

NGHIÊN CỨU TƯƠNG QUAN GIỮA MÔ ĐUN ĐÀN HỒI VÀ CHỈ SỐ CBR CỦA ĐẤT NỀN ĐƯỜNG KHU VỰC TỈNH ĐỒNG NAI

RESEARCH ON CORRELATION BETWEEN ELASTIC MODULUS AND CBR INDEX OF ROADBEDS IN DONG NAI PROVINCE

Nguyễn Bá Ngọc Thảo^{1a*}

¹Khoa Kỹ Thuật Công trình, trường Đại học Lạc Hồng
^angocthao858580@gmail.com

TÓM TẮT: Hiện nay việc xác định trị số mô đun đàn hồi (E_0) chủ yếu là gián tiếp thông qua bảng tra phụ thuộc vào loại đất và độ ẩm hoặc sử dụng tương quan thực nghiệm $E_0=7.93 CBR^{0.85}$ (MPa). Với sự phong phú và đa dạng về các loại đất như ở Đồng Nai thì việc áp dụng biện pháp trên để đưa ra trị số (E_0) có độ tin cậy thấp. Lý do, vì các loại đất khác nhau sẽ có trị số (E_0) khác nhau, ảnh hưởng rất lớn đến chiều dày của kết cấu áo đường trong quá trình thiết kế. Nghiên cứu đã đưa ra phương pháp tính toán để xây dựng hàm tương quan giữa $E_0=f(CBR)$ để từ đó xác định được E_0 chuẩn xác hơn và ứng dụng kết quả nghiên cứu cho việc gián tiếp xác định ra trị số E_0 đồng thời so sánh với bảng tra tùy theo độ chặt và độ ẩm (tương đối) để quyết định trị số E_0 dùng trong tính toán cường độ kết cấu áo đường.

TỪ KHOÁ: Mô đun đàn hồi, chỉ số CBR

ABSTRACT: Currently, the determination of the elastic modulus (E_0) is mainly indirectly through the lookup table depending on the soil type and moisture content or using empirical correlation $E_0 = 7.93 CBR^{0.85}$ (MPa). With the richness and diversity of soil types as in Dong Nai, the application of the above measure to give value (E_0) has low reliability. The reason is that different soil types will have different value (E_0), which greatly affects the thickness of the pavement structure during the design process. The study has given a calculation method to build the correlation function between $E_0 = f(CBR)$ to determine E_0 more accurately and apply the research results to indirectly determine the value E_0 dong. The comparison with the lookup table depends on the density and humidity (relative) to determine the E_0 value used in calculating the strength of the pavement structure.

KEYWORDS: Elastic modulus, CBR index

1. GIỚI THIỆU

Nền đường đóng vai trò hết sức quan trọng trong việc đảm bảo cường độ, tuổi thọ, sự ổn định của kết cấu mặt đường. Có nhiều công trình sau khi đưa vào khai thác sử dụng đã xảy ra các hiện tượng lún cục bộ, mặt đường bị gãy vỡ, rạn nứt và mau hư hỏng. Những biểu hiện trên có nguyên nhân trực tiếp là do nền đường không đảm bảo về cường độ và sự ổn định. Một trong những nhân tố ảnh hưởng không nhỏ đến chất lượng công trình là trị số mô đun đàn hồi (E_0) của đất nền.

Việc xác định trị số mô đun đàn hồi (E_0) hiện nay chủ yếu là gián tiếp thông qua bảng tra phụ thuộc vào loại đất và độ ẩm hoặc sử dụng tương quan thực nghiệm $E_0=7.93 CBR^{0.85}$ (MPa). Với sự phong phú và đa dạng về các loại đất như ở Đồng Nai thì việc áp dụng biện pháp trên để đưa ra trị số (E_0) có độ tin cậy thấp. Nghiên cứu đã đưa ra phương pháp tính toán để xây dựng hàm tương quan giữa $E_0=f(CBR)$ để từ đó xác định được E_0 chuẩn xác hơn các phương pháp truyền thống đã sử dụng trong thời gian qua.

2. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH CÁC CHỈ TIÊU CƠ LÝ VÀ CHỈ TIÊU KỸ THUẬT

2.1 Thí nghiệm xác định chỉ số CBR [2]

Chỉ số CBR là tỷ số (tính bằng phần trăm) giữa áp lực nén (do đầu nén gây ra) trên mẫu thí nghiệm và áp lực nén trên mẫu tiêu chuẩn ứng với cùng một chiều sâu ép lún 0.1 hoặc 0.2 inch với độ xuyên là 0.05inch/phút. Chỉ số CBR (California Bearing Ratio) là chỉ tiêu biểu thị sức chịu tải của đất và vật liệu dùng trong tính toán thiết kế kết cấu của áo đường theo phương pháp của AASHTO. Giá trị CBR

được xác định là cơ sở đánh giá chất lượng vật liệu sử dụng làm nền, móng đường; ngoài ra còn được sử dụng để đánh giá cường độ của kết cấu đường ô tô và đường sân bay trong một số phương pháp thiết kế có sử dụng thông số cường độ theo chỉ số CBR.

2.1.1 Xác định CBR của mẫu thí nghiệm

Dựa trên đồ thị quan hệ áp lực nén - chiều sâu ép lún, xác định các giá trị áp lực nén ứng với chiều sâu ép lún 2.54 mm (ký hiệu là P_1) và 5.08 mm (ký hiệu là P_2).

