

Nghiên cứu điều kiện cường độ đất nền dưới móng bè, móng hộp

A study of soil bearing capacity for raft foundations and box foundations

> **GIANG THÁI LÂM, ĐẶNG ĐỨC HIẾU, PHẠM THẾ ANH, NGUYỄN HOÀNG VIỆT, NGUYỄN BẢO VIỆT***

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

*Email: vietnb@huce.edu.vn

TÓM TẮT:

Bài báo này nghiên cứu mức độ an toàn về điều kiện chịu lực của móng bè, móng hộp theo dự thảo tiêu chuẩn quốc gia “Móng bè và móng hộp cho nhà cao tầng” và TCVN 9362:2012 dưới tác động của một số yếu tố chính bao gồm hệ số biến đổi, số lượng mẫu thí nghiệm, độ lệch tâm của tải trọng, hệ số rỗng cho một số loại đất nền điển hình. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng hệ số biến đổi có tác động mạnh nhất tới sự sai khác giữa 2 phương pháp. Một số trường hợp cần lưu ý khi mức độ an toàn về điều kiện chịu lực của phương pháp đề xuất thấp hơn phương pháp truyền thống tính theo TCVN 9362:2012.

Từ khóa: Móng bè; móng hộp; Điều kiện cường độ, TCVN.

ABSTRACT:

This paper studies about safety of the bearing capacity for raft foundations and box foundations by the drafted TCVN “Raft foundations and box foundations for highrise buildings” and TCVN 9362:2012. The factors studied are coefficient of variation, numbers of tested results, eccentric of loads, void ratios of the typical soils. This paper shows that the coefficient of variation affect the most to the differences between the results calculated by the two aforementioned methods. It is should be noted that in some cases, the bearing capacity based on the proposed method is not conservative compare with that of conventional method TCVN 9362:2012.

Key words: Raft foundation; box foundation; Soil bearing capacity, TCVN.

1. GIỚI THIỆU.

Móng bè, móng hộp là loại kết cấu nền móng có thể chịu được tải trọng tương đối lớn nhưng lại có giá thành rẻ hơn đáng kể so với phương án móng cọc. Trên thế giới khá nhiều công trình cao tầng có tải trọng lớn đã được thiết kế và xây dựng với kết cấu móng bè, móng hộp như tòa nhà Zürich-Haus cao trên 50m, một loạt các tòa nhà cao trên 100m như Afe, SGZ, Landesbank Hessen-üringen [4]. Tại Việt Nam, một số công trình với kết cấu móng bè, móng hộp đã

được xây dựng thành công có thể kể đến như chung cư Oriental Plaza 24 tầng, tòa nhà tổng công ty Hàng Hải Việt Nam 13 tầng [3]...

Hiện tại trong hệ thống TCVN tiêu chuẩn TCVN 9362:2012 được sử dụng chung cho kết cấu nền nhà và công trình bao gồm cả móng bè và móng hộp. Tiêu chuẩn này được biên soạn từ tiêu chuẩn Snip của Liên Xô (Nga). Đây là tiêu chuẩn dựa trên phương pháp luận trạng thái giới hạn với một loạt các hệ số an toàn riêng phần với cách xác định tương đối phức tạp. Vì vậy, một bộ nguyên tắc tính toán, thiết kế đất nền phù hợp với đặc thù kích thước lớn của móng bè, móng hộp là rất cần thiết.

Hiện tại Dự thảo tiêu chuẩn quốc gia “Móng bè và móng hộp cho nhà cao tầng – yêu cầu về thiết kế và thi công” [1] đã được biên soạn dựa trên Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Xây dựng mã số TC 121 – 17 [2]. Dự thảo tiêu chuẩn này được biên soạn dựa trên tiêu chuẩn Trung Quốc, JGJ 6-2011 [5]. Tuy nhiên việc đưa ra một phương pháp tính toán, thiết kế mới đặc biệt là khi đưa nó lên cấp độ TCVN cần có các nghiên cứu, so sánh với các phương pháp hiện đã và đang được áp dụng trên thực tế tại Việt Nam.

