

# Nghiên cứu áp dụng tiêu chuẩn châu Âu trong tính toán thiết kế móng nông tại Việt Nam

Study on the application of Eurocode 7 in the design of shallow foundation in Vietnam

> THS ĐẶNG ĐỨC HIẾU<sup>1</sup>; TS NGUYỄN HOÀNG VIỆT<sup>1</sup>; THS. NGUYỄN VIỆT MINH<sup>1</sup>;  
THS GIANG THÁI LÂM<sup>1</sup>; PGS. TS NGUYỄN BẢO VIỆT<sup>1</sup>

Email: vietnh@huce.edu.vn

<sup>1</sup> Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

## TÓM TẮT:

Trong xu thế hội nhập thế giới, việc áp dụng tiêu chuẩn châu Âu trong tính toán thiết kế nền móng công trình là nhu cầu tất yếu. Hơn nữa Bộ Xây dựng đang có kế hoạch chuyển dịch sang hướng sử dụng bộ tiêu chuẩn châu Âu (Eurocode) tại Việt Nam, thay thế hoặc bổ trợ cho bộ tiêu chuẩn hiện hành. Cho nên việc nghiên cứu áp dụng bộ tiêu chuẩn này ở khía cạnh xem xét tương thích với tiêu chuẩn hiện hành là cần thiết. Dựa trên kết quả tính toán thiết kế móng đơn bê tông cốt thép dưới cột theo cả ba hướng tiếp cận được quy định trong tiêu chuẩn châu Âu - EN 1997 (tiêu chuẩn thiết kế địa kỹ thuật), sau đó so sánh với kết quả tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 9362:2012 (tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình). Bài báo đề xuất lựa chọn hướng tiếp cận phù hợp, cho kết quả tương thích với tiêu chuẩn hiện hành. Đồng thời đưa ra nhận xét ưu nhược điểm của mỗi hướng tiếp cận khi áp dụng ở Việt Nam.

**Từ khóa:** Móng nông; Eurocode; sức chịu tải của nền; TCVN 9362:2012;

## ABSTRACT:

In the trend of integration with the whole world, the application of European standards in shallow foundation design is obvious. Moreover, the Ministry of Construction plans to switch to using the European standard set (Eurocode) in Vietnam, replacing or supplementing the current standards. Therefore, it is necessary to study and apply this set of standards in terms of compatibility with current standards. Based on the results of the calculation of an isolated footing according to all three approaches specified in the European standard - EN 1997 (Geotechnical design), then compared with the result calculated according to the standard TCVN 9362: 2012 (Specification for design of foundation for buildings and structures), this paper proposes a suitable choice from the three approaches, which compatibles with the standard TCVN 9362:2012. In addition, the advantages and disadvantages of each method when applied in Vietnam were also presented.

**Keywords:** Shallow foundation; Eurocode; bearing capacity; TCVN 9362:2012;

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những năm gần đây, sự có mặt của các Công ty đa quốc gia hoạt động trong lĩnh vực xây dựng công trình tại Việt Nam ngày một nhiều, cho nên bên cạnh bộ tiêu chuẩn TCVN hiện hành, nhu cầu sử dụng các bộ tiêu chuẩn lớn có sức lan tỏa trên phạm vi toàn thế giới như là bộ tiêu chuẩn châu Âu, các bộ tiêu chuẩn của Mỹ, và của một số nước như Nhật, Trung Quốc trong công tác xây dựng tại nước ta là một điều tất yếu. Hơn nữa bộ tiêu chuẩn TCVN hiện hành dù đã được biên soạn, cập nhật sửa đổi theo sự phát triển của khoa học công nghệ, nhưng vẫn còn đâu đó những điểm lúng túng, thiếu tính đồng bộ nhất quán. Cho nên Bộ Xây dựng đang có kế hoạch chuyển dịch sang hướng sử dụng bộ tiêu chuẩn châu Âu (Eurocode) tại Việt Nam, thay thế hoặc bổ trợ cho bộ tiêu chuẩn hiện hành [1, 2]. Xuất

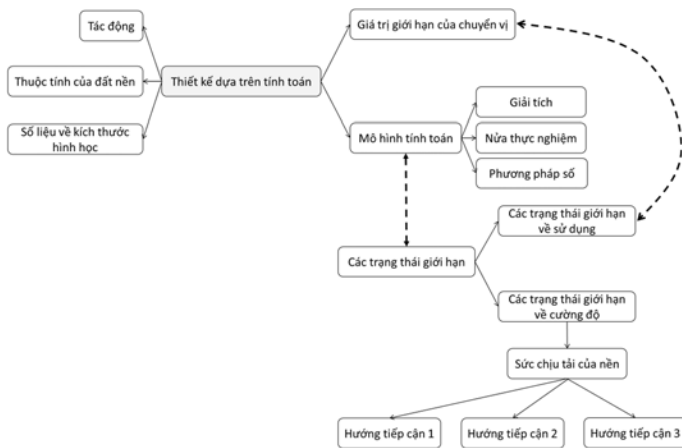
phát từ thực tế khách quan đó, việc nghiên cứu áp dụng bộ tiêu chuẩn này ở khía cạnh xem xét tương thích với tiêu chuẩn hiện hành là cần thiết. Tuy nhiên, cho tới thời điểm này, các nghiên cứu về khía cạnh này hiện còn rất hạn chế, thực sự cần đẩy mạnh.

Theo EN 1997 [3]: “Đối với mỗi tình huống thiết kế địa kỹ thuật, phải đảm bảo rằng không có giới hạn nào liên quan trạng thái bị vượt quá”. Các trạng thái giới hạn (bao gồm các trạng thái giới hạn GEO, STR, EQU, UPL và HYD và các trạng thái giới hạn khả năng sử dụng) phải được xác minh bằng một hoặc kết hợp các phương thức sau: sử dụng tính toán, sử dụng kết quả đo, mô hình thí nghiệm và thử tải, và phương pháp quan trắc. Trong đó ý nghĩa của các trạng thái giới hạn về cường độ theo tiêu chuẩn EN 1997 được liệt kê trong Bảng 1.

Bảng 1. Ý nghĩa của các trạng thái giới hạn về cường độ trong tiêu chuẩn EN 1997 [3]

TTGH	Ý nghĩa
GEO	Nền mất ổn định hoặc biến dạng phát triển không dừng, trong đó vai trò của sức kháng cắt của đất hoặc đá làm nền công trình đóng vai trò chính của phần sức kháng chống lại tác động.
STR	Kết cấu hoặc một cấu kiện nào đó (bao gồm: móng, cọc...) mất ổn định hoặc biến dạng phát triển không dừng, trong đó cường độ của vật liệu làm cấu kiện đóng vai trò chính của phần sức kháng chống lại tác động.
EQU	Trạng thái mất cân bằng tĩnh của kết cấu hoặc nền đất, khi được mô tả như những khối cứng tuyệt đối; trong đó cường độ của vật liệu làm cấu kiện, và của nền đất không phải là yếu tố chính của sức kháng chống lại tác động.
UPL	Trạng thái mất cân bằng tĩnh của kết cấu hoặc nền đất khi chịu tác động đẩy nổi của nước.
HYD	Trạng thái mất ổn định của nền như đẩy trôi, xói lở cục bộ, và chảy đùn trong nền gây ra bởi gradient thủy lực của dòng thấm trong nền.

