

# Phương pháp tính toán mặt đường bê tông xi măng hệ nhiều lớp, có xét ảnh hưởng của chiều dày lớp cách ly giữa các lớp

■ ThS. NCS. PHẠM DUY LINH; TS. VŨ ĐỨC SỸ - Trường Đại học Giao thông vận tải

■ GS. TS. PHẠM CAO THẮNG - Học viện Kỹ thuật Quân sự

**TÓM TẮT:** Nội dung bài báo giới thiệu cơ sở lý thuyết tính toán hệ nhiều lớp kết cấu mặt đường cứng, cho phép xét ảnh hưởng của chiều dày lớp cách ly đến phân bố lại nội lực trong các lớp, làm cơ sở lựa chọn cấu tạo lớp cách ly trong kết cấu mặt đường ô tô và sân bay.

**TỪ KHÓA:** Mặt đường cứng bê tông xi măng nhiều lớp, lớp cách ly, ứng suất kéo uốn trong tấm bê tông xi măng

**ABSTRACT:** This paper presents the theoretical basis for calculating multi-layer system in rigid concrete pavements with considering the effect of the isolation layer thickness on internal force redistribution in layers, as a basis for selection of structure of the isolation layer in road and airport pavements

**KEYWORDS:** Multi-layer rigid concrete pavement, isolation layer, flexural stress in cement concrete pavement

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc phát triển nhu cầu vận tải hàng hóa trên hệ thống giao thông ngày càng tăng dẫn đến nhu cầu tăng cường đầu tư xây dựng kết cấu mặt đường mới, đầu tư nâng cấp mặt đường cũ, trong đó có kết cấu mặt đường bê tông xi măng (BTXM) được ưu tiên lựa chọn cho các tuyến đường cao tốc có lưu lượng trục xe lưu thông lớn, các tuyến đường có nhiều trục xe nặng lưu hành, cho mặt đường sân bay. Theo Quyết định số 3230/QĐ-BGTVT, quy định với kết cấu mặt đường có lưu lượng giao thông lớn, bắt buộc lớp móng trên phải được làm từ vật liệu bê tông nghèo, cát - đá gia cố xi măng, tạo ra lớp vật liệu có độ cứng lớn, cùng tham gia chịu lực với lớp mặt. Khi đó, tính kết cấu theo sơ đồ hệ hai lớp, chấp nhận lớp móng trên cùng tham gia chịu kéo uốn với lớp mặt.

Để lớp bê tông trên cơ bản tự do với lớp móng dưới khi dãn nở nhiệt, triệt tiêu lực ma sát giữa các lớp, trong các quy trình thiết kế của các nước đều quy định bắt buộc phải bố trí lớp cách ly giữa các lớp. Trong [1,6,8,9] đều quy định sử dụng lớp cách ly từ các loại vật liệu dễ biến dạng như 1 - 2 lớp giấy dầu, lớp bitum cắt dày không quá 5 mm, lớp đá bitum dày không quá 1,5 cm. Trong [4],

do điều kiện khí hậu của Mỹ không quá nắng nóng, nên quy định cho phép sử dụng lớp cách ly từ bê tông nhựa (BTN) nóng, dày không quá 2 inch (~5 cm). Trong [10] với điều kiện khí hậu trên hầu hết lãnh thổ Trung Quốc không quá nắng nóng nên quy định sử dụng lớp cách ly từ bê tông nhựa chặt (BTNC) có chiều dày tối thiểu 4 cm. Ở Việt Nam, tính toán thiết kế mặt đường cứng hai lớp theo Quyết định số 3230/QĐ-BGTVT [2] trên cơ sở tham khảo quy trình thiết kế của Trung Quốc [10], đã đưa ra các công thức tính toán, chiều dày các lớp cách ly quy định sử dụng vật liệu BTNC dày không dưới 3 cm. Khi đã sử dụng lớp cách ly giữa các lớp bê tông, nên trong tính toán thiết kế đều chấp nhận giả thiết các lớp bê tông làm việc hoàn toàn độc lập với nhau, tính toán kết cấu với hệ hai lớp chịu uốn. Lớp BTNC chỉ đóng vai trò là lớp cách ly, không xét tham gia chịu lực với kết cấu.