Bài báo này nghiên cứu mức độ an toàn về điều kiện chịu lực của phương pháp đề xuất theo dự thảo tiêu chuẩn quốc gia “Móng bè và móng hộp cho nhà cao tầng – yêu cầu về thiết kế và thi công” và TCVN 9362:2012 dưới tác động của một số yếu tố chính.

2. ĐIỀU KIỆN CƯỜNG ĐỘ ĐẤT NỀN MÓNG NÔNG THEO CÁC TIÊU CHUẨN VIỆT NAM

Việc tính toán, thiết kế nền theo trạng thái giới hạn được cần được đảm bảo các điều kiện sau:

- Trạng thái giới hạn thứ nhất (TTGH1), giới hạn về ổn định và cường độ (sức chịu tải đất nền).
 - Trạng thái giới hạn thứ hai (TTGH2), giới hạn về biến dạng.
- Bài báo này tập trung nghiên cứu về điều kiện về ổn định và cường độ (sức chịu tải đất nền) theo trạng thái giới hạn 1.

2.1 Điều kiện về cường độ (TTGH1) đất nền dưới móng nông theo của TCVN 9362:2012

Theo điều 4.7.2, tính nền theo sức chịu tải phải xuất phát từ điều kiện:

$$N \leq \frac{\phi}{k_{tc}} \quad (1)$$

Trong đó:

- N là tải trọng thẳng đứng tính toán tác dụng lên nền.
- ϕ là sức chịu tải của nền.
- k_{tc} là hệ số độ tin cậy do cơ quan thiết kế quy định tùy theo tính chất quan trọng của nhà hoặc công trình, ý nghĩa của nhà hoặc công trình khi tận dụng hết sức chịu tải của nền, mức độ nghiên cứu điều kiện đất đai và lấy không nhỏ hơn 1,2.

$$\emptyset = \bar{b} \cdot \bar{l} \cdot (A_I \cdot \bar{b} \cdot \gamma_I + B_I \cdot h \cdot \gamma'_I + D_I \cdot c_I) \quad (2)$$

- \bar{b} , \bar{l} lần lượt là bề rộng và chiều dài tính đối của móng xác định theo:

$$\bar{b} = b - 2e_b \quad (3)$$

$$\bar{l} = l - 2e_l \quad (4)$$

- e_b và e_l lần lượt là độ lệch tâm của điểm đặt hợp lực theo hướng trục dọc và ngang của móng.

- A_I , B_I và D_I là các hệ số không thứ nguyên xác định theo các công thức:

$$A_I = \lambda_\gamma \cdot i_\gamma \cdot n_\gamma \quad (5)$$

$$B_I = \lambda_q \cdot i_q \cdot n_q \quad (6)$$

$$D_I = \lambda_c \cdot i_c \cdot n_c \quad (7)$$

- λ_γ , λ_q , λ_c là các hệ số sức chịu tải phụ thuộc vào trị tính toán của góc ma sát trong φ_1 của đất nền;

- i_γ , i_q , i_c là các hệ số ảnh hưởng góc nghiêng của tải trọng, phụ thuộc vào trị tính toán góc ma sát trong của đất φ_1 và góc nghiêng δ của hợp lực so với phương thẳng đứng trên đáy móng;

- n_γ , n_q , n_c là các hệ số ảnh hưởng của tỷ số các cạnh đế móng hình chữ nhật;

- γ , γ' là các trị tính toán trọng lượng thể tích của đất trong phạm vi khối lăng trụ ở phía dưới và phía trên đáy móng;

- c_I là trị tính toán lực dính đơn vị của đất nền dưới đáy móng;

- h là chiều sâu đặt móng.

Khi tính toán nền theo TTGH1 theo tiêu chuẩn TCVN 9362:2012, trị tính toán các thông số đặc trưng sức kháng cắt của đất A (c và $tg \varphi$) được xác định theo công thức sau:

$$A = \frac{A^{tc}}{k_d} \quad (8)$$

Trong đó:

A^{tc} là trị tiêu chuẩn của đặc trưng của đất, k_d là hệ số an toàn về đất. Giá trị của các thông số địa chất ở TTGH1 được tính với trị số xác suất tin cậy $\alpha = 0,95$.

$$k_d = \frac{1}{1 \pm \rho} \quad (9)$$

$$\rho = t_\alpha \times \nu \quad (10)$$

- ν là hệ số biến đổi của đặc trưng nhưng không được lớn hơn giá trị giới hạn là 0,3.