Tính các giá trị CBR theo công thức (2.1), (2.2) (làm tròn đến 1 chữ số sau dấu phẩy).

$$CBR_1 (\%) = \frac{P_1}{69} \times 100 \quad (2.1)$$

$$CBR_2 (\%) = \frac{P_2}{103} \times 100 \quad (2.2)$$

Trong đó: CBR_1 : Là giá trị CBR tính với chiều sâu ép lún 2.54 mm (0,1 in), %;

CBR_2 : Là giá trị CBR tính với chiều sâu ép lún 5.08 mm (0,2 in), %;

P_1 : Là áp lực nén trên mẫu thí nghiệm ứng với chiều sâu ép lún 2.54 mm (0.1 in), daN/cm²;

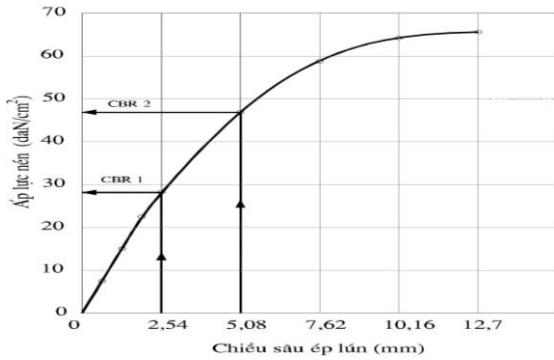
P_2 : Là áp lực nén trên mẫu thí nghiệm ứng với chiều sâu ép lún 5.08 mm (0.2 in), daN/cm²;

Received: 10, 05, 2021

Accepted: 05, 12, 2021

*Corresponding Author: Nguyễn Bá Ngọc Thảo

Email: ngocthao858580@gmail.com



Hình 1. Biểu đồ quan hệ áp lực nén - chiều sâu ép lún chưa hiệu chỉnh

69: Là áp lực nén tiêu chuẩn ứng với chiều sâu ép lún 2.54 mm (0.1 in), daN/cm²;

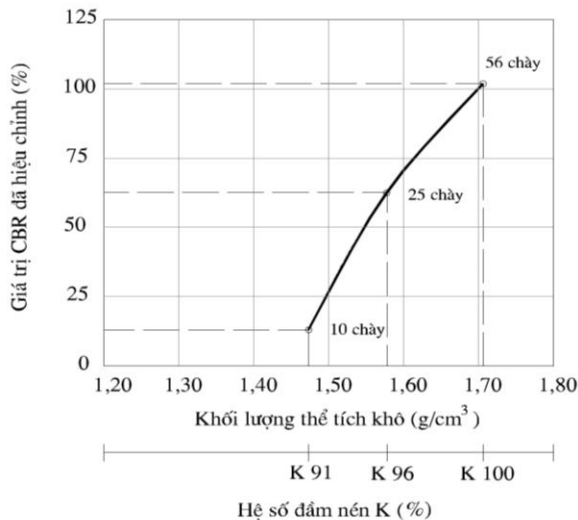
103: Là áp lực nén tiêu chuẩn ứng với chiều sâu ép lún 5.08 mm (0.2 in), daN/cm²;

Xác định CBR của mẫu thí nghiệm: giá trị thí nghiệm CBR₁ được chọn làm CBR của mẫu khi CBR₁ ≥ CBR₂. Nếu CBR₂ > CBR₁ thì phải làm lại thí nghiệm; nếu kết quả thí nghiệm vẫn tương tự thì chọn CBR₂ làm CBR của mẫu thí nghiệm.

2.1.2 Xác định chỉ số CBR của vật liệu

- Về đồ thị quan hệ CBR - độ chặt K: Căn cứ kết quả xác định CBR của 3 mẫu và hệ số đầm nén K tương ứng (trên cơ sở khối lượng thể tích khô của 3 mẫu CBR và khối lượng thể tích khô lớn nhất), vẽ đường cong quan hệ CBR - độ chặt K.

- Từ đồ thị này, căn cứ giá trị độ chặt đầm nén quy định K để xác định CBR (Hình 2). Đó là giá trị CBR của vật liệu (được đầm tại độ ẩm tốt nhất ứng với độ chặt đầm nén quy định K).



Hình 2. Biểu đồ quan hệ giữa CBR và khối lượng thể tích khô

2.2 Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi của vật liệu đất nền [7-10]

2.2.1 Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi theo phương pháp nén nở hông tự do

Tính trị số mô đun đàn hồi thí nghiệm theo công thức sau:

$$E_m = \frac{p \cdot H}{S} \quad (2.3)$$

Trong đó:

p là áp lực tác dụng lên mẫu khi nén, kPa.

H chiều cao mẫu, cm.

S là biến dạng hồi phục tương ứng với áp lực p, mm.

Trị số E_m sử dụng kết quả trung bình ít nhất của 3 mẫu cùng loại đất, cùng độ ẩm và độ chặt nếu trị số thí nghiệm của chúng không chênh lệch quá 20% (nếu quá 20% thì phải thêm mẫu và làm lại).

2.2.2 Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi theo phương pháp nén lún có hạn chế nở hông bằng máy nén đôn bẫy

Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi của vật liệu đất thông qua thí nghiệm xác định tính nén lún của mẫu đất (trong điều kiện không có nở hông): Khả năng giảm thể tích của nó (do giảm độ rỗng, biểu hiện ở sự giảm chiều cao) dưới tác dụng của tải trọng ngoài. Việc xác định tính nén lún của đất bao gồm: xác định hệ số nén lún, chỉ số nén, áp lực tiền cố kết, mô đun tổng biến dạng, hệ số cố kết của đất có kết cấu nguyên trạng hoặc chế bị, ở độ ẩm tự nhiên hoặc hoàn toàn bão hoà nước.

Trị số mô đun đàn hồi thí nghiệm E_m (kPa) của mỗi mẫu được xác định theo công thức (2.4):

$$E_m = \frac{\pi \cdot p \cdot D(1 - \mu^2)}{4 \cdot l} \quad (2.4)$$

Trong đó:

l: Là biến dạng hồi phục đo được tương ứng với áp lực tính toán, mm

p: Áp lực gia tải, (kPa)

D: Là đường kính tâm ép, cm

μ: Là hệ số Poisson, với đất μ = 0.35.

Trị số E_m sử dụng cũng phải là kết quả trung bình của 3 mẫu

3. XÂY DỰNG TƯƠNG QUAN GIỮA MÔ ĐUN ĐÀN HỒI VÀ CHỈ SỐ CBR

3.1 Thí nghiệm trong phòng xác định mô đun đàn hồi E₀ và chỉ số CBR của đất nền

3.1.1 Thí nghiệm thành phần hạt, giới hạn chảy, giới hạn dẻo

Quy trình lấy mẫu dựa theo TCVN 2683-2012 [8]. Trạng thái tự nhiên của hai mẫu đất thí nghiệm:

- Mẫu đất đỏ: Sét lẫn sỏi sạn, màu đỏ.

- Mẫu đất đen: Sét, màu nâu đen.

