ KN/m}^2$ ).

Đến khi đưa nền đường vào khai thác ( $t = 360$ ) ngày, nếu theo cách tính hiện nay theo (10) thì sức kháng cắt của toàn bộ vùng đất yếu tăng lên một lượng:

$$\Delta c = \sigma_z U_{tb}^h \operatorname{tg} \varphi_0 = 0.9 (\text{kN/m}^2)$$

Khi tính toán với sức kháng cắt  $c = c_0 + \Delta c = 20 + 0.9 = 20.9 \text{ KN/m}^2$  được  $K_{\min} = 1.354 < 1.4$ ., Vì vậy tư vấn thiết kế đã sử dụng biện pháp thay 2 m đất để đảm bảo cho nền ổn định.

Tuy nhiên, nếu tính theo phương pháp sử dụng  $z_{at}$  theo (11) thì sau 360 ngày  $z_{at} = 4 \text{ m}$ , toàn bộ vùng  $z_{at}$  có cường độ kháng cắt tăng lên một lượng:

$$\Delta c = \sigma_z U_{tb}^{zat} \operatorname{tg} \varphi_0 = 2.1 (\text{kN/m}^2)$$

Như vậy, nền đất yếu phân ra hai vùng, 4m phía trên có  $c = c_0 + \Delta c = 20 + 2.1 = 22.1 \text{ KN/m}^2$ ; 2m đất yếu bên dưới  $c = c_0 = 20 \text{ KN/m}^2$ . Tính toán ta được  $K_{\min} = 1.425 > 1.4$  như vậy sẽ không cần phải có biện pháp xử lý nào.

Nhận xét: Đối với bài toán tính sự gia tăng sức kháng cắt (thường chỉ tính trong thời gian thi công). Trong khoảng thời gian này  $z_{at}$  chưa lan hết vùng tính lún  $h$  và  $\Delta c$  tính theo (11) thường lớn hơn so với cách tính hiện nay, do đó có lợi về mặt giải pháp (tiết kiệm hơn).

### 3.3 Áp dụng biểu thức xác định $z_{at}$ (7) trong việc bố trí đầu đo áp lực nước lỗ rỗng

Đối với nền đường đắp trên đất yếu, một số trường hợp cần phải bố trí hệ thống đầu đo áp lực nước lỗ rỗng trong thời gian thi công (hoặc một số năm đầu khai thác). Theo như cách tính hiện hành thì phạm vi lớn nhất bố trí đầu đo áp lực nước lỗ rỗng chính là vùng tính lún  $h$ .

Ngược lại, nếu sử dụng  $z_{at}$  trong tính toán thì từ thời gian quan trắc đã định trước  $t$ , ta tính  $z_{at}$  theo (7) và khi đó phạm vi lớn nhất bố trí các đầu quan trắc chỉ là vùng  $z_{at}$ . Thời gian quan trắc thường chỉ là một vài năm khi đó  $z_{at}$  còn nhỏ. Như vậy, sẽ tiết kiệm được đáng kể số lượng đầu đo  $u$  vì đã thu hẹp phạm vi bố trí, tránh lãng phí các đầu đo bố trí quá sâu mà trong thời gian quan trắc sẽ không làm việc.

### 3.4 Áp dụng biểu thức (7) trong việc xác định hệ số cố kết $C_v$ thông qua kết quả quan trắc áp lực nước lỗ rỗng

Trong trường hợp có kết quả quan trắc áp lực nước lỗ rỗng  $u$  tại hiện trường, nhờ biểu thức (7) ta có một cách khác để xác định  $C_v$  như sau:

Từ kết quả phân bố áp lực nước lỗ rỗng theo không gian và thời gian  $u(z, t)$  dựa vào (2) ta xác định được  $z_{at}$ . Từ biểu thức (7) với  $z_{at}$  và  $t$  đã biết ta tính ngược ra được  $C_v$ .

## 4. Kết luận

Bằng việc chứng minh được sự tồn tại của vùng HĐCK theo thời gian, có thể khẳng định rằng khi giải các bài toán liên quan đến quá trình cố kết thấm thì trong tính toán cần kể đến sự thay đổi của vùng hoạt động cố kết theo thời gian vì như vậy sẽ mô tả chính xác hơn bản chất làm việc của nền đất yếu dưới tải trọng nền đắp và kết quả có được sẽ đáng tin cậy hơn. Đặc biệt với bài toán tính độ lún cố kết trong thời gian ngắn (bằng tuổi thọ của kết cấu áo đường) và kiểm toán ổn định nền đường có kể đến sự gia tăng sức kháng cắt của đất yếu theo thời gian càng nên sử dụng biểu thức (9) và (11) để tính.

Biểu thức (7) cũng có thể áp dụng trong việc tính toán bố trí các đầu đo áp lực nước lỗ rỗng  $u$  trong công tác quan trắc hiện trường và kết quả quan trắc áp lực nước lỗ rỗng cũng có thể xác định được hệ số cố kết trung bình  $C_v^{tb}$  thực tế trong vùng quan trắc.

## Tài liệu tham khảo

1. Vũ Đức Sĩ (2005) - *Nghiên cứu một số vấn đề về tính toán lún theo thời gian và xử lý lún nền đường ô tô đắp trên đất yếu*, Luận án tiến sĩ.
2. Dương Hương Thảo (2006), *Khảo sát sự thay đổi áp lực nước lỗ rỗng dư trong lõi giải bài toán cố kết thấm theo sơ đồ 0 và vùng hoạt động cố kết theo thời gian*, Luận văn thạc sĩ Đại học Xây dựng
3. GS.TS Dương Học Hải (2007), *Xây dựng nền đường ô tô đắp trên đất yếu*, Nxb Xây dựng.
4. Nguyễn Đức Nghiêm (2011), *Xác định chiều sâu vùng cố kết theo thời gian của đất yếu dưới tải trọng nền đắp đường ô tô*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật Đại học Xây dựng.