- Giá trị t_α lấy theo Bảng A.1, TCVN 9362:2012

2.2 Điều kiện cường độ đất nền dưới móng bè, móng hộp theo dự thảo TCVN

Dự thảo tiêu chuẩn quốc gia "Móng bè và móng hộp cho nhà cao tầng – yêu cầu về thiết kế và thi công" biên soạn [5] sử dụng điều kiện sau để xác định sức chịu tải của móng bè, hộp ở trạng thái giới hạn thứ nhất về cường độ và ổn định:

$$\begin{cases} p_k \leq f_a \\ p_{max} \leq 1,2f_a \\ p_{min} \geq 0 \end{cases} \quad (11)$$

Điều kiện cường độ này sau đây được gọi là điều kiện cường độ JGJ. Trong đó:

- p_k , p_{max} , p_{min} là lần lượt là giá trị áp lực trung bình, lớn nhất và nhỏ nhất tại đáy móng tính theo tổ hợp cơ bản của tải trọng tiêu chuẩn.

- f_a là giá trị sức chịu tải đặc trưng sau hiệu chỉnh của nền đất dưới đáy móng.

$$f_a = M_b \cdot \gamma \cdot b + M_d \cdot \gamma_m \cdot d + M_c \cdot c^{tc} \quad (12)$$

- M_b , M_d , M_c là các hệ số sức chịu tải được xác định theo Bảng 1 phụ thuộc vào trị tiêu chuẩn của góc ma sát trong φ^{tc} .

- b là bề rộng đáy móng.

- d là chiều sâu chôn móng.

- c^{tc} là giá trị tiêu chuẩn của lực dính của lớp đất dưới đáy móng.

- γ_m là giá trị trung bình của trọng lượng thể tích đất nằm phía trên độ sâu đặt móng.

- γ là trọng lượng thể tích đất dưới đáy móng.

Bảng 1. Các hệ số M_b , M_d và M_c

Trị tiêu chuẩn của góc ma sát trong φ^{tc} (°)	Các hệ số		
	M_b	M_d	M_c
0	0	1,00	3,14
2	0,03	1,12	3,32
4	0,06	1,25	3,51
6	0,10	1,39	3,71
8	0,14	1,55	3,93
10	0,18	1,73	4,17
12	0,23	1,94	4,42
14	0,29	2,17	4,69
16	0,36	2,43	5,00
18	0,43	2,72	5,31
20	0,51	3,06	5,66
22	0,61	3,44	6,04
24	0,80	3,87	6,45
26	1,10	4,37	6,90
28	1,40	4,93	7,40
30	1,90	5,59	7,95
32	2,60	6,35	8,55
34	3,40	7,21	9,22
36	4,20	8,25	9,97
38	5,00	9,44	10,8
40	5,80	10,84	11,73

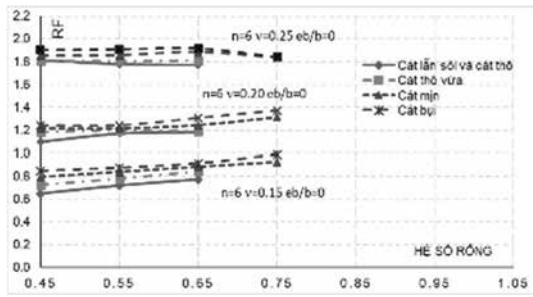
3. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH VÀ NHẬN XÉT