Hình 1: Mô tả sơ lược quy trình tính toán thiết kế theo EN 1997 [4]:



Hình 1. Thiết kế dựa vào tính toán [4]

Cụ thể hơn, xác minh trạng thái giới hạn về cường độ theo EN 1997 được quy định như sau:

$$E_d \leq R_d \quad (1)$$

trong đó:

+  $E_d$  là tác động,

+  $R_d$  là sức kháng phản ứng lại ảnh hưởng của tác động đó.

Theo EN 1997, cách thức bất phương trình (1) trên được xác lập là sử dụng một trong ba hướng tiếp cận:

+ Với hướng tiếp cận số 1: các hệ số an toàn riêng phần chỉ áp dụng với các tác động (trong tổ hợp 1) và chủ yếu với các thuộc tính vật liệu (trong tổ hợp 2);

+ Với hướng tiếp cận số 2: các hệ số an toàn riêng phần được áp dụng cho các tác động và đồng thời với cả các sức kháng phản ứng chống lại các tác động.

+ Với hướng tiếp cận số 3: các hệ số an toàn riêng phần được áp dụng cho các tác động có yếu tố kết cấu (nhưng không đối với các tác động có yếu tố địa kỹ thuật) và các thuộc tính vật liệu.

Như đã nói ở trên, khi xác lập bất phương trình (1), chỉ có thể áp dụng một trong ba hướng tiếp cận đã nêu trên được áp dụng; không thể áp dụng nhiều hơn một hướng tiếp cận để thiết lập bất phương

trình đó. Điều đó làm bối rối các kỹ sư khi lựa chọn áp dụng tiêu chuẩn EN 1997 [5].

Mặc dù cả ba hướng tiếp cận đều được quy định trong tiêu chuẩn EN 1997 với vai trò ngang nhau, nhưng tùy vào người sử dụng, tùy vào điều kiện biên và các ràng buộc mang tính hệ thống tại vùng miền mà xu hướng lựa chọn hướng tiếp cận phù hợp nhất trong từng điều kiện cụ thể là khác nhau [6, 7]. Hướng tiếp cận 1 và 2 là lựa chọn phổ biến hơn hướng tiếp cận 3 tại các quốc gia châu Âu. Trong số các quốc gia châu Âu mà tác giả thu thập được số liệu thì có hai quốc gia là Iceland và Cộng hòa Séc cho phép lựa chọn một trong ba hướng tiếp cận mà không thiên về lựa chọn nào. Hai quốc gia Pháp và Ý giới hạn trong hai hướng tiếp cận. Cụ thể, lựa chọn hướng tiếp cận 2 và 3 có thể áp dụng tại Pháp; lựa chọn hướng tiếp cận 1 và 2 có thể áp dụng tại Ý [6].

Đa số các quốc gia còn lại chỉ ưu tiên một hướng tiếp cận. Ví dụ, Anh, Bỉ, Romani, và Bồ Đào Nha áp dụng hướng tiếp cận số 1. Trong đó Đức, Tây Ban Nha, Áo, Hungary, Ba Lan, Hy Lạp, Slovakia, Phần Lan lại áp dụng hướng tiếp cận số 2 [6, 8].

Hướng tiếp cận số 3 được áp dụng tại các quốc gia Hà Lan, Đan Mạch, Na Uy và Thụy Điển. Nếu xét về đặc thù địa lý thì các quốc gia này nằm gần cực bắc hơn so với các quốc gia còn lại áp dụng hướng tiếp cận 1 và 2.

Nhóm nghiên cứu nhận thấy rằng có hai câu hỏi cần làm sáng tỏ:

(1) Tại sao tiêu chuẩn EN 1997 lại cho phép lựa chọn một trong ba hướng tiếp cận khi tính toán thiết kế sức chịu tải tới hạn của nền theo lý thuyết trạng thái giới hạn?

(2) Tại sao các quốc gia châu Âu lại có các lựa chọn khác nhau về hướng tiếp cận khi tính toán kiểm tra trạng thái giới hạn về cường độ của nền trong tính toán thiết kế móng nông?

Để trả lời câu hỏi thứ nhất, lịch sử hình thành EN 1997 có thể mang lại nhiều thông tin hữu ích. Bộ tiêu chuẩn EN 1992 đến EN 1996 được soạn thảo dựa trên cơ sở sử dụng hệ số an toàn riêng phần trong tính toán thiết kế theo lý thuyết trạng thái giới hạn. Tuy nhiên, khi tiêu chuẩn EN 1997 được soạn thảo vào năm 1981, các chuyên gia trong nhóm soạn thảo gần gần có rất ít kinh nghiệm với phương thức áp dụng hệ số an toàn riêng phần trong tính toán theo trạng thái giới hạn các bài toán địa kỹ thuật. Bởi vì, tính đến thời điểm đó, hầu hết các quốc gia trong khu vực chủ yếu sử dụng phương pháp hệ số an toàn tổng thể để tính toán thiết kế.

Chính vì vậy ban soạn thảo tiêu chuẩn EN 1997 lúc đó đã gặp một số các khúc mắc khó tháo gỡ trong việc ban hành bộ tiêu chuẩn EN 1997 với phương pháp sử dụng hệ số an toàn riêng phần cho các quốc gia (trong khu vực châu Âu) có nền tảng, hệ thống các quy chuẩn, tiêu chuẩn hiện hành khác nhau. Chính vì vậy, để đi đến có một bộ tiêu chuẩn chung cho toàn khu vực châu Âu, ban soạn thảo đã lựa chọn giải pháp hài hòa các điểm khác biệt mang tính vùng miền sẵn có bằng cách chắt lọc và đề xuất cả ba hướng tiếp cận khác nhau vào trong cùng một bộ tiêu chuẩn dưới hình thức chung là sử dụng hệ số an toàn riêng phần khi tính toán kiểm tra theo lý thuyết trạng thái giới hạn.

Cụ thể hơn, các quốc gia châu Âu phân bố trên một phạm vi rộng lớn, có địa chất khác nhau, nên phương thức thí nghiệm hiện trường và trong phòng cũng có những điểm khác biệt, ảnh hưởng đến cách thức chọn giá trị của hệ số an toàn riêng phần áp dụng chung cho toàn khu vực. Ví dụ, ở trung tâm châu Âu, thí nghiệm nén ngang trong lỗ khoan ít nhiều được đề cập trong tiêu chuẩn thiết kế hiện hành, trong khi ở khu vực phía bắc châu Âu, chủ yếu dựa vào kết quả thí nghiệm trong phòng và kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn, thí nghiệm cắt cánh.