- Mẫu đất xám: Sét cát lẫn ít sỏi sạn, màu xám vàng.

Bảng 1. Thống kê khối lượng đất cần lấy cho 01 mẫu đất thí nghiệm

Nội dung thí nghiệm	Lượng đất 1 mẫu thí nghiệm (kg)	Số mẫu thí nghiệm m	Lượng đất cần thiết (kg)
Thí nghiệm thành phần hạt	5.0	01	5.0
Thí nghiệm giới hạn dẻo	1.0	01	1.0
Thí nghiệm giới hạn chảy	1.0	01	1.0
Thí nghiệm đầm nén tiêu chuẩn	7.0	05	35
Thí nghiệm xác định chỉ số CBR	7.0	09	63
Thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi của vật liệu đất nền	7.0	09	63
Tổng cộng			168

Khối lượng đất trên dùng cho một loại đất. Vậy tổng khối lượng của 03 loại đất cần phải lấy là 504kg, tuy nhiên để đảm bảo cho mẫu đồng nhất không bị phân tán do thiếu mẫu phải lấy thêm nên mỗi loại đất lấy một lần, mỗi loại đất cần lấy là 200kg. Vậy tổng khối lượng cho 03 loại đất cần lấy là 600kg.

Thực hiện phương pháp thí nghiệm thành phần hạt, giới hạn dẻo, giới hạn chảy [6]

- Kết quả thí nghiệm nhóm đất đỏ

Phân trăm cỡ hạt (%) có đường kính D (mm)										
Sỏi sạn				Cát			Bột		sét	
>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
24,5	10,9	7,1	2,9	3,1	6,2	11,6	7,8	9,9	4,0	12,0

Giới hạn chảy W_L : 29.80%.

Chỉ số dẻo I_p : 15.36%.

Giới hạn dẻo W_p : 14.44%.

- Kết quả thí nghiệm nhóm đất đen:

Phân trăm cỡ hạt (%) có đường kính D (mm)										
Sỏi sạn				Cát			Bột		sét	
>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	6,3	3,2	11,6	11,5	59,1

Giới hạn chảy W_L : 43.10%.

Chỉ số dẻo I_p : 21.03%.

Giới hạn dẻo W_p : 22.07%.

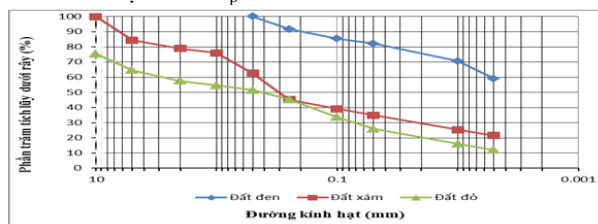
- Kết quả thí nghiệm nhóm đất xám

Phân trăm cỡ hạt (%) có đường kính D (mm)										
Sỏi sạn				Cát			Bột		sét	
>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	<0,005
0,0	15,5	5,5	3,0	13,25	17,5	6	4,3	9,5	3,9	21,5

Giới hạn chảy W_L : 24.80%.

Chỉ số dẻo I_p : 11.79%.

Giới hạn dẻo W_p : 13.01%.



đất [4], ta thấy cả hai mẫu đất đỏ và mẫu đất xám nghiên cứu là đất hạt thô có chứa sỏi sạn, cát lẫn sét thuộc nhóm GC (á sét); mẫu đất đen nghiên cứu là đất hạt mịn đất sét ít dẻo thuộc nhóm CL (sét).

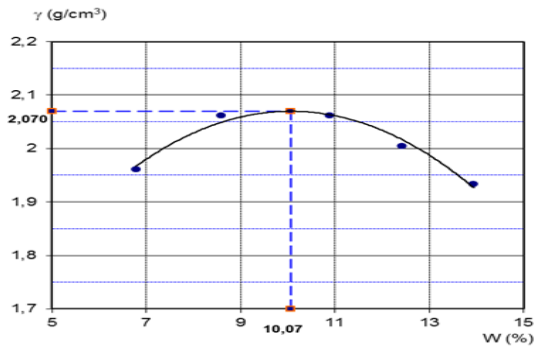
3.1.2 Thí nghiệm đầm nén tiêu chuẩn [7]

Thí nghiệm đầm nén tiêu chuẩn nhằm xác định dung trọng khô tiêu chuẩn và độ ẩm tốt nhất.

Hình 3. Biểu đồ thành phần hạt của đất đỏ, đất đen, đất xám
 Từ kết quả phân tích thành phần hạt, giới hạn chảy và giới hạn dẻo của các mẫu đất, đối chiếu với bảng phân loại

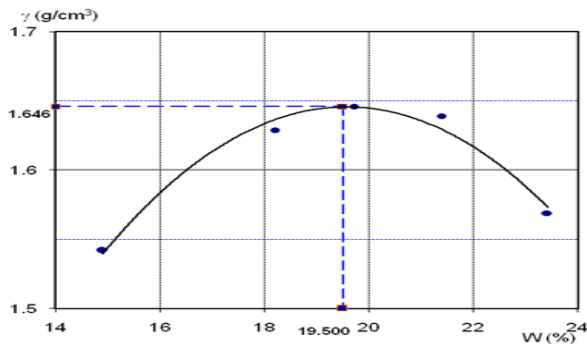
Bảng 2. Kết quả thí nghiệm đầm nén của mẫu đất á sét 01

STT	1	2	3	4	5
Ký hiệu hộp	H1	H2	H3	H4	H5
Trọng lượng hộp (g)	73.88	73.16	71.73	74.14	69.78
Trọng lượng vật liệu ướt và hộp (g)	217.45	204.45	214.55	198.45	198.95
Trọng lượng vật liệu khô và hộp (g)	211.65	197.15	204.25	187.65	185.35
Độ ẩm mẫu cát W (%)	4.21	5.89	7.77	9.51	11.77
Ký hiệu cối	C1	C2	C3	C4	C5
Trọng lượng cối (g)	4082	4082	4082	4082	4082
Thể tích khối (Cm ³)	2105	2105	2105	2105	2105
Trọng lượng vật liệu khô và cối (g)	8252	8416	8586	8667	8622
Dung trọng ướt g_u (g/ Cm ³)	1.981	2.059	2.140	2.178	2.157
Dung trọng khô g_k (g/ Cm ³)	1.901	1.944	1.985	1.989	1.930



Hình 4. Biểu đồ quan hệ giữa độ ẩm và dung trọng khô mẫu đất á sét 01

Dung trọng khô lớn nhất của vật liệu thí nghiệm: 2.070 (g/cm³).
Độ ẩm tối ưu của vật liệu thí nghiệm: 10.07 (%).