3.1 Các thông số nghiên cứu

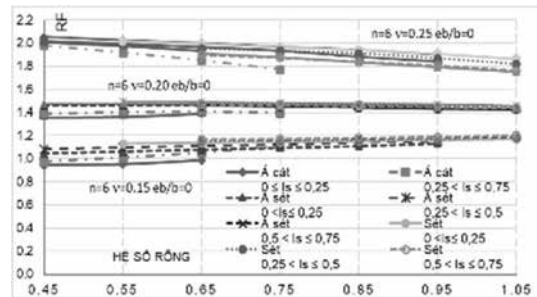
Đối tượng nghiên cứu trong bài báo này là móng băng cứng có chiều rộng $b = 1,0 m$, độ sâu chôn móng $h_m = 1,0 m$. Nền đất được giả định là nền đồng nhất có trọng lượng riêng $\gamma = 18 kN/m^3$ có các thông số về sức kháng cắt như sau:

Bảng 2. Trị tiêu chuẩn của lực dính c^{tc} (kPa)

Hệ số rỗng $e =$	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Cát lẫn sỏi và cát thô	2	1	0	-			
Cát thô vừa	3	2	0	-			
Cát mịn	6	4	2	0			
Cát bụi	8	6	4	2			
Á cát $0 \leq I_s \leq 0,25$	15	11	8	-	-	-	-
Á cát $0,25 < I_s \leq 0,75$	13	8	5	3	-	-	-
Á sét $0 < I_s \leq 0,25$	47	37	31	25	22	19	-
Á sét $0,25 < I_s \leq 0,5$	39	34	28	23	18	15	-
Á sét $0,5 < I_s \leq 0,75$	-	-	25	20	16	14	12
Sét $0 < I_s \leq 0,25$	-	81	68	54	47	41	36
Sét $0,25 < I_s \leq 0,5$	-	-	57	50	43	37	32
Sét $0,5 < I_s \leq 0,75$	-	-	45	41	36	33	29

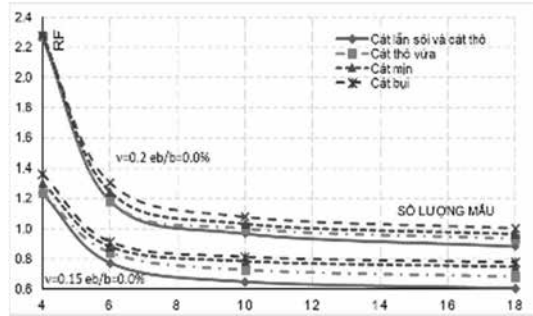


a) Đất rời

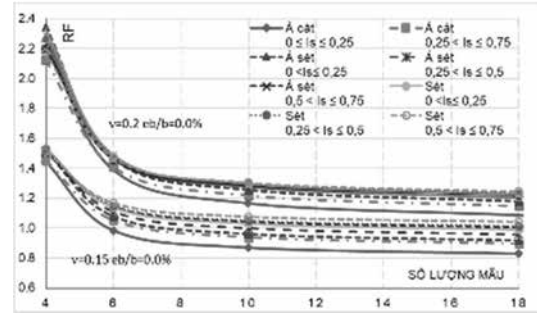


b) Đất dính

Hình 1. Ảnh hưởng của hệ số rỗng, e, tới Hệ số tương quan về điều kiện cường độ RF (n=6; v=0,15 ~ 0,25, eb/b=0)



a) Đất rời e=0,65; v=0,15 và 0,2; eb/b=0



b) Đất dính e=0,65; v=0,15 và 0,2; eb/b=0

Hình 2. Ảnh hưởng của số lượng mẫu (n) tới Hệ số tương quan về điều kiện cường độ RF

Bảng 3. Trị tiêu chuẩn của góc ma sát trong φ^c (độ)

Hệ số rỗng e=	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Cát lẫn sỏi và cát thô	43	40	38	-			
Cát thô vừa	40	38	35	-			
Cát mịn	38	36	32	28			
Cát bụi	36	34	30	26			
Á cát 0 ≤ ls ≤ 0,25	30	29	27	-	-	-	-
Á cát 0,25 < ls ≤ 0,75	26	26	24	21	-	-	-
Á sét 0 < ls ≤ 0,25	26	25	24	23	22	20	-
Á sét 0,25 < ls ≤ 0,5	24	23	22	21	19	17	-
Á sét 0,5 < ls ≤ 0,75	-	-	19	18	16	14	12
Sét 0 < ls ≤ 0,25	-	21	20	19	18	16	14
Sét 0,25 < ls ≤ 0,5	-	-	18	17	16	14	11
Sét 0,5 < ls ≤ 0,75	-	-	15	14	12	10	7

Các giá trị tiêu chuẩn này tương đồng với giá trị tiêu chuẩn trong phụ lục B, TCVN 9362:2012.