Một điều nữa là khi mà bản thảo tiêu chuẩn EN 1997 được ban hành, có một số lựa chọn dễ gây ra tranh cãi. Một trong số đó là hệ số an toàn riêng phần xét trong trường hợp bất lợi dành cho tác động do trọng lượng bản thân của vật liệu kết cấu gây ra là 1.35 khi tính toán kiểm tra trạng thái giới hạn về cường độ trong bài toán sử dụng lâu dài và cả trong quá trình thi công. Với bài toán địa kỹ thuật, trọng lượng của nền đất là tác động chính là giả thiết được chấp nhận rộng rãi. Tuy nhiên, các kỹ sư gặp khó khăn trong việc phân định phần trọng lượng nào của nền là tác động có lợi, còn phần nào của nền gây ra ảnh hưởng bất lợi.

Để trả lời câu hỏi thứ hai về việc tại sao các quốc gia Châu Âu lại có các lựa chọn khác nhau về hướng tiếp cận khi tính toán kiểm tra trạng thái giới hạn về cường độ của nền. Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu sẽ tham vấn một số tài liệu đã được công bố về một số quốc gia, để hiểu tại sao quốc gia đó lựa chọn hướng tiếp cận đó trong tính toán thiết kế móng nông theo lý thuyết trạng thái giới hạn.

Quốc gia mà nhóm nghiên cứu tham vấn đầu tiên là Đức, quốc gia này đã lựa chọn hướng tiếp cận số 2 để xác lập điều kiện kiểm tra trạng thái giới hạn về cường độ khi tính toán thiết kế móng nông. Lựa chọn này được thực hiện dựa trên nguyên tắc so sánh về mức độ an toàn chung giữa một bên là áp dụng tiêu chuẩn EN 1997 với lần lượt các hướng tiếp cận từ số 1 đến 3, và một bên là áp dụng triết lý thiết kế sử dụng hệ số an toàn tổng thể mà nước Đức vẫn áp dụng từ trước. Kết quả phân tích cho thấy hướng tiếp cận số 2 có cùng mức an toàn khi được so sánh với triết lý thiết kế cũ. Cho nên Đức đã chọn lựa hướng tiếp cận số 2 khi áp dụng tiêu chuẩn EN 1997 để tính toán thiết kế móng nông [9]. Phần Lan cũng thực hiện nghiên cứu tương tự và áp dụng hướng tiếp cận số 2 cho các trường hợp, trừ việc áp dụng hướng tiếp cận số 3 cho việc tính toán kiểm tra ổn định tổng thể của mái dốc và công trình đường đắp [8].

Theo đó, nghiên cứu này áp dụng cả ba hướng tiếp cận được quy định trong tiêu chuẩn EN 1997 để tính toán thiết kế một móng đơn bê tông cốt thép dưới cột. Sau đó, so sánh với kết quả tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 9362:2012 để đề xuất hướng tiếp cận phù hợp nhất, cho kết quả tương thích với tiêu chuẩn hiện hành. Thêm vào đó, bài báo cũng đưa ra nhận xét ưu nhược điểm của mỗi hướng tiếp cận khi áp dụng ở Việt Nam.

**2. CÁC HƯỚNG TIẾP CẬN ĐƯỢC QUY ĐỊNH TRONG TIÊU CHUẨN EN 1997**

Ba hướng tiếp cận được quy định trong tiêu chuẩn EN 1997 để kiểm soát về sức kháng của nền cũng như tải trọng tác động (phụ tải). Sức kháng của đất như lực dính đơn vị, góc ma sát trong, góc lệch sẽ bị chiết giảm bằng cách sử dụng các hệ số an toàn riêng phần. Trong khi tải trọng tác động (phụ tải) sẽ được tăng lên bằng các hệ số an toàn riêng phần. Cụ thể hơn, các giá trị của hệ số an toàn riêng phần tương ứng với mỗi hướng tiếp cận được mô tả như sau:

*Bảng 2. Mô tả các hướng tiếp cận quy định trong tiêu chuẩn EN 1997*

Hướng tiếp cận số 1 (DA1)	Tổ hợp 1 (Combination 1)	A1 + M1 + R1
	Tổ hợp 2 (Combination 2)	A2 + M2 + R1
Hướng tiếp cận số 2 (DA2)	Tổ hợp (Combination)	A1 + M1 + R2
Hướng tiếp cận số 3 (DA3)	Tổ hợp (Combination)	(A1 hay A2) + M2 + R3

trong đó, A là ký hiệu dành cho yếu tố tải trọng tác động, M dành cho yếu tố thuộc tính của nền đất, và R dành cho sức kháng. Giá trị của chúng được chọn theo hướng tiếp cận tương ứng như sau.

**Hệ số an toàn riêng phần của tải trọng tác động (A)**

Để kiểm tra trạng thái giới hạn về cường độ của nền đất, hai bộ giá trị của hệ số an toàn riêng phần dành cho tải trọng tác động A1 và A2 sẽ được sử dụng. Bộ hệ số A1 dành cho các tác động từ kết cấu, bộ hệ số A2 dành cho các tác động từ nền đất.

*Bảng 3. Hệ số an toàn riêng phần của tải trọng tác động (A)*

Tải trọng	Ký hiệu	Tập hợp	
		A1	A2
Lâu dài	Bất lợi	$\gamma_G$	1.35
	Có lợi		1.0
Tạm thời	Bất lợi	$\gamma_Q$	1.5
	Có lợi		0

**Hệ số an toàn riêng phần của thuộc tính của đất nền (M)**

*Bảng 4. Hệ số an toàn riêng phần của thuộc tính của đất nền (M)*

Thuộc tính của đất nền	Ký hiệu	Tập hợp	
		M1	M2
Góc ma sát trong*	$\gamma_\phi$	1.0	1.25
Lực dính đơn vị	$\gamma_c$	1.0	1.25
Sức kháng cắt không thoát nước	$\gamma_{cu}$	1.0	1.4
Sức kháng nén đơn	$\gamma_{qu}$	1.0	1.4
Trọng lượng đơn vị	$\gamma_\gamma$	1.0	1.0

*trong đó hệ số \* áp dụng cho đại lượng tan phi' thay vì phi'*

**Hệ số an toàn riêng phần của sức kháng (R)**

*Bảng 5. Hệ số an toàn riêng phần của sức kháng (R)*

Sức kháng	Ký hiệu	Tập hợp		
		R1	R2	R3
Sức chịu tải	$\gamma_{R,v}$	1.0	1.4	1.0
Trượt	$\gamma_{R,h}$	1.0	1.1	1.0

Tổ hợp các tập hợp hệ số an toàn riêng phần trên đây theo các hướng tiếp cận khác nhau (đã được quy định trong tiêu chuẩn EN 1997) khi tính toán thiết kế móng nông theo lý thuyết trạng thái giới hạn. Các bảng tập hợp các hệ số an toàn riêng phần tương ứng với mỗi hướng tiếp cận được liệt kê sau đây:

*Bảng 6. Hệ số an toàn riêng phần tương ứng với hướng tiếp cận số 1*

	Ký hiệu	Hướng tiếp cận số 1						
		A1	M1	R1	A2	M2	R1	
Tác động	Lâu dài	Bất lợi	$\gamma_G$	1.35			1.0	
		Có lợi		1.0			1.0	
	Tạm thời	Bất lợi	$\gamma_Q$	1.5			1.3	
Đất nền	tan phi'		$\gamma_{\phi'}$		1.0			1.25
	Lực dính đơn vị		$\gamma_c$		1.0			1.25
	Sức kháng cắt không thoát nước		$\gamma_{cu}$		1.0			1.4
	Sức kháng nén đơn		$\gamma_{qu}$		1.0			1.4
	Trọng lượng đơn vị		$\gamma_\gamma$		1.0			1.0
Móng nông	Sức chịu tải		$\gamma_{R,v}$			1.0		1.0
	Trượt		$\gamma_{R,h}$			1.0		1.0

Trong nghiên cứu này, cả ba hướng tiếp cận nêu trên sẽ được áp dụng để tính toán kiểm tra trạng thái giới hạn về cường độ của

nền đất dưới đáy móng nông, sau đó mức độ an toàn của móng thiết kế tương ứng với từng hướng tiếp cận sẽ được so sánh với mức độ an toàn của móng khi thiết kế với tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.

**Bảng 7. Hệ số an toàn riêng phần tương ứng với hướng tiếp cận số 2**

			Ký hiệu	Hướng tiếp cận số 2		
				A1	M1	R2
Tác động	Lâu dài	Bất lợi	$\gamma_G$	1.35		
		Có lợi		1.0		
	Tạm thời	Bất lợi	$\gamma_Q$	1.5		
Đất nền	$\tan\varphi'$		$\gamma_{\varphi'}$		1.0	
	Lực dính đơn vị		$\gamma_c$		1.0	
	Sức kháng cắt không thoát nước		$\gamma_{cu}$		1.0	
	Sức kháng nén đơn		$\gamma_{qu}$		1.0	
	Trọng lượng đơn vị		$\gamma_g$		1.0	
Móng nông	Sức chịu tải		$\gamma_{R_v}$			1.4
	Trượt		$\gamma_{R_h}$			1.1

**Bảng 8. Hệ số an toàn riêng phần tương ứng với hướng tiếp cận số 3**

			Ký hiệu	Hướng tiếp cận số 3			
				A1	A2	M2	R3
Tác động	Lâu dài	Bất lợi	$\gamma_G$	1.35	1.0		
		Có lợi		1.0	1.0		
	Tạm thời	Bất lợi	$\gamma_Q$	1.5	1.3		
Đất nền	$\tan\varphi'$		$\gamma_{\varphi'}$			1.25	
	Lực dính đơn vị		$\gamma_c$			1.25	
	Sức kháng cắt không thoát nước		$\gamma_{cu}$			1.4	
	Sức kháng nén đơn		$\gamma_{qu}$			1.4	
	Trọng lượng đơn vị		$\gamma_\gamma$			1.0	
Móng nông	Sức chịu tải		$\gamma_{R_v}$				1.0
	Trượt		$\gamma_{R_h}$				1.0

### 3. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ NỀN CÔNG TRÌNH THEO TCVN 9362:2012

Trong TCVN 9362:2012 [10], ở mục (4) - Thiết kế nền, mục (4.1) - Chỉ dẫn chung, điều khoản (4.1.1) quy định nội dung tính toán thiết kế nền nhà công trình phải đảm bảo:

- + biến dạng của nền không được vượt quá trị số giới hạn cho phép để sử dụng công trình một cách bình thường;
- + sức chịu tải của nền phải đủ để không xảy ra hiện tượng mất ổn định hoặc phá hoại nền.

Điều khoản (4.1.3) quy định khi tính toán thiết kế nền phải tính toán theo:

- + trạng thái giới hạn thứ nhất dựa vào sức chịu tải;
- + trạng thái giới hạn thứ hai dựa vào biến dạng (độ lún, độ võng ...) gây cản trở việc sử dụng nhà và công trình.

Điều khoản (4.1.4) quy định nội dung tính toán nền theo sức chịu tải phải tiến hành trong những trường hợp:

- + móng chịu tải trọng ngang đáng kể,
- + móng công trình gần sườn dốc,
- + móng trên nền đá,
- + móng trên nền đất yếu (sét bão hòa, bùn...).

Mục (4.2) quy định những tải trọng được kể đến trong tính toán nền dưới móng công trình. Các tải trọng truyền lên nền thông qua móng, và các tải trọng tác động lên nhà (công trình) phải lấy theo yêu cầu quy định trong bộ tiêu chuẩn Việt Nam về tải trọng tác động (TCVN 2737:1995).

Mục (4.3) quy định trị tiêu chuẩn và trị tính toán các đặc trưng của đất nền, bao gồm:

+ Trị tiêu chuẩn các đặc trưng của đất cần được xác định trên cơ sở thực hiện các thí nghiệm trực tiếp tại hiện trường hoặc trong phòng thí nghiệm;

+ Trị tiêu chuẩn các đặc trưng của đất là giá trị trung bình cộng các kết quả thí nghiệm riêng rẽ (trừ lực dính đơn vị và góc ma sát trong);

+ Trị tính toán của các đặc trưng của đất được xác định bằng cách chia trị số tiêu chuẩn cho hệ số an toàn về đất ( $k_d$ ).

$$A^{tt} = \frac{A^{tc}}{k_d} \quad (2)$$

+ Hệ số an toàn về đất ( $k_d$ ) xác định dựa vào số lần thí nghiệm và trị số xác suất tin cậy  $\alpha$ .

+ Xác suất tin cậy và trường hợp tính toán:

**Bảng 9. Giá trị xác suất tin cậy tương ứng với các trường hợp tính toán của các thuộc tính của nền theo TCVN 9362-2012**

Trường hợp tính toán	Xác suất tin cậy	Tập hợp đặc trưng của đất
Kiểm tra trạng thái giới hạn về cường độ	$\alpha = 0.95$	$c_I, \varphi_I, \gamma_I$
Kiểm tra trạng thái giới hạn về biến dạng	$\alpha = 0.85$	$c_{II}, \varphi_{II}, \gamma_{II}$

Theo Phụ lục A thuộc TCVN 9362:2012, hệ số an toàn về đất ( $k_d$ ) xác định theo công thức sau:

$$k_d = \frac{1}{1 \pm \rho} \quad (3)$$

trong đó  $\rho$  là chỉ số độ chính xác đánh giá trị trung bình các đặc trưng của đất; chú ý là dấu trước đại lượng  $\rho$  được chọn sao cho đảm bảo độ tin cậy lớn nhất khi tính toán nền hay móng.

Chỉ số độ chính xác đánh giá trị trung bình  $\rho$  xác định theo các công thức sau:

$$\rho = t_\alpha \times v \text{ đối với } c \text{ và } tg\varphi$$

$$\rho = \frac{t_\alpha \times v}{\sqrt{n}} \text{ đối với } R_n \text{ và } \gamma \quad (4)$$

trong đó:

$t_\alpha$  là hệ số lấy theo Bảng A.1 tùy thuộc vào xác suất tin cậy đã cho  $\alpha$  (xem Bảng 9) và số bậc tự do ( $n-1$ );

$v$  là hệ số biến đổi của đặc trưng xác định theo công thức sau:

$$v = \frac{\sigma}{A^{tc}} \quad (5)$$

và  $\sigma$  là sai số toàn phương trung bình của đặc trưng, tính theo công thức sau:

$$\sigma_c = \sigma_\tau \times \sqrt{\frac{1}{\Delta} \times \sum_1^n p_i^2} \text{ đối với } c$$

$$\sigma_{tg\varphi} = \sigma_\tau \times \sqrt{\frac{n}{\Delta}} \text{ đối với } \varphi$$

$$\sigma_\gamma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum_1^n (\gamma^{tc} - \gamma_i)^2}$$

trong đó

$$\sigma_\tau = \sqrt{\frac{1}{n-2} \times \sum_1^n (p_i \times tg\varphi^{tc} + c^{tc} - \tau_i)^2}$$

$$\text{và } \Delta = n \times \sum_{i=1}^n p_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n p_i \right)^2 \quad (6)$$

với  $n$  là số lần thí nghiệm, và  $p_i$  là áp lực pháp tuyến truyền lên mẫu đất ở thí nghiệm thứ  $i$ .

Tại mục (4.7) quy định về tính nền theo sức chịu tải, điều khoản (4.7.1) quy định nội dung tính toán sức chịu tải của nền như sau:

- + Kiểm tra sức chịu tải của nền dưới đáy móng;
- + Kiểm tra để móng không trượt ngang;
- + Kiểm tra để móng không lật.

Điều khoản (4.7.2) quy định điều kiện để kiểm tra sức chịu tải của nền:

$$N \leq \frac{\Phi}{k_{tc}} \quad (7)$$

trong đó:

$N$  là tải trọng tính toán trên nền,

$\Phi$  là sức chịu tải của nền,

$k_{tc}$  là hệ số tin cậy, phụ thuộc vào cấp công trình, và độ tin cậy của khảo sát địa chất; không lấy nhỏ hơn 1.2 trong mọi trường hợp.

Theo điều khoản (4.7.7) sức chịu tải giới hạn của nền có thể dự báo bằng công thức:

$$\Phi = \bar{b}l \left( A_I \bar{b} \gamma_I + B_I h_m \gamma'_I + D_I c_I \right) \quad (8)$$

trong đó:

$\bar{b}$  và  $l$  là chiều rộng và chiều dài của đáy móng hình chữ nhật đã bị giảm trừ do lệch tâm;

$\gamma$  và  $\gamma'_I$  là trị tính toán của trọng lượng thể tích của đất trong phạm vi khối lăng trụ ở phía dưới móng và trên đáy móng;

$c_I$  là trị tính toán của lực dính đơn vị của đất;

$A_I, B_I, C_I$  là các hệ số không thứ nguyên được xác định theo các công thức sau:

$$\begin{aligned} A_I &= \lambda_\gamma i_\gamma n_\gamma \\ B_I &= \lambda_q i_q n_q \\ D_I &= \lambda_c i_c n_c \end{aligned} \quad (9)$$

với:

$\lambda_\gamma, \lambda_q, \lambda_c$  - các hệ số sức chịu tải phụ thuộc vào trị số tính toán của góc ma sát trong của đất nền,  $\varphi$ ; giá trị của chúng có thể tra theo biểu đồ ở Phụ lục E thuộc TCVN 9362:2012;

$i_\gamma, i_q, i_c$  - các hệ số ảnh hưởng của góc nghiêng của tải trọng;

$n_\gamma, n_q, n_c$  - các hệ số ảnh hưởng của hình dạng móng; được xác định theo các công thức sau đây:

$$\begin{aligned} n_\gamma &= 1 + \frac{0.25}{n} \\ n_q &= 1 + \frac{1.5}{n} \quad \text{với } n = \frac{l}{b} \\ n_c &= 1 + \frac{0.3}{n} \end{aligned} \quad (10)$$

#### 4. THỰC HÀNH TÍNH TOÁN THIẾT KẾ VÀ NHẬN XÉT

Trong mục này, nhóm nghiên cứu trình bày kết quả tính toán thiết kế một móng đơn bê tông cốt thép dưới cột theo tiêu chuẩn EN 1997, trong đó cả ba hướng tiếp cận đã đề cập trên đây lần lượt được áp dụng. Các kết quả tính toán kiểm tra theo điều kiện về trạng thái giới hạn 1 - trạng thái giới hạn về cường độ của nền đất dưới móng sẽ được so sánh với kết quả tính toán kiểm tra theo tiêu chuẩn TCVN 9362:2012.

Biết rằng, móng đơn bê tông cốt thép đỡ cột chịu tải trọng dọc trục đặt tại cao trình chân cột (cốt 0.0 theo mặt bằng kết cấu) bao gồm:

- + Tải thường xuyên (trị tiêu chuẩn):  $V_{Gk} = 500$  kN;
- + Tải trọng tạm thời (trị tiêu chuẩn):  $V_{Qk} = 150$  kN;

Để thực hiện được mục đích so sánh tương quan kết quả tính toán thiết kế nền móng theo các tiêu chuẩn khác nhau thì tất cả

các yếu tố quyết định như tải trọng tác động, thuộc tính của nền đất và quy trình tính toán phải được tính toán theo đúng quy định của từng bộ tiêu chuẩn đó. Cụ thể, trong nghiên cứu này, giá trị tiêu chuẩn của tải trọng (bao gồm tải trọng dài hạn và tải trọng ngắn hạn), và của thuộc tính nền đất là điểm xuất phát chung cho tất cả các tính toán so sánh theo các tiêu chuẩn khác nhau.

Khi thiết kế theo các hướng tiếp cận khác nhau của tiêu chuẩn EN 1997, các trị tính toán của tải trọng tác động được tính từ trị tiêu chuẩn (đầu vào) và hệ số an toàn riêng phần của từng thành phần tải trọng (xem Bảng 6, Trong nghiên cứu này, cả ba hướng tiếp cận nêu trên sẽ được áp dụng để tính toán kiểm tra trạng thái giới hạn về cường độ của nền đất dưới đáy móng nông, sau đó mức độ an toàn của móng thiết kế tương ứng với từng hướng tiếp cận sẽ được so sánh với mức độ an toàn của móng khi thiết kế với tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành.

Bảng 7, và Bảng 8). Đối với tính toán thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 9362:2012, trị số tính toán của tải trọng tác động lên nền thông qua móng được tính từ trị tiêu chuẩn nhân với các hệ số vượt tải thành phần tương ứng theo quy định trong tiêu chuẩn TCVN 2737:1995. Cụ thể trị tính toán của tải trọng tác động khi tính toán thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 9362:2012 được liệt kê trong Bảng 10 sau đây.

Bảng 10. Các trị tính toán của tải trọng tác động khi tính toán theo TCVN 9362:2012

Tác động	Ký hiệu	Giá trị tiêu chuẩn	Hệ số riêng phần	Giá trị tính toán
Tải thường xuyên	$V_{Gk}$	500	1.1*	550
Tải tạm thời	$V_{Qk}$	150	1.25**	187.5
Trọng lượng của móng và đất trên đáy móng	$W_{Gk}$	44.8	1.1*	49.3

\* Theo khoản 3.2 (TCVN 2737:1995) - Hệ số tin cậy với khối lượng kết cấu xây dựng [11];

\*\* Theo khoản 4.3.3 (TCVN 2737:1995) - Hệ số tin cậy cho tải trọng phân bố đều trên sàn là 1.3 với  $p < 200$  daN/m<sup>2</sup>; là 1.2 với trường hợp còn lại [11].

Mặc dù trong tính toán thiết kế các công trình dân dụng hiện nay, trị số của tổ hợp tải trọng tại chân cột (số liệu đầu vào để tính toán thiết kế nền và móng) là trị tính toán. Bởi vì, bộ giá trị này là kết quả của việc phân tích nội lực của phần kết cấu bên trên theo các tổ hợp tải trọng khác nhau (đã kể đến các hệ số vượt tải). Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu của bài báo chỉ tập trung vào đối tượng tính toán thiết kế là trạng thái giới hạn về cường độ của nền dưới móng công trình, cho nên để thuận tiện trong việc so sánh kết quả giữa các tiêu chuẩn, nhóm nghiên cứu đã giả thiết số liệu đầu vào của phần tải trọng tác động là trị số tiêu chuẩn ngay tại chân cột.

Móng được đặt trên nền đất sét pha lẫn sạn, trạng thái nửa cứng khá dày có tính chất xây dựng tương đối tốt. Dựa vào báo cáo khảo sát địa chất từ công trình xây dựng bệnh viện nhi trung ương cơ sở 2, tại Xã Ngọc Mỹ, huyện Quốc Oai, TP Hà Nội, các thuộc tính của nền đất cần thiết để tính toán có được như sau:

Bảng 11. Thuộc tính của nền đất

Trị tiêu chuẩn/tính toán	Trọng lượng thể tích	Góc ma sát trong	Lực dính đơn vị
	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\varphi$ (°)	$C$ (kN/m <sup>2</sup> )
Trị tiêu chuẩn	19.1	18	31.3
Trị tính toán TTGHI ( $\alpha=0.95$ )	18.8	17	27.4

với chi tiết cụ thể các thông số tính toán tương ứng với xác suất tin cậy  $\alpha=0.95$  được liệt kê trong bảng sau:



Bảng 12. Các thông số chi tiết trong tính toán trị số tính toán của thuộc tính đất nền tương ứng với xác suất tin cậy  $\alpha=0.95$

<b>N</b>	<b><math>\nu_c</math></b>	<b><math>\nu_{tg\phi}</math></b>	<b><math>\nu_\gamma</math></b>
114	0.083	0.037	0.043
<b><math>t_\alpha</math></b>	<b><math>\rho_c</math></b>	<b><math>\rho_{tg\phi}</math></b>	<b><math>\rho_\gamma</math></b>
1.67	0.139	0.062	0.012
	<b><math>k_d(c)</math></b>	<b><math>k_d(tg\phi)</math></b>	<b><math>k_d(\gamma)</math></b>
	1.162	1.066	1.012

Theo EN 1997 [3], điều kiện về sức chịu tải của nền đất dưới móng được kiểm tra theo bất phương trình (1) trên đây. Trong đó  $E_d$  là áp lực tiếp xúc tại đáy móng và  $R_d$  là sức chịu tải tính toán của nền.

Áp lực tiếp xúc tại đáy móng được xác định theo công thức sau:

$$E_d = \frac{V_d}{A_b} \quad (11)$$

trong đó:  $V_d$  là lực tác động theo phương đứng tại mức đáy móng và  $A_b$  là diện tích đáy móng. Lực tác động  $V_d$  có kể đến trọng lượng của đất và kết cấu móng nằm trên mức đáy móng theo công thức sau:

$$V_d = (V_{Gk} + W_{Gk}) \cdot \gamma_{Gk} + V_{Qk} \cdot \gamma_{Qk} \quad (12)$$

với  $W_{Gk}$  là trọng lượng của bản thân móng và đất trên móng.

Sức chịu tải tính toán (cho phép) của nền được xác định theo công thức sau:

$$R_d = \frac{q_{ult}}{\gamma_{R,v}} \quad (13)$$

trong đó:  $q_{ult}$  là sức chịu tải giới hạn của nền, có thể dự báo theo công thức sau (xem Phụ lục D thuộc tiêu chuẩn EN 1997 [3]):

$$q_{ult} = N_\gamma \times \gamma \times \frac{b}{2} \times s_\gamma + N_q \times h_m \times \gamma' \times s_q + N_c \times c \times s_c \quad (14)$$

với:  $N_\gamma, N_q, N_c$  là các hệ số sức chịu tải của nền và  $s_\gamma, s_q, s_c$  là các hệ số ảnh hưởng của hình dạng móng; lần lượt được xác định theo các công thức sau đây:

$$N_\gamma = e^{(\pi \times \tan \phi)} \times \left( \tan \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \right)^2 \quad (15)$$

$$N_c = (N_q - 1) \times \cot \phi$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \times \tan \phi$$

và

$$s_q = 1 + \frac{b}{l} \times \sin \phi$$

$$s_c = \frac{s_q \times N_q - 1}{N_q - 1} \quad (16)$$

$$s_\gamma = 1 - 0.3 \times \frac{b}{l}$$

Thực hành tính toán cho móng đơn bê tông cốt thép - đáy móng hình chữ nhật có các kích thước cơ bản gồm: độ sâu chôn móng,  $h_m = 1$  m, chiều rộng của đáy móng,  $b = 1.4$  m, và chiều dài của móng,  $l = 1.6$  m. Kết quả tính toán kiểm tra theo điều kiện trạng thái giới hạn 1 của nền - trạng thái giới hạn về cường độ (hay còn gọi là kiểm tra theo điều kiện sức chịu tải của nền dưới móng) được nhóm nghiên cứu trình bày dưới dạng các biểu đồ mô tả mối tương quan giữa hệ số sử dụng,  $\Lambda_{Geo}$ , và hệ số thiết kế dư, ODF, với trị tiêu chuẩn của góc ma sát trong, lực dính đơn vị của nền đất, tải trọng dài hạn tác động lên chân cột theo phương thẳng đứng (xem Hình 2, Hình 3, và Hình 4).

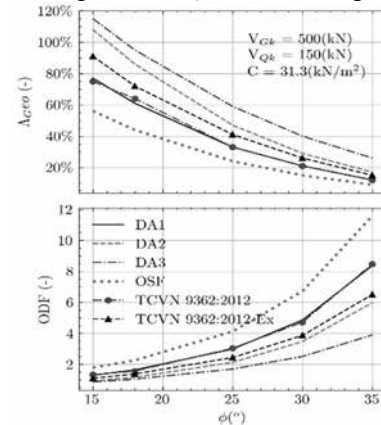
Chú ý rằng, hệ số sử dụng,  $\Lambda_{Geo}$ , và hệ số thiết kế dư, ODF, được định nghĩa như sau [4, 12]:

$$\Lambda_{Geo} = \frac{E_d}{R_d} \quad \text{và} \quad ODF = \frac{R_d}{E_d} \quad (17)$$

Theo điều kiện kiểm tra sức chịu tải của nền theo tiêu chuẩn EN 1997 (xem bất phương trình (1)), nhận thấy rằng: khi  $\Lambda_{Geo} > 100\%$  và  $ODF < 1$  thì bất phương trình (1) không thỏa mãn, nghĩa là nền không đủ sức chịu tải.

Ngoài kết quả tính toán theo 3 hướng tiếp cận của tiêu chuẩn EN 1997, TCVN 9362:2012, biểu đồ trong Hình 2, Hình 3, và Hình 4 còn trình bày cả kết quả tính toán theo phương pháp sử dụng hệ số an toàn tổng thể (Overall Safety Factor - OSF) và cả kết quả tính toán theo TCVN 9362:2012 có sửa đổi.

Chú ý rằng, trong bài báo này, kết quả tính toán theo phương pháp sử dụng hệ số an toàn tổng thể sử dụng trình tự tính toán và các công thức tính toán (xem công thức (11) đến (17)) tương tự như khi thiết kế theo tiêu chuẩn EN 1997; tuy nhiên tất cả các hệ số an toàn riêng phần được chọn bằng 1. Khi đó, ý nghĩa của hệ số thiết kế dư, ODF, cũng chính là hệ số an toàn tổng thể.



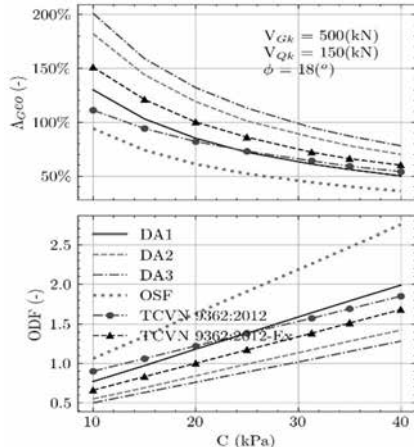
Hình 2. Ảnh hưởng của góc ma sát trong đến hệ số sử dụng ( $\Lambda_{Geo}$ ) và hệ số thiết kế dư (ODF)

Còn kết quả tính toán theo TCVN 9362:2012 có sửa đổi giữ nguyên điều kiện kiểm tra, và các trị số của các hệ số an toàn riêng phần cho tải trọng tác động, nền đất và sức kháng của nền như trong tiêu chuẩn gốc; phần sửa đổi chỉ nằm ở công thức dự báo sức chịu tải giới hạn của nền, thay vì sử dụng công thức (8) với các hệ số được xác định theo các công thức và biểu đồ trong Phụ lục E thuộc TCVN 9362:2012 (vốn được giữ nguyên từ tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình TCVN 45-78 - được dịch từ tiêu chuẩn Snip II-15-74 của Liên Xô [13]) thì sử dụng các công thức (14) đến (16). Lý do thực hiện việc này là do các công thức và biểu đồ trong Phụ lục E thuộc TCVN 9362:2012 đã không được cập nhật mới theo dòng tiêu chuẩn gốc; kèm theo đó, việc tra các giá trị của hệ số sức chịu tải  $\lambda_\gamma, \lambda_q, \lambda_c$  từ biểu đồ không phải đảm bảo tính chính xác do tỷ lệ của hệ trục tọa độ không phải tuyến tính lần logarith cơ số 10 trong Phụ lục E gây ra.

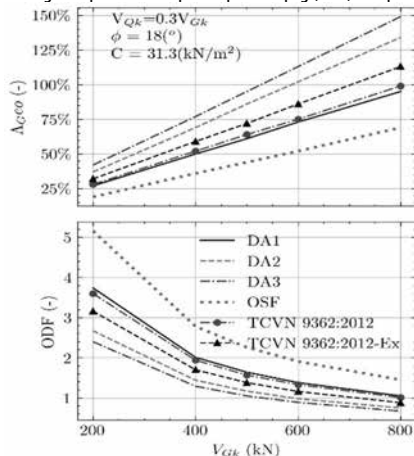
Hình 2 cho thấy rằng, mối tương quan giữa hệ số sử dụng ( $\Lambda_{Geo}$ ) và hệ số thiết kế dư (ODF) với trị số tiêu chuẩn của góc ma sát trong của nền là phi tuyến. Điều đó được giải thích bởi quan hệ giữa các hệ số sức chịu tải với góc ma sát trong của nền là phi tuyến (xem phương trình (15)).

Trong trường hợp mối tương quan giữa trị số tiêu chuẩn của lực dính đơn vị của nền với hệ số thiết kế dư ở Hình 3, và mối tương quan giữa trị số tiêu chuẩn của lực dọc trục tác động lên chân cột (thành phần dài hạn) với hệ số sử dụng đều là tuyến tính.

Chú ý rằng khi khảo sát mối tương quan giữa hai hệ số sử dụng và hệ số thiết kế dư với trị số tiêu chuẩn của tải trọng thẳng đứng (thành phần dài hạn) tác động tại chân cột (xem Hình 4), giá trị của trị số tiêu chuẩn của phần ngắn hạn của tải trọng thẳng đứng tác động tại chân cột luôn được lấy bằng 30% của thành phần dài hạn. Điều này cho phép so sánh kết quả tính toán thiết kế giữa các tiêu chuẩn khi sử dụng hệ số an toàn riêng phần khác nhau cho tải trọng tác động ngắn hạn và tải trọng tác động dài hạn.