Như vậy, vấn đề đặt ra cần làm rõ ở đây là, trong điều kiện khí hậu nắng nóng của Việt Nam, nếu sử dụng lớp cách ly bằng BTNC, khi ở nhiệt độ cao, cường độ sẽ bị suy giảm, nếu sử dụng lớp BTN có chiều dày lớn sẽ gây ra biến dạng lớn, khi đó biến dạng của lớp cách ly có xảy ra sự phân bố lại nội lực trong các lớp hay không. Trong bài báo, tác giả trình bày cơ sở lý thuyết tính toán kết cấu mặt đường BTXM nhiều lớp, làm cơ sở tính toán đánh giá ảnh hưởng của lớp cách ly đến việc phân bố nội lực trong các lớp, để đánh giá ảnh hưởng của biến dạng lớp cách ly đến nội lực trong các lớp, làm căn cứ lựa chọn chiều dày và cường độ lớp cách ly hợp lý, góp phần nâng cao sức chịu tải của kết cấu áo đường, tăng tuổi thọ mặt đường BTXM.

## 2. CƠ SỞ TÍNH TOÁN HỆ NHIỀU LỚP KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG CỨNG ĐƯỜNG Ô TÔ VÀ SÂN BAY

Trong thực tế, kết cấu mặt đường cứng nhiều lớp có thể sử dụng giải pháp cấu tạo liên kết giữa các lớp:

- Liên kết các lớp đang dính chặt (các lớp trong kết cấu mặt đường cùng làm việc như một lớp);
- Liên kết dạng nửa dính (các lớp trong kết cấu mặt đường tiếp xúc trực tiếp, giữa các lớp không có lớp cách ly);
- Liên kết dạng sử dụng lớp cách ly (giữa các lớp trong kết cấu mặt đường có lớp phân cách, lực ma sát giữa các lớp nhỏ, các lớp làm việc hoàn toàn độc lập với nhau).

Ở những nước có khí hậu nóng như ở Việt Nam, để giảm thiểu tác động của lực ma sát giữa các lớp làm tăng ứng suất kéo uốn trong các lớp BTXM do tấm BTXM bị cản trở co dãn khi nhiệt độ thay đổi, giải pháp được lựa chọn là sử dụng là bố trí lớp cách ly giữa các lớp.

Khi giữa các lớp trong kết cấu mặt đường có lớp cách ly, các lớp sẽ làm việc hoàn toàn độc lập với nhau, cũng như ứng suất tác dụng của tải trọng bánh xe. Khi đó, theo lý thuyết tấm mỏng, ta có hệ phương trình vi phân hệ nhiều lớp, thí dụ với hai lớp như sau [8].

$$\begin{cases} D_1 \left( \frac{\partial^4 w_1}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w_1}{\partial y^4} \right) + C_{11}(w_1 - w_2) = q(x, y) \\ D_2 \left( \frac{\partial^4 w_2}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^2 w_2}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w_2}{\partial y^4} \right) + C_{22} w_2 = C_{12}(w_1 - w_2) \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó:

$w_1, w_2$  - Độ võng các lớp trên (tấm BTXM) và lớp dưới (lớp móng tham gia chịu kéo uốn) trong kết cấu mặt đường do tải trọng gây ra;

$q(x, y)$  - Áp lực bánh xe tác động lên mặt tấm trên;

$D_1, D_2$  - Tương ứng là độ cứng uốn trụ lớp trên và lớp dưới;

$C$  - Hệ số mô-đun phản lực nền tương đương (hệ số nền tương đương), tính từ lớp mỏng nằm dưới lớp mỏng trên trừ hướng và lớp nền tự nhiên.

$C_{11}$  - Hệ số cứng của lớp cách ly, giả thiết tuân theo quy luật hệ số nền, khi đó theo lý thuyết đàn hồi ta có:

$$C_{11} = \frac{E_{cl} (1 - \mu_{cl})}{h_{cl} (1 - \mu_{cl} - 2\mu_{cl}^2)} \quad (2)$$

Với:  $E_{cl}, \mu_{cl}, h_{cl}$  - Lần lượt là mô-đun đàn hồi, hệ số poisson và chiều dày của lớp cách ly.

Mô hình nền tính theo mô-đun phản lực nền hiện đang được sử dụng trong các quy trình thiết kế đường của Mỹ (AASHTO 1998), quy trình thiết kế sân bay của ICAO, quy trình thiết kế sân bay của Việt Nam (TCVN10907/2015). Một số quy trình sử dụng mô hình nền là bản không gian đàn hồi, cường độ của nền được đặc trưng bằng mô-đun đàn hồi  $E_0$ . Giữa đại lượng mô-đun đàn hồi nền và hệ số mô-đun phản lực nền, có quan hệ như sau:

Theo AASHTO 1993:  $E_0 = 19,4.C_0$  (3)

Với:  $C_0$  - Hệ số mô-đun phản lực nền (Pci);

$E_0$  - Mô-đun đàn hồi nền, (Psi), 1 Psi = 0,007 MPa.

Theo Cục Hàng không Liên bang Mỹ (FAA):

$$E_{\text{chm}} = 26.C_{1, \text{chm}}^{1,24} \quad (4)$$

Với:

$E_{\text{chm}}$  - Mô-đun đàn hồi chung của móng và nền (MPa);

$C_{1, \text{chm}}$  - Hệ số nền tương đương (MPa/cm).

Cần lưu ý là trong các quy trình tính toán mặt đường cứng hiện nay ở nước ta quy định, tính kết cấu mặt đường cứng với tác dụng tĩnh của tải trọng, nên các đại lượng mô-đun phản lực nền (C) hoặc mô-đun đàn hồi của nền ( $E_0$ ) đều lấy là mô-đun phản lực nền tĩnh và mô-đun đàn hồi tĩnh của nền.

Hệ phương trình (1) có hai phương trình, với hai ẩn là độ võng lớp trên và lớp dưới trong kết cấu mặt đường. Sau khi giải hệ phương trình (1), xác định được độ võng các lớp,

sẽ tính được mô-men uốn và ứng suất kéo uốn trong các lớp bê tông theo các công thức của lý thuyết tấm mỏng:

Lớp trên theo phương x

$$M'_x = -D_1 \left( \frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2} + \mu_1 \frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2} \right) \quad (5)$$

$$\sigma'_{xu} = \frac{6.M'_x}{b.h^2}$$

Lớp dưới tương tự:

$$M'_x = -D_2 \left( \frac{\partial^2 w_2}{\partial x^2} + \mu_2 \frac{\partial^2 w_2}{\partial y^2} \right) \quad (6)$$

$$\sigma'_{xu} = \frac{6.M'_x}{b.h^2}$$

Với: b - Chiều rộng dài tính toán lấy bằng 1; h - Chiều dày tấm BTXM;

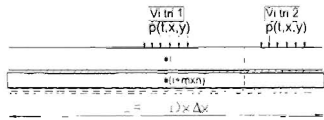
$D_1, D_2$  - Tương ứng là độ cứng uốn trụ của các lớp.

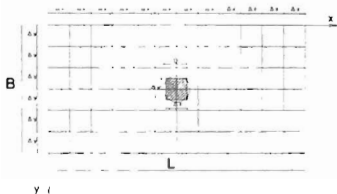
Phương trình vi phân (1) là viết cho hai lớp, cũng có thể viết tương tự với hệ nhiều lớp cùng chịu uốn như trên.

Từ phương trình (2) cho thấy, sử dụng lớp cách ly có chiều dày ( $h_{cl}$ ) hoặc có cường độ ( $E_{cl}$ ) khác nhau, khi giải hệ phương trình (1) sẽ nhận được các giá trị độ võng của các lớp khác nhau, có nghĩa là giá trị đại lượng ứng suất kéo uốn trong các lớp cũng sẽ khác nhau. Lớp cách ly có chiều dày càng lớn, hoặc có mô-đun đàn hồi càng nhỏ, sẽ làm giảm độ lớn của đại lượng hệ số độ cứng  $C_{11}$ , khi đó sẽ làm tăng độ võng của lớp trên trong kết cấu mặt đường, làm tăng ứng suất kéo uốn trong lớp này. Vì vậy, trong các quy trình thiết kế của các nước, đều đưa ra các quy định chặt chẽ về cấu tạo của lớp cách ly, thông thường sử dụng lớp cách ly bằng một đến hai lớp giấy dầu, một lớp cát nhựa dày 0,5 cm hoặc bằng lớp SAMI dày trung bình 1,5 cm hoặc bê tông nhựa hạt mịn có chiều dày không quá lớn.