Từ công thức (1), hệ số an toàn về cường độ đất nền theo TCVN 9362:2012 có thể được xác định theo công thức sau:

$$FS_{9362} = \frac{\phi}{k_{tc}/N} \quad (13)$$

Từ công thức (11) hệ số an toàn về cường độ đất nền theo điều kiện cường độ JGJ có thể được xác định theo công thức sau:

$$FS_{JGJ} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_a}{p_k} \\ 1.2f_a \\ p_{max} \end{array} \right. \quad (14)$$

Để nghiên cứu độ sai khác giữa 2 phương pháp về điều kiện khả năng chịu lực của móng nông, Hệ số tương quan về điều kiện cường độ, RF được thiết lập theo công thức (15) dưới đây. Có thể nhận thấy nếu RF < 1 thì điều kiện cường độ JGJ sẽ thiên về an toàn hơn điều kiện cường độ theo TCVN 9362:2012 hiện hành và ngược lại.

$$RF = \frac{FS_{JGJ}}{FS_{9362}} \quad (15)$$

Các yếu tố độ lệch tâm của tải trọng (eb/b), số lượng mẫu thí nghiệm (n) và hệ số biến đổi của mẫu (v/BĐ), cho các loại đất điển hình sẽ được nghiên cứu.

- a) Hệ số biến đổi: v=0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3
- b) Độ lệch tâm: eb/b=0%; 5%; 10%; 15%
- c) Số lượng mẫu: n=4; 6; 12; 18

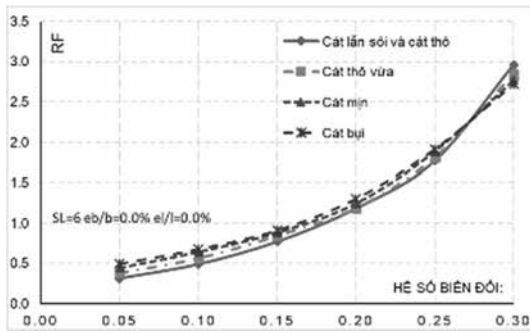
Lưu ý: Hệ số biến đổi theo quy định không lớn hơn 0,3, các mẫu có biến đổi lớn cần được loại trừ trước khi làm phân tích thống kê. Độ lệch tâm phải nhỏ hơn 1/6 (16,7%) để đảm bảo điều kiện áp lực tiếp xúc dưới đáy móng không âm (kéo).

3.2 Kết quả tính toán và nhận xét

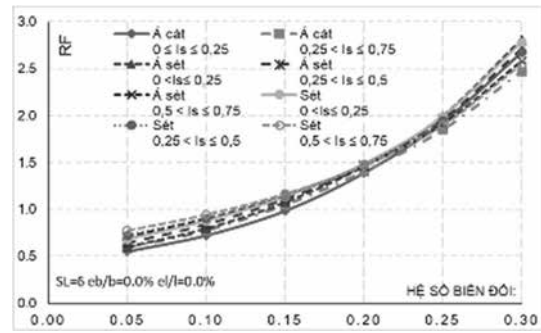
Hình cho thấy khi hệ số biến đổi v nhỏ hệ số RF tỷ lệ thuận với hệ số rỗng e. Khi v=0,25 đối với đất rời và v=0,15 đối với đất dính, hệ số RF gần như không thay đổi, đường biểu diễn quan hệ RF-e nằm ngang. Nếu hệ số biến đổi v tiếp tục tăng hệ số RF lúc này tỷ lệ nghịch với hệ số rỗng. Trong phạm vi cần quan tâm khi RF ≈ 1, giá trị hệ số RF do sự tác động từ yếu tố hệ số rỗng thay đổi nhỏ, dưới 10%. Do đó, có thể dùng giá trị e=0,65 làm thông số đại diện trong việc nghiên cứu về điều kiện cường độ của phương pháp đề xuất JGJ với phương pháp truyền thống TCVN 9362:2012.