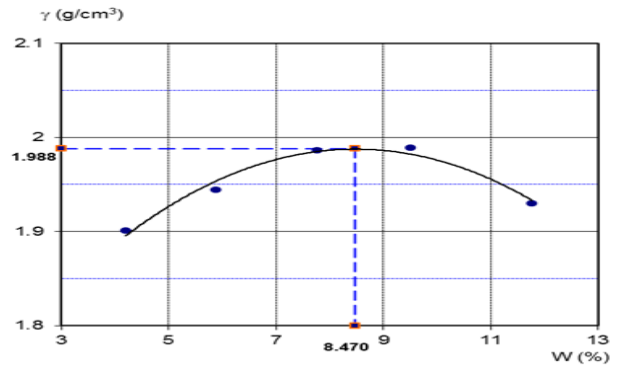


Hình 5. Biểu đồ quan hệ giữa độ ẩm và dung trọng khô mẫu đất sét

Dung trọng khô lớn nhất của vật liệu thí nghiệm: 1.646 (g/cm³).
Độ ẩm tối ưu của vật liệu thí nghiệm: 19.50 (%).

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm đầm nén của mẫu đất á sét 02

STT	1	2	3	4	5
Ký hiệu hộp	H1	H2	H3	H4	H5
Trọng lượng hộp (g)	73.88	73.16	71.73	74.14	69.78
Trọng lượng vật liệu ướt và hộp (g)	217.45	204.45	214.55	198.45	198.95
Trọng lượng vật liệu khô và hộp (g)	211.65	197.15	204.25	187.65	185.35
Độ ẩm mẫu cát W (%)	4.21	5.89	7.77	9.51	11.77
Ký hiệu cối	C1	C2	C3	C4	C5
Trọng lượng cối (g)	4082	4082	4082	4082	4082
Thể tích khối (Cm ³)	2105	2105	2105	2105	2105
Trọng lượng vật liệu khô và cối (g)	8252	8416	8586	8667	8622
Dung trọng ướt g _{ur} (g/Cm ³)	1.981	2.059	2.140	2.178	2.157
Dung trọng khô g _k (g/Cm ³)	1.901	1.944	1.985	1.989	1.930



Hình 6. Biểu đồ quan hệ giữa độ ẩm và dung trọng khô mẫu đất á sét 02

Dung trọng khô lớn nhất của vật liệu thí nghiệm: 1.988 (g/cm³).
Độ ẩm tối ưu của vật liệu thí nghiệm: 8.47 (%).

3.1.3 Thí nghiệm xác định chỉ số CBR, mô đun đàn hồi

a. Thí nghiệm chỉ số CBR

Thí nghiệm chỉ số CBR và mô đun đàn hồi có số lượng tổ mẫu cho một mẫu đất là 06 tổ, 03 tổ thí nghiệm chỉ số CBR, 03 tổ thí nghiệm mô đun đàn hồi.

Mẫu được chế bị theo thông số kỹ thuật chế tạo mẫu [2], sau khi thí nghiệm ở các mẫu đất [3], kết quả thu được như sau:

- Tổng hợp kết quả thí nghiệm chỉ số CBR mẫu đất á sét (mẫu AS1C):

+ Mẫu AS1C-01:

	CBR (%)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	3.91	1.786	0.906
30 chày	16.38	1.958	0.946
65 chày	40.97	2.094	1.012

CBR tại độ chặt K=1.00 là: 36.24

CBR tại độ chặt K=0.98 là: 28.56

CBR tại độ chặt K=0.95 là: 17.82

+ Mẫu AS1C-02:

	CBR (%)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	3.77	1.863	0.900
30 chày	16.09	1.945	0.940
65 chày	40.29	2.090	1.010

CBR tại độ chặt K=1.00 là: 36.78

CBR tại độ chặt K=0.98 là: 29.74

CBR tại độ chặt K=0.95 là: 19.57

+ Mẫu AS1C-03:

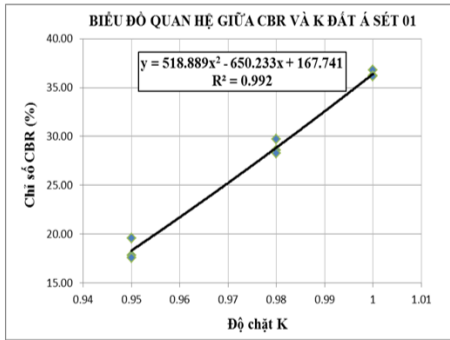
	CBR (%)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	4.06	1.871	0.904
30 chày	16.67	1.962	0.948
65 chày	42.04	2.098	1.014

CBR tại độ chặt K=1.00 là: 36.17

CBR tại độ chặt K=0.98 là: 28.26

CBR tại độ chặt K=0.95 là: 17.56

+ Mọi quan hệ giữa chỉ số CBR tương ứng với từng độ chặt K=1.00; K=0.98; K=0.95:



Hình 7. Biểu đồ quan hệ giữa CBR và độ chặt K mẫu đất á sét 01 Tổng hợp kết quả thí nghiệm chỉ số CBR mẫu đất á sét (mẫu AS2C):

+ Mẫu AS2C-01:

	CBR (%)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	3.77	1.799	0.905
30 chày	13.91	1.863	0.937
65 chày	30.78	2.019	1.016

CBR tại độ chặt K=1.00 là: 28.31.
CBR tại độ chặt K=0.98 là: 24.55.
CBR tại độ chặt K=0.95 là: 17.58.

+ Mẫu AS2C-02:

	CBR (%)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	3.62	1.790	0.900
30 chày	13.62	1.863	0.937
65 chày	29.71	2.007	1.010

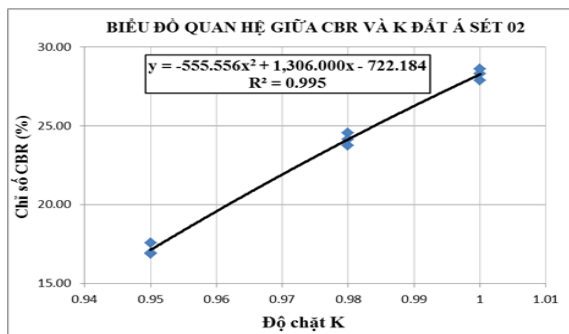
CBR tại độ chặt K=1.00 là: 27.87.
CBR tại độ chặt K=0.98 là: 23.73.
CBR tại độ chặt K=0.95 là: 16.92.

+ Mẫu AS2C-03:

	CBR (%)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	3.91	1.797	0.904
30 chày	14.35	1.870	0.941
65 chày	32.43	2.026	1.019

CBR tại độ chặt K=1.00 là: 28.60.
CBR tại độ chặt K=0.98 là: 24.14.
CBR tại độ chặt K=0.95 là: 16.88.

+ Mọi quan hệ giữa chỉ số CBR tương ứng với từng độ chặt K=1.00; K=0.98; K=0.95:



Hình 8. Biểu đồ quan hệ giữa CBR và độ chặt K mẫu đất á sét 02

Tổng hợp kết quả thí nghiệm chỉ số CBR mẫu đất sét (mẫu SC):

+ Mẫu SC1:

	CBR (%)	γ (g/cm ³)	K
--	---------	-------------------------------	---

10 chày	3.91	1.443	0.877
30 chày	10.68	1.585	0.963
65 chày	14.76	1.685	1.024

CBR tại độ chặt K=1.00 là: 13.23.
CBR tại độ chặt K=0.98 là: 11.87.
CBR tại độ chặt K=0.95 là: 9.75.

+ Mẫu SC2:

	CBR (%)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	4.20	1.473	0.895
30 chày	11.55	1.609	0.978
65 chày	16.21	1.710	1.039

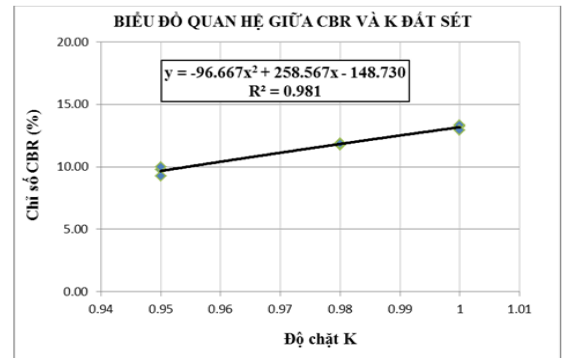
CBR tại độ chặt K=1.00 là: 13.34.
CBR tại độ chặt K=0.98 là: 11.75.
CBR tại độ chặt K=0.95 là: 9.26.

+ Mẫu SC3:

	CBR (%)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	3.48	1.871	1.137
30 chày	10.10	1.962	1.192
65 chày	13.50	2.098	1.275

CBR tại độ chặt K=1.00 là: 12.94.
CBR tại độ chặt K=0.98 là: 11.86.
CBR tại độ chặt K=0.95 là: 9.99.

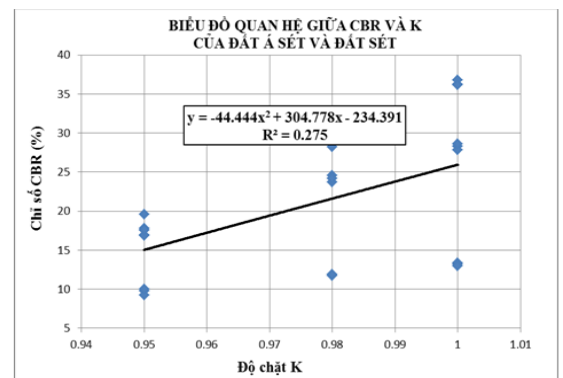
+ Mọi quan hệ giữa chỉ số CBR tương ứng với từng độ chặt K=1.00; K=0.98; K=0.95:



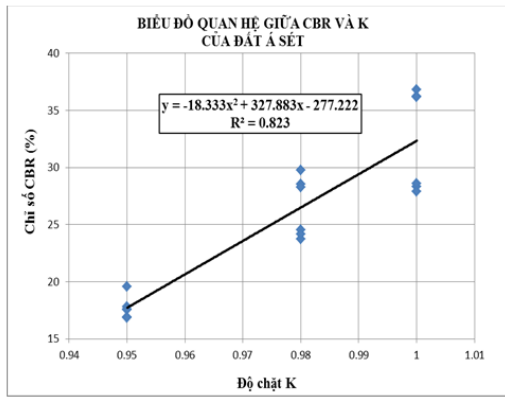
Hình 9. Biểu đồ quan hệ giữa CBR và độ chặt K mẫu đất sét

- Phân tích ảnh hưởng giữa chỉ số CBR và độ chặt K của các mẫu đất:

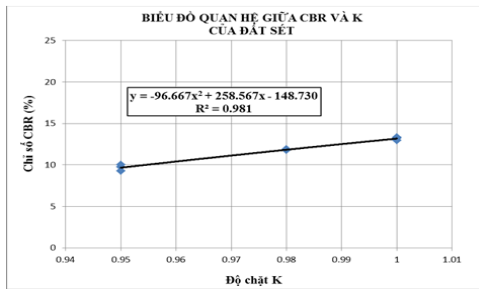
+ Mọi quan hệ giữa chỉ số CBR tương ứng với từng độ chặt K=1.00; K=0.98; K=0.95:



Hình 10. Biểu đồ quan hệ giữa CBR và độ chặt K mẫu đất á sét và sét



Hình 11. Biểu đồ quan hệ giữa CBR và độ chặt K mẫu đất á sét



Hình 12. Biểu đồ quan hệ giữa CBR và độ chặt K mẫu đất sét

Biểu đồ quan hệ giữa chỉ số CBR và độ chặt K của đất á sét và đất sét có hệ số xác định $R^2=0.275$ cho thấy độ chặt K tác động đến chỉ số CBR và làm cho CBR thay đổi đến 27.5%, của đất đỏ và đất đen có hệ số xác định $R^2=0.823$ cho thấy độ chặt K tác động đến chỉ số CBR và làm cho CBR thay đổi đến 82.3%, của đất đen và đất xám có hệ số xác định $R^2=0.981$ cho thấy độ chặt K tác động đến chỉ số CBR và làm cho CBR thay đổi đến 98.1%.

Tóm lại, qua phân tích chỉ số CBR giữa các mẫu đất với độ chặt K cho thấy mẫu đất sét ảnh hưởng đến việc ước lượng mô hình hợp lý và có độ tin cậy thấp.

b. Thí nghiệm mô đun đàn hồi theo phương pháp hạn chế nở hông

Để xác định mô đun đàn hồi của đất trong phòng thí nghiệm, nghiên cứu đã sử dụng phương pháp nén hạn chế nở hông với cấp tải trọng là 2.5kgf. Khi nén, tải trọng được truyền qua tấm ép đặt ở trung tâm mẫu và gia tải một lần, với tốc độ dịch chuyển của đầu nén là 1.27mm/phút, tấm ép có đường kính 6.1cm. Khi nén đến cấp tải trọng 2.5kgf giữ áp lực trên mẫu cho đến khi biến dạng lún ổn định, cụ thể được xem là ổn định khi tốc độ biến dạng chỉ còn 0.01mm/phút. Sau đó dỡ tải và đợi cho biến dạng hồi phục ổn định thì đọc đồng hồ thiên phân kế để xác định biến dạng phục hồi.

- Tổng hợp kết quả thí nghiệm mẫu đất á sét (mẫu AS01E):

+ Mẫu AS1-01E:

	E_0 (kgf/cm ²)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	124.30	1.876	0.906
30 chày	336.64	1.958	0.946
65 chày	553.86	2.094	1.012

E_0 tại độ chặt K=1.00 là: 530.56 (kgf/cm²).

E_0 tại độ chặt K=0.98 là: 474.41 (kgf/cm²).

E_0 tại độ chặt K=0.95 là: 359.02 (kgf/cm²).

+ Mẫu AS1-02E:

	E_0 (kgf/cm ²)	γ (g/cm ³)	K
--	------------------------------	-------------------------------	---

	E_0 (kgf/cm ²)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	129.99	1.863	0.900
30 chày	325.52	1.945	0.940
65 chày	544.76	2.090	1.010

E_0 tại độ chặt K=1.00 là: 524.23 (kgf/cm²).

E_0 tại độ chặt K=0.98 là: 472.42 (kgf/cm²).

E_0 tại độ chặt K=0.95 là: 369.61 (kgf/cm²).

+ Mẫu AS1-03E:

	E_0 (kgf/cm ²)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	137.70	1.871	0.904
30 chày	346.70	1.962	0.948
65 chày	567.71	2.098	1.014

E_0 tại độ chặt K=1.00 là: 529.89 (kgf/cm²).

E_0 tại độ chặt K=0.98 là: 467.07 (kgf/cm²).

E_0 tại độ chặt K=0.95 là: 354.35 (kgf/cm²).

+ Mối quan hệ giữa E_0 tương ứng với từng độ chặt K =1.00; K=0.98; K=0.95

Tổng hợp kết quả thí nghiệm mẫu đất á sét (mẫu AS02E):

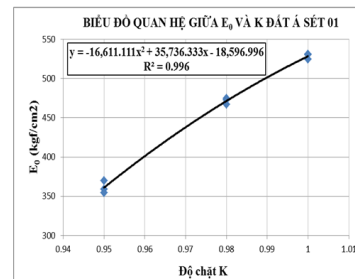
+ Mẫu AS2-01E:

	E_0 (kgf/cm ²)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	124.00	1.799	0.905
30 chày	311.33	1.863	0.937
65 chày	510.45	2.019	1.016

E_0 tại độ chặt K=1.00 là: 497.23 (kgf/cm²).

E_0 tại độ chặt K=0.98 là: 464.72 (kgf/cm²).

E_0 tại độ chặt K=0.95 là: 370.17 (kgf/cm²).



Hình 13. Biểu đồ quan hệ giữa E_0 và độ chặt K mẫu đất sét 01 + Mẫu AS2-02E:

	E_0 (kgf/cm ²)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	127.44	1.790	0.900
30 chày	304.28	1.863	0.937
65 chày	509.19	2.007	1.010

E_0 tại độ chặt K=1.00 là: 494.75 (kgf/cm²).

E_0 tại độ chặt K=0.98 là: 450.70 (kgf/cm²).

E_0 tại độ chặt K=0.95 là: 357.95 (kgf/cm²).

+ Mẫu AS2-03E:

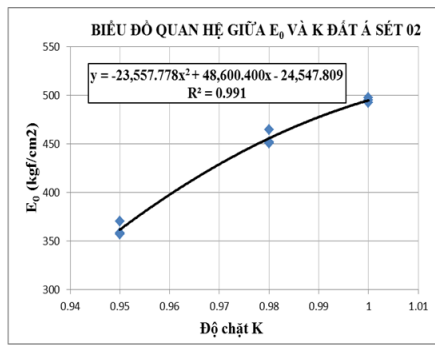
	E_0 (kgf/cm ²)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	129.66	1.797	0.904
30 chày	318.81	1.870	0.941
65 chày	514.18	2.026	1.019

E_0 tại độ chặt K=1.00 là: 492.46 (kgf/cm²).

E_0 tại độ chặt K=0.98 là: 541.66 (kgf/cm²).

E_0 tại độ chặt K=0.95 là: 356.91 (kgf/cm²).

+ Mối quan hệ giữa E_0 tương ứng với từng độ chặt K =1.00; K=0.98; K=0.95



Hình 14. Biểu đồ quan hệ giữa E0 và độ chặt K mẫu đất á sét 02

- Tổng hợp kết quả thí nghiệm mẫu đất sét (mẫu SE):

+ Mẫu SE1:

	E ₀ (kgf/cm ²)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	81.62	1.443	0.877
30 chày	163.73	1.585	0.963
65 chày	235.06	1.685	1.024

E₀ tại độ chặt K=1.00 là: 205.73 (kgf/cm²).

E₀ tại độ chặt K=0.98 là: 182.50 (kgf/cm²).

E₀ tại độ chặt K=0.95 là: 150.21 (kgf/cm²).

+ Mẫu SE2:

	E ₀ (kgf/cm ²)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	88.36	1.473	0.895
30 chày	185.46	1.609	0.978
65 chày	266.41	1.710	1.039

E₀ tại độ chặt K=1.00 là: 212.50 (kgf/cm²).

E₀ tại độ chặt K=0.98 là: 186.87 (kgf/cm²).

E₀ tại độ chặt K=0.95 là: 150.19 (kgf/cm²).

+ Mẫu SE3:

	E ₀ (kgf/cm ²)	γ (g/cm ³)	K
10 chày	66.33	1.871	1.137
30 chày	155.56	1.962	1.192
65 chày	210.09	2.098	1.275

E₀ tại độ chặt K=1.00 là: 200.81 (kgf/cm²).

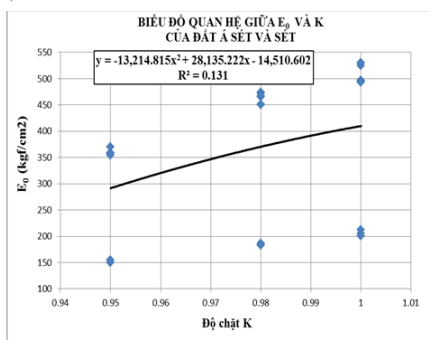
E₀ tại độ chặt K=0.98 là: 183.32 (kgf/cm²).

E₀ tại độ chặt K=0.95 là: 154.99 (kgf/cm²).

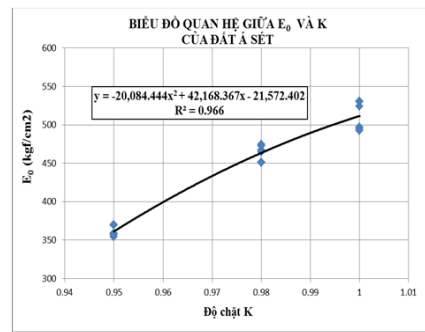
Phân tích ảnh hưởng giữa E₀ và độ chặt K của các mẫu đất:

+ Mỗi quan hệ giữa E₀ tương ứng với từng độ chặt K = 1.00;

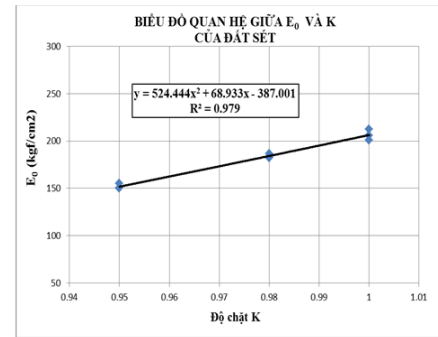
K=0.98; K=0.95 của mẫu đất:



Hình 15. Biểu đồ quan hệ giữa E0 và độ chặt K mẫu đất á sét và mẫu đất sét



Hình 16. Biểu đồ quan hệ giữa E0 và độ chặt K mẫu đất á sét



Hình 17. Biểu đồ quan hệ giữa E0 và độ chặt K mẫu đất sét

Biểu đồ quan hệ giữa E₀ và độ chặt K của á sét và sét có hệ số xác định R²=0.131 cho thấy độ chặt K tác động đến E₀ và làm cho E₀ thay đổi đến 13.1%, của đất á sét có hệ số xác định R²=0.966 cho thấy độ chặt K tác động đến E₀ và làm cho E₀ thay đổi đến 96.6%, của đất sét có hệ số xác định R²=0.979 cho thấy độ chặt K tác động đến E₀ và làm cho E₀ thay đổi đến 97.9%. Tóm lại, qua phân tích E₀ giữa các mẫu đất với độ chặt K cho thấy mẫu đất sét ảnh hưởng đến việc ước lượng mô hình hợp lý và có độ tin cậy thấp.

3.2 Nguyên tắc xác lập tương quan [9]

Mối tương quan được thiết lập dựa trên “lý thuyết hồi quy và tương quan” và “lý thuyết xác suất và thống kê toán học”. Trong mối tương quan giữa CBR và E₀ chúng ta xác định E₀ là biến phụ thuộc và chỉ số CBR là biến độc lập. Nói theo ngôn ngữ toán, gọi E₀ là Y và chỉ số CBR là X, chúng ta muốn tìm hiểu độ tương quan giữa X và Y và hàm số để mô tả mối liên hệ này.

Để mô hình hóa quan hệ tuyến tính trong đó diễn tả sự thay đổi của biến Y theo biến X cho trước người ta sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính đơn giản. Mô hình hồi quy tuyến tính đơn giản có dạng sau:

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + u_i \quad (2.5)$$

Y_i: Giá trị của biến phụ thuộc Y trong lần quan sát thứ i.

X_i: Giá trị của biến độc lập X trong lần quan sát thứ i.

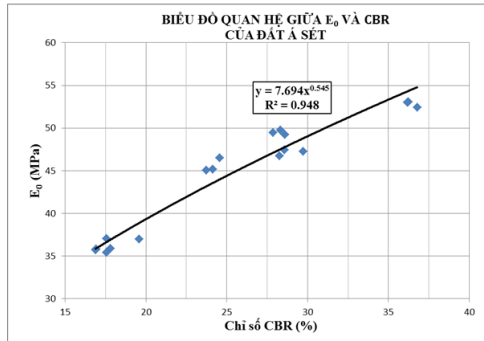
u_i: Giá trị đối với sự dao động ngẫu nhiên (nhiều ngẫu nhiên) hay sai số trong lần quan sát thứ i.

β₁: là giá trị trung bình của biến phụ thuộc Y khi biến độc lập X thay đổi 1 đơn vị.

β₂: diễn tả sự thay đổi của giá trị trung bình của biến phụ thuộc Y khi biến độc lập X thay đổi 1 đơn vị.

3.3 Xây dựng tương quan giữa E₀ và chỉ số CBR của vật liệu đất nền

Qua biểu đồ mối quan hệ giữa chỉ số CBR và độ chặt K, E_0 và độ chặt K của từng loại đất, ta nhận thấy cả hai chỉ số CBR và E_0 có mối quan hệ chặt chẽ với độ chặt K, vì vậy giữa chỉ số CBR và E_0 cũng có tồn tại một mối quan hệ nào đó với nhau khi có cùng độ chặt K. Tuy nhiên, khi phân tích ảnh hưởng giữa E_0 và CBR của các mẫu đất với nhau ở độ chặt K thì mẫu đất sét ảnh hưởng rất lớn đến mẫu đất á sét, làm giảm độ tin cậy cho mô hình ước lượng. Mối quan hệ giữa mẫu đất á sét được thể hiện bằng biểu đồ phân tán và các hàm tương quan sau:



Bảng 4. Bảng so sánh kết quả tương quan so với một số tương quan khác

Stt	Các quan hệ	Giá trị CBR (MPa)					
		6	8	10	12	14	16
1	$M_R=1,500 \cdot CBR$ (Psi) (Heukelom và Klomp 1962)	62.05	82.74	103.42	124.11	144.79	165.47
2	$M_R=5.409 (CBR)^{0.711}$ (Ksi) (Green&Hall năm 1975)	133.32	163.58	191.71	218.24	243.52	267.77
3	$E_0 = 17.6 (CBR)^{0.64}$ (Mpa) (W.D Powell)	55.40	66.60	76.83	86.34	95.29	103.79
4	$M_R=4 (CBR)+10$ (Mpa) (Carlbro Inter a/s)	34.00	42.00	50.00	58.00	66.00	74.00
5	$M_R=1.2 (CBR)$ (Ksi) (ODOT)	49.64	66.19	82.74	99.28	115.83	132.38
6	$M_R=3,000 (CBR)^{0.65}$ (Psi) (CSIR)	66.29	79.92	92.39	104.02	114.98	125.41
7	$E_0 = 7.93(CBR)^{0.85}$ (MPa) (22TCN211-06)	36.37	46.44	56.14	65.55	74.73	83.71
8	$E_0 = 7.694(CBR)^{0.545}$ (MPa) (Đất á sét Đồng Nai)	20.43	23.90	26.99	29.81	32.42	34.87

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tìm ra mối tương quan $E_0=f(CBR)$ với đất theo phương pháp đã thực hiện rất có ý nghĩa trong công tác thiết kế cơ sở lập dự án đầu tư. Để tăng cường độ của nền đường thì nhất thiết phải nâng cao chỉ số CBR của đất. Nếu biết trước mối quan hệ giữa chỉ số CBR và mô đun đàn hồi thì từ chỉ số CBR nền đường yêu cầu sẽ biết được giá trị mô đun đàn hồi cần thiết để từ đó có biện pháp cải thiện đất nền. Biết được mối tương quan giữa $E_0=f(CBR)$ của một loại đất ở một vùng cụ thể trong tỉnh Đồng Nai là làm phong phú hơn đặc trưng của đất nền theo yêu cầu thiết kế trong 22TCN 211-06 [1]. Mặt khác, biết được mối tương quan giữa $E_0=f(CBR)$ của các loại đất cụ thể sẽ giúp ta chủ động xác định được các điều kiện kỹ thuật tốt nhất dùng trong tính toán thiết kế nền mặt đường và trong thi công nền đường.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Giao thông Vận tải (2006), Áo đường mềm - các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế, 22 TCN 211-2006.
- [2] Bộ Giao thông Vận tải (2006), Quy trình thí nghiệm Xác định chỉ số CBR của đất, đá dăm trong phòng thí nghiệm, 22 TCN 332-2006.

Hình 18. Biểu đồ thể hiện quan hệ giữa E_0 và CBR của mẫu đất á sét

Trên đồ thị thể hiện độ co giãn của E_0 theo CBR là 0.545, gia tăng 1% chỉ số CBR dẫn đến gia tăng 0.545% E_0 , $R^2 = 0.948$ có ý nghĩa là 94.8% biến thiên của E_0 được giải thích bởi chỉ số CBR.

Mối tương quan thực nghiệm $E_0=f(CBR)$ được rút ra từ thí nghiệm E_0 và chỉ số CBR tương ứng với các điều kiện chế tạo mẫu trong phòng thí nghiệm. Trường hợp nền đường có độ chặt, độ ẩm thay đổi nhiều theo chiều sâu hoặc gồm các lớp đất khác nhau (không đồng nhất) thì phải tính ra trị số trung bình trong khu vực tác dụng của nền đường.

Để xác định mối tương quan thì ta cần xác định chỉ số CBR và E_0 của đất nền ở các độ chặt K khác nhau như đã đề cập trong bài báo từ đó tìm được phương trình mối quan hệ của mẫu đất á sét như sau:

$$E_0 = 7.694(CBR)^{0.545} ; \quad R^2 = 0.948 \quad (\text{MPa})$$

[3] Bộ Giao thông Vận tải (2006), Quy trình thí nghiệm đầm nén đất, đá dăm trong phòng thí nghiệm, 22 TCN 333-2006.

[4] Bộ Khoa học và Công nghệ (1993), Tiêu chuẩn Việt Nam: Đất xây dựng - Phân loại, TCVN 5747-1993.

[5] Bộ Khoa học và Công nghệ (1995), Tiêu chuẩn Việt Nam: Đất xây dựng - các phương pháp xác định thành phần hạt trong phòng thí nghiệm, TCVN 4198-1995.

[6] Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), Tiêu chuẩn Việt Nam: Đất xây dựng - phương pháp xác định giới hạn dẻo và giới hạn chảy trong phòng thí nghiệm, TCVN 4197-2012.

[7] Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), Tiêu chuẩn Việt Nam: Đất xây dựng - Phương pháp xác định tính nén lún trong phòng thí nghiệm, TCVN 4200-2012

[8] Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), Tiêu chuẩn Việt Nam: Đất xây dựng - Lấy mẫu, bao gói, vận chuyển và bảo quản TCVN 2683-2012.

[9] Chu Đức Long (2012), “Nghiên cứu mối tương quan hệ giữa mô đun đàn hồi E và độ chặt nền đường đắp tại một số mô đất ở Ninh Bình để xây dựng nền đường ô tô”, Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ.

[10] ASTM D2166-00, Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.