### 3. ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN KẾT CẤU MẶT ĐƯỜNG CỨNG HỀ HAI LỚP

Để tìm lời giải hệ phương trình (1), trong bài báo sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn. Phương pháp sai phân hữu hạn là phương pháp gần đúng về toán học, thay các đại lượng vi phân bằng các đại lượng sai phân, để tính các giá trị độ võng lớp trên và lớp dưới của kết cấu mặt đường  $w_1$  (độ võng lớp trên - tấm BTXM),  $w_2$  (độ võng lớp móng tham gia chịu kéo uốn cùng tấm BTXM) trong hệ phương trình (1), từ đó tính toán xác định ứng suất kéo uốn của các lớp theo các công thức (5), (6). Trong phạm vi bài báo, tác giả đã xây dựng chương trình tính mặt đường bê tông hai lớp (Multi-Layer Concrete Pavement - MLCP), phần mềm sử dụng ngôn ngữ lập trình Visual - Basic 6.0.





(L, B - Kích thước tấm BTXM, chọn lấy lớn hơn đường kính chậu vòng)  
 a) - Mật cắt đứng hai lớp; b) - Mật bằng chia lưới lớp trên (trung với lớp dưới)

Hình 3.1: Sơ đồ chia lưới sai phân lớp trên

Lưới sai phân được chia theo lưới ô vuông, có bước lưới  $\Delta x, \Delta y$  theo các trục x và y. Số lượng nút lưới chia đủ lớn (để kích thước tấm lớn hơn đường kính chậu vòng), sao cho thỏa mãn điều kiện biên: khi tải trọng đặt tại tâm tấm, thì tại vị trí gần cạnh tấm, các độ võng có giá trị bằng 0, có nghĩa là điều kiện liên kết tại biên tấm sẽ không ảnh hưởng đến kết quả tính. Độ chính xác của kết quả tính phụ thuộc khoảng cách bước lưới chia, trong tính toán để đảm bảo độ chính xác, theo [3] khuyến nghị lấy bước lưới  $\Delta x, \Delta y$  xấp xỉ bằng chiều dày tấm BT.

Tại các vị trí đặt tải, về phải của phương trình (1) có giá trị bằng áp lực q, còn tại các vị trí khác không có tải trọng, về phải có giá trị bằng 0.

Trên Hình 3.1 thể hiện sơ đồ chia nút lưới cho lớp trên, gồm m nút lưới trên trục x và n nút lưới trên trục y. Đối với lớp dưới, yêu cầu khoảng cách và vị trí các nút tương tự như lớp trên. Diện tích truyền tải trọng lưới sai phân lấy là hình vuông có các cạnh  $\Delta x = \Delta y$ , vùng có diện tích bằng diện tích thực tế của bánh xe trên mặt đường, là hình tròn có đường kính D, áp lực q.

Nếu chia n nút lưới theo trục y và m nút lưới theo trục x, ta sẽ nhận được hệ phương trình gồm 2(nxm) phương trình sai phân viết cho hai lớp, với 2(nxm) ẩn số là các độ võng của các nút lưới của lớp trên và lớp dưới, vị trí các nút lưới tâm trên và tâm dưới trùng nhau, từ đó tính được giá trị độ võng từng nút và ứng suất kéo uốn tại các nút lưới.

Trong thí dụ sử dụng lớp cách ly có chiều dày nhỏ, với số liệu đầu vào tính toán như sau:

- Lớp 1: Tấm BTXM làm mới có:  
 $E_{bt} = 30.000 \text{ MPa}; \mu = 0,15; R_{lw} = 4 \text{ MPa}; h = 20 \text{ cm}.$
- Lớp cách ly:  
 $E = 30 \text{ MPa}; \mu = 0,25; h_p = 0,3 \text{ cm}$ , bằng hai lớp giấy dầu theo quy định TCVN 10907.
- Lớp 2: Lớp móng bê tông nghèo:  
 $E_2 = 25.000 \text{ MPa}; \mu = 0,15; R_{lw} = 2,5 \text{ MPa}; h = 20 \text{ cm}.$
- Trên lớp móng dưới và nền có:  
 $E_{cn} = 40 \text{ MPa}.$
- Tải trọng tính toán:  
 Tải trọng trục xe tính toán 12T, tải trọng bánh xe 6T, hệ số xung kích  $k=1,2$ .  
 Áp lực bánh xe:  $q = 0,6 \text{ Mpa}.$

Kết quả tính toán thể hiện trên Bảng 3.1, Hình 3.2 và Hình 3.3 dưới đây.