Ảnh hưởng của số lượng mẫu thí nghiệm cắt tới hệ số RF được thể hiện trong Hình. Kết quả tính toán cho thấy số lượng mẫu thí nghiệm, n, càng lớn thì hệ số RF càng nhỏ. Hiện tượng này đến từ việc khi số lượng mẫu thí nghiệm được thực hiện càng nhiều thì độ tin cậy càng cao và do đó hệ số chuyển đổi từ trị tiêu chuẩn về trị tính toán giảm đi. SCT tính toán theo điều kiện cường độ TCVN 9362:2012 sẽ được tăng lên. Trong khi đó thì SCT theo điều kiện cường độ JGJ tính theo trị tiêu chuẩn không đổi nên hệ số RF giảm.

Giá trị hệ số RF trong Hình giảm rất nhanh khi số lượng mẫu, n, tăng từ 4 lên 6. Khi n tiếp tục tăng lên RF giảm nhưng tốc độ giảm

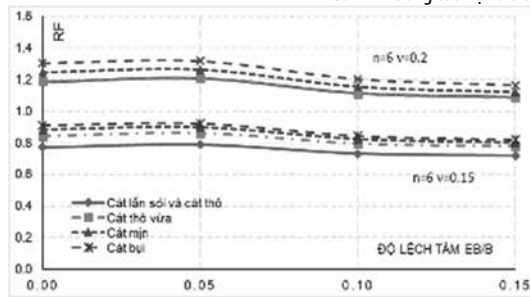


a) Đất rời $e = 0,65; n = 6; e_b/b = 0$

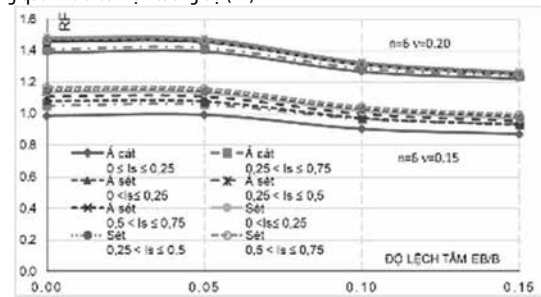


b) Đất dính $e = 0,65; n = 6; e_b/b = 0$

Hình 3. Ảnh hưởng của hệ số biến đổi (v) tới Hệ số tương quan về điều kiện cường độ (RF)



a) Đất rời



b) Đất dính

Hình 4. Ảnh hưởng của độ lệch tâm tải trọng (e_b/b) tới Hệ số tương quan về điều kiện cường độ RF ($e=0,65; n=6; v=0,15$ và $0,2$)

khá chậm đặc biệt khi $n > 10$. Đặc biệt khi hệ số biến đổi v càng lớn thì mức độ thay đổi càng nhiều. Từ kết quả nghiên cứu này, có thể thấy số lượng mẫu thí nghiệm xác định các thông số kháng cắt của một lớp đất nền nên lớn hơn hoặc bằng 6 nhưng không nên lớn hơn 10.

Hình thể hiện ảnh hưởng của của hệ số biến đổi (v) tới Hệ số tương quan về điều kiện cường độ, RF cho các loại đất với hệ số rỗng $e = 0,65$, số lượng mẫu $n = 6$, tải trọng đúng tâm ($e_b/b = 0$). Đồ thị quan hệ cho thấy hệ số RF tỷ lệ thuận với hệ số biến đổi (v). Điều này hoàn toàn phù hợp khi SCT theo điều kiện cường độ JGJ dựa trên giá trị tiêu chuẩn sẽ không đổi. Trong khi đó SCT theo TCVN 9362:2012 dựa trên trị tính toán sẽ bị giảm do hệ số an toàn SCT tăng theo hệ số biến đổi.

Kết quả tính toán chỉ rằng khi hệ số biến đổi $v > 0,15$ với đất rời và $v > 0,1$ với đất dính, điều kiện cường độ JGJ bắt đầu thiên về phía không an toàn so với phương pháp truyền thống TCVN 9362:2012.