Hình 3. Ảnh hưởng của lực đơn vị đến hệ số sử dụng ( $\alpha_{Geo}$ ) và hệ số thiết kế dư (ODF)



Hình 4. Ảnh hưởng của tải trọng thẳng đứng tại chân cột đến hệ số sử dụng ( $\alpha_{Geo}$ ) và hệ số thiết kế dư (ODF)

Tổng thể tương quan giữa các kết quả tính toán theo các tiêu chuẩn khác nhau ở Hình 2, Hình 3, và Hình 4 cho thấy rằng:

- + Kết quả tính toán theo hướng tiếp cận số 1 thuộc tiêu chuẩn EN 1997 có sự đồng nhất cao với kết quả tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 9362:2012;
- + Giữa ba hướng tiếp cận thuộc tiêu chuẩn EN 1997, thì hướng tiếp cận 1 luôn có hệ số thiết kế dư cao nhất, tiếp đó mới đến hướng tiếp cận 2, hướng tiếp cận 3. Hướng tiếp cận 3 luôn có hệ số thiết kế dư thấp nhất. Điều đó cho thấy rằng, thiết kế theo hướng tiếp cận này thiên về an toàn cao, tốn kém nhất. Điều này cũng tìm thấy trong nghiên cứu của Simpson [5].
- + Hướng tiếp cận số 2 và số 3 cho kết quả khá tương đồng trừ trường hợp nền có góc ma sát trong lớn hơn 30°.
- + Hệ số thiết kế dư khi tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 9362:2012 có sửa đổi thấp hơn trong mọi trường hợp được khảo sát so với khi tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 9362:2012 gốc. Điều đó cho thấy giá trị sức chịu tải giới hạn được dự báo theo các công thức (14) đến (16) thấp hơn giá trị sức chịu tải giới hạn được dự báo theo TCVN

9362:2012. Tuy nhiên, kết quả tính toán theo TCVN 9362:2012 có sửa đổi chỉ nằm ở khoảng giữa của kết quả tính theo hướng tiếp cận 1 và 2 thuộc tiêu chuẩn EN 1997. Hay nói cách khác, tính toán thiết kế theo TCVN 9361:2012 có sửa đổi vừa đáp ứng được sự thống nhất trong việc áp dụng bộ TCVN, lại không gặp khó trong việc phải nội suy giá trị hệ số sức chịu tải từ biểu đồ ở Phụ lục E.

+ Kết quả tính toán thiết kế kích thước đáy móng đơn theo điều kiện sức chịu tải của nền theo 2 tiêu chuẩn EN 1997 (cả 3 hướng tiếp cận) và TCVN 9362:2012 cho kết quả xấp xỉ nếu tính toán thiết kế theo phương pháp hệ số an toàn tổng thể với giá trị hệ số an toàn xấp xỉ trong khoảng từ 2 đến 3. Kết quả này cũng khá tương đồng với nghiên cứu thực hiện bởi Gustavsson và các cộng sự [8].

### 5. KẾT LUẬN

Dựa vào kết quả tính toán và nhận xét có được ở mục trước, bài báo đưa ra một số kết luận chính như sau:

- + Khi áp dụng tiêu chuẩn EN 1997 để tính toán thiết kế nền cho móng đơn bê tông cốt thép dưới cột tại Việt Nam thì hướng tiếp cận số 1 cho kết quả tương thích với kết quả tính toán thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN 9362:2012.
- + Hướng tiếp cận số 2 và số 3 được quy định trong tiêu chuẩn EN 1997 cho kết quả thiên về an toàn hơn so với khi áp dụng hướng tiếp cận số 1.
- + Kết quả tính toán theo cả 2 tiêu chuẩn EN 1997 và TCVN 9362:2012 trong việc kiểm tra sức chịu tải của nền dưới móng đơn có đáy móng hình chữ nhật xấp xỉ với việc áp dụng phương pháp hệ số an toàn tổng thể khi tính toán kiểm tra với hệ số an toàn nằm trong khoảng từ 2 đến 3.
- Ngoài ra, trong tính toán thiết kế nền theo TCVN 9362:2012, bài báo này đề xuất sử dụng các công thức từ (14) đến (16) để dự báo sức chịu tải giới hạn của nền thay vì sử dụng công thức gốc trong tiêu chuẩn. Việc này giảm đi sự phức tạp không đáng có trong việc nội suy tra hệ số sức chịu tải của nền theo biểu đồ, xác định hệ số an toàn về đất, đồng thời tăng hệ số an toàn thiết kế lên một chút tiệm cận với kết quả tính toán thiết kế theo hướng tiếp cận số 2 và số 3 thuộc tiêu chuẩn EN 1997.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cao, D.T. and T.N.V. Vũ, Viện KH-CN Xây dựng với công tác biên soạn tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam theo hướng hội nhập quốc tế. 2007, Viện KH-CN Xây dựng: Hà Nội.
2. Tiêu chuẩn châu Âu EUROCODES - Hệ thống tiêu chuẩn hài hòa trong giai đoạn hội nhập, in Thông tin tư liệu. 2007, Cổng thông tin Bộ Xây dựng: Hà Nội.
3. EN 1997-1:2004: E. Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules.
4. Bond, A. and A. Harris, Decoding Eurocode 7. 2008, London: CRC Press.
5. Simpson, B. Approaches to ULS design—The merits of Design Approach 1 in Eurocode 7. Citeseer.
6. Bond, A. Implementation and evolution of Eurocode 7. in Modern Geotechnical Design Codes of Practice. 2013. Amsterdam: IOS Press.
7. Orr, T.L.L., How Eurocode 7 has affected geotechnical design: a review. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering, 2012. 165(6): p. 337-350.
8. Gustavsson, H., E. Slunga, and T. Lämsivaara. Implementation of Eurocode 1997-1 in Finland. in Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Volumes 1, 2, 3 and 4). 2009. IOS Press.
9. Vogt, N. and B. Schuppener. Implementation of Eurocode 7-1 geotechnical design in Germany. in New Generation Design Codes for Geotechnical Engineering Practice. 2006. Taipei.
10. TCVN 9362:2012. Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình.
11. TCVN 2737:1995. Tải trọng và tác động - Tiêu chuẩn thiết kế.
12. Frank, R., et al., Designers' guide to EN 1997-1 Eurocode 7: Geotechnical design-General rules. Vol. 17. 2004: Thomas Telford.
13. Võ, H., Một số trao đổi về tiêu chuẩn TCVN 9362-2012 khi tính toán nền công trình. Tạp chí Địa kỹ thuật, 2019.