Bảng 3.1. Kết quả tính toán độ võng và ứng suất các lớp trong kết cấu mặt đường

Các lớp mặt đường	Độ võng tại tâm tải trọng, w (mm)	Ứng suất kéo uốn tại tâm tải trọng, $\sigma_w$ (Mpa)
Lớp trên	1,33	1,517
Lớp dưới	1,20	0,775

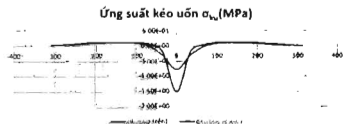
a) - Lớp trên



b) - Lớp dưới



Hình 3.2: Biểu đồ độ võng của lớp trên và lớp dưới



Hình 3.3: Biểu đồ ứng suất kéo uốn của lớp trên và lớp dưới

Trong bài báo cũng trình bày kết quả tính toán ứng suất kéo uốn trong lớp bê tông theo các phương pháp tính trong TCVN 10907/2015, theo quy trình thiết kế ảo đường cứng của Nga (BCH 197-91) và theo lời giải bản thực nghiệm của Westergaard, với cùng số liệu đầu vào như trên. Kết quả thể hiện trên Bảng 3.2.

Bảng 3.2. So sánh kết quả tính ứng suất kéo uốn lớn nhất tại đáy giữa tấm BTXM bằng các phương pháp khác nhau

PP tính	Ứng suất kéo uốn lớp BTXM (Mpa)	So sánh các phương pháp với PP để xuất
PP để xuất	1,517	0,00%
Theo TCVN 10907/2015	1,485	2,13%
Theo BCH 197-91	1,497	1,32%
Theo Westergaard	1,514	0,20%

Nhận xét: Trong tính toán, sử dụng lớp cách ly bằng lớp giấy dầu có chiều dày mỏng, kết quả tính toán theo phương pháp tính để xuất tương đương với các phương pháp tính hiện có trong các quy trình thiết kế hiện nay, nên phương pháp tính để xuất đảm bảo độ tin cậy. Khi sử dụng lớp cách ly bằng lớp bitum cát dày 0,5 cm, với lớp SAMI dày 1,5 cm thì kết quả tính độ võng và ứng suất kéo uốn trong lớp BTXM cũng tương tự với trường hợp sử dụng lớp cách ly bằng hai lớp giấy dầu như Bảng 3.2.

#### 4. KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CHIỀU DÀY LỚP CÁCH LY LÀM BĂNG BTNC ĐẾN ỨNG SUẤT BIẾN DẠNG TRONG TẦM BTXM MẶT ĐƯỜNG

Quyết định số 3230/2012/QĐ-BGTVT quy định, trên mặt lớp móng trên bằng bê tông nghèo hoặc bê tông đầm lăn phải rải một lớp cách ly dày tối thiểu 3,0 cm bằng BTNC. Bài báo trình bày kết quả khảo sát đánh giá ảnh hưởng của chiều dày lớp cách ly đến phân bố nội lực trong các lớp trong điều kiện khí hậu của Việt Nam.

Giá trị mô-đun đàn hồi của lớp BTN loại cốt liệu nhóm A, phụ thuộc nhiệt độ trong phạm vi từ 10 đến 65°C, có thể được xác định theo công thức [9]:

$$E_{BTN} = -6T + 600, \quad (7)$$

Với:

$E_{BTN}$  - Mô-đun đàn hồi BTN ở nhiệt độ tính toán, MPa;  
T - Nhiệt độ tính toán, °C.

Vào mùa hè, những ngày nắng nóng, nhiệt độ bề mặt lớp BTXM có thể đạt tới 65 - 67°C, với tầm BTXM có chiều dày trung bình 22 - 23cm, khi đó nhiệt độ tại đáy lớp BTXM chính là nhiệt độ của lớp cách ly, được xác định theo Quyết định số 3230/2012/QĐ-BGTVT:

$$T_{rT} = T_{z0} - 0,86.h = 67 - 0,86.23 = 47,2^\circ \text{C} \quad (8)$$

Khi đó, mô-đun đàn hồi BTN ở 47,2°C tính theo (7) bằng 310 - 315 Mpa.

Thay giá trị mô-đun đàn hồi lớp BTNC bằng 315 Mpa và tính với với chiều dày lớp cách ly từ 3 - 6 cm, vào chương trình tính MLCP, với các số liệu đầu vào tính toán tương tự nêu tại mục 3, nhận được độ võng và ứng suất kéo uốn trong lớp BTXM thay đổi theo chiều dày lớp BTN từ 3 - 6 cm theo bảng sau:

**Bảng 4 1. Kết quả tính toán lớp BTXM**

Chiều dày lớp cách ly BTNC (cm)	Độ võng lớp BTXM (cm)	Ứng suất kéo uốn lớp BTXM (Mpa)
3	0,133	1,510
4	0,135	1,552
5	0,136	1,587
6	0,137	1,615

**Nhận xét:** Qua số liệu tính toán theo bảng trên cho thấy, ở mức nhiệt độ vùng nắng nóng, mặt tầm BTXM ở 65 - 67°C, giá trị độ võng và ứng suất kéo uốn lớp trên khi chiều dày lớp cách ly tăng từ 3 cm lên 6 cm, mức độ tăng độ võng tăng 3%, ứng suất kéo uốn tăng 7,3%. Khi lớp cách ly có chiều dày nhỏ không quá 3 cm, kết quả tính độ võng và ứng suất kéo uốn trong lớp BTXM có giá trị tương tự với kết quả tính cho trường hợp lớp cách ly bằng hai lớp giấy dầu theo **Bảng 3 1**.

#### 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Phương pháp tính để xuất cho phép tính toán xác định được trạng thái ứng suất - biến dạng của từng lớp trong hệ kết cấu mặt đường cứng nhiều lớp. Kết quả tính toán đảm bảo độ tin cậy.

- Phương pháp tính để xuất cho phép xét được ảnh hưởng chiều dày và cường độ lớp cách ly đến phân bố nội lực trong các lớp, làm căn cứ lựa chọn cấu tạo hợp lý các lớp trong kết cấu mặt đường cứng nhiều lớp.

- Từ kết quả trên cho thấy, trong điều kiện khí hậu nắng nóng của Việt Nam, khi sử dụng lớp cách ly bằng BTNC có chiều dày lớn hơn 3 cm thì biến dạng của lớp cách ly có ảnh hưởng đáng kể đến độ võng và ứng suất kéo uốn trong lớp BTXM.

- Kiến nghị khi sử dụng lớp cách ly bằng BTNC trong kết cấu mặt đường BTXM nhiều lớp trong điều kiện khí hậu nắng nóng của Việt Nam, chiều dày lớp BTNC chỉ nên lấy không dày quá 3 cm.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. TCVN 10907/2015, *Thiết kế mặt đường sân bay*.
- [2]. *Quyết định số 3230/2012/QĐ-BGTVT Quy định tạm thời thiết kế mặt đường cứng đường ô tô*.
- [3]. Phạm Cao Thăng (2014), *Tính toán thiết kế các kết cấu mặt đường*, NXB. Xây dựng, Hà Nội
- [4]. AASHTO 1998, *Guide for Design of Pavement Structures*.
- [5]. *US Army Corps of Engineers New York District Design Submission Requirements Manual 2006*.
- [6]. *Doc 9157-AN/901, Part 3: AERODROME DESIGN MANUAL (PART 3 - PAVEMENTS 1983 - ICAO)*.
- [7]. Narender Singh (July - August, 2015), *DESIGN ASPECTS OF CEMENT CONCRETE PAVEMENT FOR RURAL ROADS IN INDIA*, International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3, Issue 4.
- [8]. Силицын А.П., *Расчет балок и плит на упругом основании за предельом*.
- [9]. *Строительные нормы и правила - Аэродромы - СНиП 32-03-96*.
- [10]. *公路水泥混凝土路面设计规范, Specifications for Design of Highway Cement Concrete Pavement, JTG D40-2011*.

**Ngày nhận bài: 22/5/2020**

**Ngày chấp nhận đăng: 29/5/2020**

**Người phản biện: TS. Nguyễn Văn Du**

**TS. Nguyễn Đình Thọ**