Đồ thị trong Hình cho thấy hệ số RF gần như không thay đổi với độ lệch tâm tải trọng nhỏ $e_b/b < 5\%$. Khi độ lệch tâm của tải trọng lớn hơn 5% thì hệ số RF có xu hướng giảm nhưng mức độ giảm nhỏ hơn 15%. Điều này có nghĩa là nếu hệ số an toàn theo điều kiện chịu lực theo 2 phương pháp JGJ và TCVN 9362:2012 cho trường hợp tải trọng đúng tâm tương đồng thì ở các trường hợp tải trọng lệch tâm, điều kiện SCT theo phương pháp JGJ sẽ an toàn hơn TCVN 9362:2012. Nói một cách khác, theo hướng thiên về an toàn, khi nghiên cứu về điều kiện cường độ giữa phương pháp đề xuất JGJ và phương pháp truyền thống TCVN 9362:2012, chúng ta có thể chỉ tập trung nghiên cứu đối với trường hợp tải trọng đúng tâm.

4. KẾT LUẬN

Phương pháp đề xuất tính toán điều kiện cường độ cho móng bè, móng hộp theo tiêu chuẩn JGJ 6-2011 có nhiều ưu điểm là đơn giản khi chỉ sử dụng trị tiêu chuẩn. Ngoài ra việc xét đến độ lệch tâm của tải trọng cũng được đơn giản hóa với việc khống chế ứng suất tiếp xúc lớn nhất không lớn hơn 1,2 lần sức chịu tải cho phép. Dựa

trên các kết quả nghiên cứu về điều kiện cường độ theo phương pháp đề xuất JGJ và phương pháp truyền thống TCVN 9362:2012, một số kết luận có thể rút ra như sau:

- Hệ số RF giảm khi số lượng mẫu tăng. Đặc biệt RF giảm rất nhanh khi số lượng mẫu, n , tăng từ 4 lên 6. Khi n tiếp tục tăng lên RF giảm nhưng tốc độ giảm khá chậm đặc biệt khi $n > 10$. Do đó số lượng mẫu thí nghiệm xác định các thông số kháng cắt của một lớp đất nền nên lớn hơn hoặc bằng 6 nhưng không nên lớn hơn 10.

- Trong phạm vi cần quan tâm $RF \approx 1$, hệ số RF ít chịu ảnh hưởng từ 2 yếu tố hệ số rỗng và độ lệch tâm. Giá trị RF thay đổi nhỏ dưới 10%.

- Hệ số biến đổi v có tác động lớn đến hệ số tương quan về điều kiện cường độ RF. Khi hệ số biến đổi $v > 0,15$ với đất rời và $v > 0,1$ với đất dính, điều kiện cường độ theo phương pháp đề xuất JGJ thiên về phía không an toàn so với phương pháp truyền thống TCVN 9362:2012.

- Việc sử dụng phương pháp đề xuất JGJ trong tính toán thiết kế theo điều kiện về cường độ đặc biệt là khi đưa vào tiêu chuẩn quốc gia TCVN cần có thêm những nghiên cứu đặc biệt là những nghiên cứu trên thực địa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Dự thảo tiêu chuẩn quốc gia "Móng bè và móng hộp cho nhà cao tầng – yêu cầu về thiết kế và thi công"
- [2] Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Xây dựng mã số TC 121 – 17 "Nghiên cứu biên soạn tiêu chuẩn Móng bè và móng hộp cho nhà cao tầng – Yêu cầu thiết kế và thi công"
- [3] HTV9, chương trình thời sự 28/4/2019, "Móng Bè - Giải pháp hữu hiệu giúp tiết kiệm chi phí trong xây dựng"
- [4] Rolf Katzenbach, Steffen Leppla, Deepankar Choudhury – "Foundation Systems for High-Rise Structures", CRC Press, 2017
- [5] Tiêu chuẩn Trung Quốc, JGJ 6-2011 Technical Code for tall Building Raft Foundations and Box Foundations;
- [6] TCVN 9153:2012 - Chính lý kết quả thí nghiệm mẫu đất công trình thủy lợi
- [7] TCVN 9362:2012 - Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình