

Ngoại suy quan hệ tải trọng - độ lún của cọc từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh trên cơ sở các phương pháp hàm xấp xỉ

Extrapolating load-settlement behavior of pile from static loading test results based on approximate function methods

> **THS NGUYỄN VĂN MÓT¹; PGS.TS BÙI TRƯỜNG SƠN²**

¹Sở Xây dựng tỉnh Kiên Giang,

Email: ngvanmot1977@gmail.com

²Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

Email: buitruongson@hcmut.edu.vn

TÓM TẮT

Bên cạnh kết quả nén tĩnh đến phá hoại, một số phương pháp phân tích cho phép đánh giá tải trọng giới hạn hợp lý của cọc kể cả khi tải trọng thí nghiệm chưa đạt đến giá trị tới hạn. Việc ngoại suy quan hệ tải trọng-độ lún đầu cọc giúp đánh giá mức độ tin cậy của các phương pháp này. Khi áp dụng với cọc chưa nén đến phá hoại, phương pháp Chin-Kondner, Decourt và tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen thường cho giá trị tải trọng giới hạn dự tính lớn hơn so với kết quả thí nghiệm nhưng quan hệ tải trọng - độ lún ngoại suy theo các hàm xấp xỉ này phù hợp với kết quả thí nghiệm thực tế.

Từ khóa: nén tĩnh cọc, khả năng chịu tải cọc, quan hệ tải trọng-độ lún cọc

ABSTRACT

Besides static loading test results reaching to fail, some analysis methods allow to evaluate the reasonable pile capacity even when testing load does not reach to the ultimate value. Extrapolating load - settlement of pile helps clarify the accuracy of these methods. Applying to unreached ultimate testing results, methods of Chin - Kondner, Decourt and criteria 80% Brinch Hansen give the more predicting value of pile capacity in comparison with ultimate loading value but extrapolating load - settlement behavior based on these approximate functions are suitable to the actual testing results.

Key words: static loading test, pile capacity, load settlement behavior.

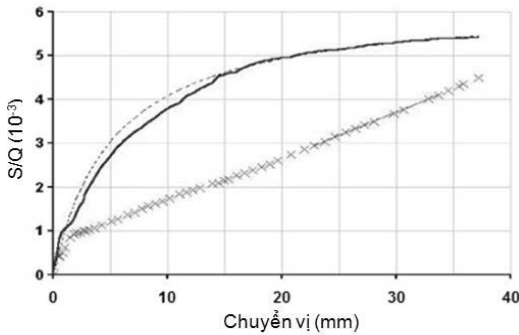
1. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA CỌC TỪ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM NÉN TĨNH TRÊN CƠ SỞ HÀM SỐ TOÁN HỌC

Nén tĩnh cọc là phương pháp truyền thống được tin cậy và sử dụng rộng rãi để kiểm tra khả năng chịu tải của cọc sau khi thi công. Các phương pháp phổ biến cho phép đánh giá khả năng chịu tải của cọc từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh là phương pháp Offset Limit được đề nghị bởi Davisson (1972), tiêu chuẩn 80% và 90% của Hansen (1963), phương pháp Chin - Kondner (1963), phương pháp Decourt (1999, 2008), phương pháp De Beer (1972), phương pháp Mazurkiewicz và một số phương pháp khác [1], [2].

Trong thực tế ở nhiều dự án trong nước, đa số kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc thường cho thấy các cọc còn làm việc trong phạm vi đàn hồi. Ở đây, hoặc là phạm vi biến dạng đàn hồi chiếm tỷ lệ lớn và biến dạng dẻo hầu như không đáng kể hoặc là độ lún đầu cọc ghi nhận được ở cấp tải cuối có giá trị không đáng kể. Từ đó, các tiêu chuẩn trực tiếp căn cứ độ lún đầu cọc và dạng đường cong thí nghiệm hay các phương pháp trực tiếp như phương pháp Offset Limit, tiêu chuẩn 90% của Hansen, phương pháp De Beer không sử dụng được để đánh giá giá trị tải trọng giới hạn. Khi đó, có thể sử dụng tiêu chuẩn 80% Hansen, phương pháp Chin-Kondner, Decourt và Mazurkiewicz do các phương pháp này được xây dựng trên cơ sở các hàm số xấp xỉ theo quan hệ giữa tải trọng và độ lún đầu cọc $Q - S$ thu nhận được từ thí nghiệm nén tĩnh. Như vậy, việc phân tích ngược bằng hàm số và ngoại suy cho phép đánh giá so sánh biểu đồ ngoại suy và kết quả thí nghiệm thực tế nhằm tìm ra phương pháp phân tích hợp lý cũng như giá trị tải trọng giới hạn. Kết quả phân tích là cơ sở để đánh giá mức độ tin cậy khả năng chịu tải của cọc theo hồ sơ thiết kế. Ngoài ra, phân tích ngoại suy kết quả thí nghiệm cũng có thể cho phép đánh giá mức độ tin cậy của phương pháp áp dụng.

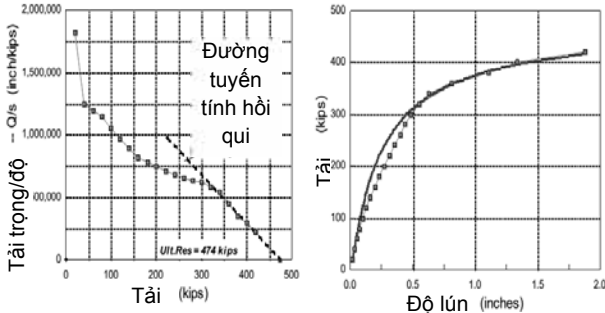
Phương pháp Chin-Kondner dựa trên các kết quả thực nghiệm nghiên cứu và từ các thí nghiệm được thực hiện với các mô hình cọc cả ngoài hiện trường và trong phòng thí nghiệm. Phương pháp Chin-Kondner là phương pháp phức tạp trong tiếp cận và xác định khả năng chịu tải cọc. Roscoe, Dic, Mice (1984) và Vesic đã ghi nhận rằng ma sát thành cọc được huy động khi chuyển vị nhỏ (6 - 10 mm) và sức kháng mũi khi đó không được huy động toàn bộ cho đến khi chuyển vị đầu cọc lớn và đạt đến 30% đường kính cọc. Theo đó, Chin đã đi đến phương pháp tách thành phần ma sát thành và sức kháng mũi ra từ số liệu thí nghiệm. Phương pháp của Chin giả thiết rằng mối tương quan giữa tải trọng tác dụng (Q) và độ lún (S) có dạng hyperbol (Roscoe, 1984). Do đó, độ lún do tải trọng tác dụng có thể

được biểu diễn theo trục ngang và trục đứng là tỷ số giữa độ lún và tải trọng. Hình 1 thể hiện các điểm cho phép xác định các đường thẳng được chia ra bởi hai phần riêng biệt: phần đầu có quan hệ với ma sát bề mặt và phần thứ hai là quan hệ sức chịu tải giới hạn. Nghịch đảo của độ dốc phần thứ hai cho phép xác định sức chịu tải giới hạn của cọc. Quan hệ $(S/Q) - S$ thừa nhận đường tải trọng-độ lún gần đúng có dạng hyperbol.

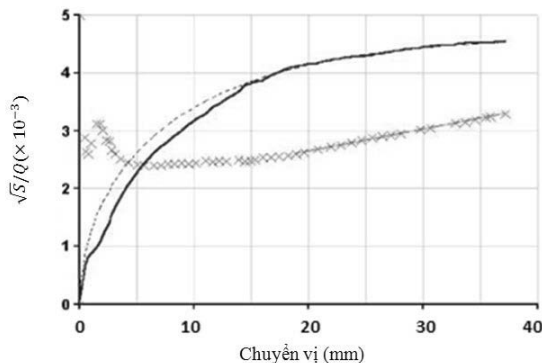


Hình 1. Biểu đồ xác định tải trọng giới hạn Q_u theo phương pháp Chin - Kondner

Decourt (1999) đề xuất phương pháp tương tự như phương pháp Chin-Kondner và Hansen. Để sử dụng phương pháp này, bằng cách chia mỗi tải trọng với chuyển vị tương ứng và biểu diễn kết quả cùng với tải trọng trên hệ trục tọa độ. Dùng những điểm phía cuối biểu đồ để xác định đường thẳng tuyến tính.



Hình 2. Biểu đồ xác định tải trọng giới hạn và đường cong hàm xấp xỉ theo phương pháp Decourt



Hình 3. Biểu đồ xác định sức chịu tải giới hạn Q_u theo tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen
Decourt ngoại suy tải trọng giới hạn bằng tỉ số giao điểm theo phương trục hoành và độ dốc của đường thẳng. Tải trọng giới hạn được xác định theo biểu thức:

$$Q_u = \frac{C_2}{C_1} \quad (1)$$

với: $Q = \frac{SC_2}{1-SC_1}$

trong đó: Q_u -khả năng chịu tải giới hạn; Q -tải trọng tác dụng; S -độ lún đầu cọc (chuyển vị đứng); C_1 - độ dốc của đường thẳng; C_2 -giao điểm của đường thẳng với trục hoành.

Hansen (1963) đề xuất khả năng chịu tải của cọc là tải trọng mà tại đó độ lún của đầu cọc gấp 4 lần độ lún đầu cọc khi tải trọng đạt 80% khả năng chịu tải. Tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen cho phép xác định Q_u trực tiếp từ đường cong tải trọng - độ lún của thí nghiệm được thực hiện đến phá hoại nhưng chính xác hơn khi xác định trên biểu đồ căn bậc hai của độ lún chia cho tải trọng \sqrt{S}/Q và độ lún S . Biểu đồ thu được như Hình 3 có nhiều điểm được thực hiện thí nghiệm theo phương pháp tốc độ xuyên không đổi.

Tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen gồm các bước: vẽ đường quan hệ \sqrt{S}/Q và S ; tải trọng giới hạn Q_u và độ lún giới hạn S_u được xác định như sau:

$$Q_u = \frac{1}{2\sqrt{C_1 C_2}} \quad (2)$$

$$S_u = \frac{C_2}{C_1}$$

ở đây: C_1 - độ dốc của đường thẳng trong quan hệ \sqrt{S}/Q và S từ biểu đồ; C_2 -giao điểm của trục tung và đường thẳng trong quan hệ \sqrt{S}/Q và S từ biểu đồ.

Phương pháp này thừa nhận đường tải trọng-độ lún gần đúng có dạng parabol. Tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen được dùng cho cả thí nghiệm nhanh và thí nghiệm chậm. Tiêu chuẩn phá hoại phù hợp với phá hoại xuyên. Khi sử dụng tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen cần thiết kiểm tra điểm $(0,8Q_u; 0,25S_u)$ có nằm trên hay gần với đường cong tải trọng-độ lún.

Phương pháp Mazurkiewicz cũng thừa nhận đường tải trọng - độ lún gần đúng là đường parabol. Giá trị của tải trọng giới hạn nhận được bằng phương pháp này xấp xỉ với tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen nhưng chi tiết xác định chủ yếu căn cứ biện pháp hình học.

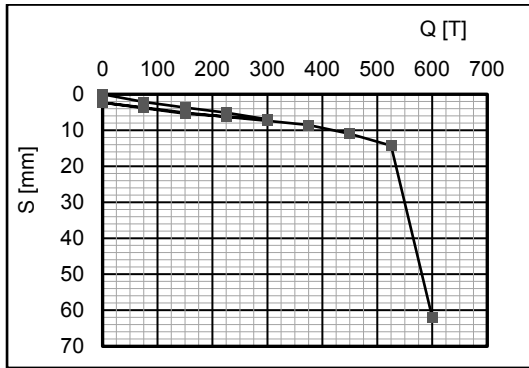
Kết quả áp dụng phân tích và đánh giá cho thấy tải trọng giới hạn của cọc theo các phương pháp hàm xấp xỉ phù hợp với kết quả thí nghiệm nén tĩnh và có thể sử dụng kể cả trường hợp đường cong quan hệ tải trọng-độ lún chưa xuất hiện sự thay đổi độ dốc rõ ràng hay độ lún chưa đạt giá trị tới hạn [3]. Việc phân tích ngoại suy đường cong quan hệ tải trọng-độ lún đầu cọc sẽ giúp làm rõ hơn độ tin cậy và mức độ phù hợp của các phương pháp hàm xấp xỉ trong đánh giá tải trọng giới hạn của cọc.

2. PHÂN TÍCH ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA CỌC BẰNG PHƯƠNG PHÁP NGOẠI SUY THEO KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM NÉN TĨNH CỌC

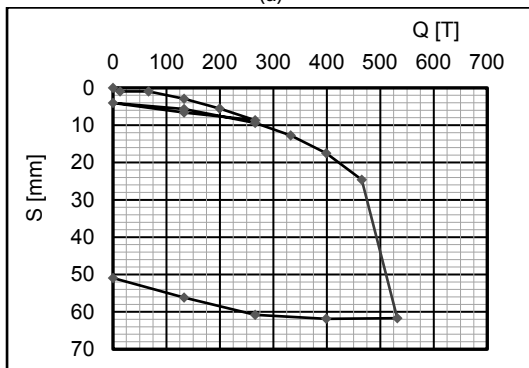
Để đánh giá tải trọng giới hạn của cọc từ thí nghiệm nén tĩnh và phân tích ngoại suy, chúng tôi sử dụng dữ liệu thí nghiệm nén tĩnh cọc ở dự án Bệnh viện Shing Mark (Biên Hòa, Đồng Nai) và Nhà máy nhiệt điện sông Hậu 1 (huyện Châu Thành, tỉnh Hậu Giang), là những nơi có cấu tạo địa chất khác biệt nhau. Ở đây, cọc ở dự án Bệnh viện Shing Mark có đường kính $d = 600$ mm, chiều dài cọc $L = 11,3$ m với tải trọng thí nghiệm lớn nhất đạt 600 Tấn (= 200% Q_{tk}); cọc ở Nhà máy nhiệt điện sông Hậu 1 có đường kính $d = 600$ mm, chiều dài cọc $L = 50,3$ m với tải trọng thí nghiệm lớn nhất dự kiến đạt 665 Tấn (= 250% Q_{tk}).

2.1. Trường hợp độ lún đầu cọc đạt trạng thái tới hạn

Trong quá trình thí nghiệm nén tĩnh ở 02 dự án, ghi nhận được các trường hợp cọc được nén đến giá trị tới hạn: cọc TP2A-2 ở dự án Bệnh viện Shing Mark và cọc TP-02 ở Nhà máy nhiệt điện sông Hậu 1.



(a)

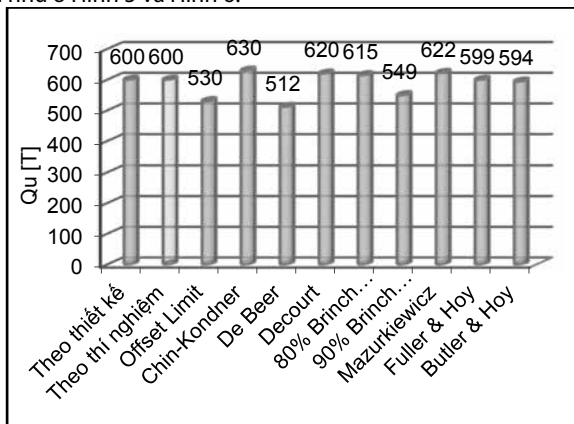


(b)

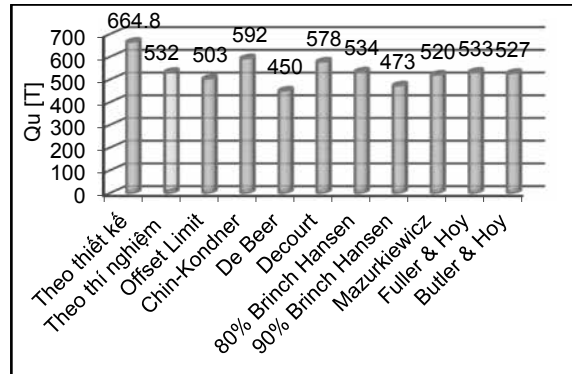
Hình 4. Biểu đồ quan hệ tải trọng-độ lún đầu cọc (a) TP2A-2 (Bệnh viện Shing Mark) và (b) TP-02 (Nhà máy nhiệt điện sông Hậu 1) từ thí nghiệm nén tĩnh cọc.

Kết quả thí nghiệm nén tĩnh của hai cọc (Hình 4) đều cho thấy độ lún đầu cọc ở cấp tải trọng lớn nhất vượt quá 60 mm (> 10%) nên có thể xem cọc đạt trạng thái tới hạn. Ở đây, cọc TP2A-2 có tải trọng giới hạn lớn hơn 525 T (chưa đến 600 T). Ngoài ra, quan hệ độ lún-thời gian ở cấp tải $Q = 600$ T còn cho thấy độ lún cọc TP2A-2 tăng liên tục. Ở cấp tải 531,8 T, giá trị độ lún cọc TP-02 đạt ổn định sau 60 phút. Tuy nhiên, độ lún ở cấp tải này đạt hơn 60 mm. Như vậy, đất nền dưới mũi của cọc TP2A-2 đạt trạng thái tới hạn (phá hoại) còn độ lún của cọc TP-02 lớn có thể là do vật liệu cọc hay đất nền nhưng vẫn chưa xảy ra biến dạng dẻo.

Để đánh giá chi tiết hơn giá trị tải trọng giới hạn cần thiết phân tích chi tiết theo các phương pháp. Trong trường hợp này, để việc phân tích phù hợp theo các hàm số xấp xỉ, độ lún ban đầu ở chu kỳ 2 được hiệu chỉnh về gốc tọa độ. Kết quả phân tích xác định tải trọng giới hạn của cọc TP2A-2 và cọc TP-02 theo các phương pháp thể hiện như ở Hình 5 và Hình 6.



Hình 5. Tải trọng giới hạn cọc TP2A-2 theo các phương pháp



Hình 6. Tải trọng giới hạn cọc TP-2 theo các phương pháp

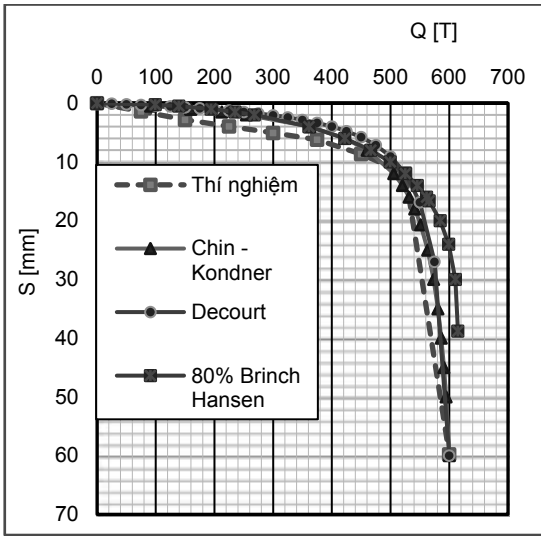
Theo kết quả trực tiếp từ đường cong quan hệ $Q - S$, có thể thấy rằng tải trọng giới hạn của cọc dao động trong khoảng hai cấp tải cuối của chu kỳ gia tải lần hai, tức là nhỏ hơn cấp tải sau cùng gây phá hoại. Kết quả tính toán phân tích theo các phương pháp cho thấy: giá trị tải trọng giới hạn Q_u theo các phương pháp Offset Limit, De Beer, tiêu chuẩn 90% Brinch Hansen kể cả theo Fuller & Hoy và Butler & Hoy phù hợp khi tải trọng thí nghiệm đạt đến giá trị tới hạn; các phương pháp sử dụng hàm xấp xỉ như phương pháp Chin - Kondner, Decourt, tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen, Mazurkiewicz đều dự báo giá trị Q_u lớn hơn tải trọng thí nghiệm lớn nhất gây phá hoại.

Nhằm đi sâu phân tích tính hợp lý của các phương pháp sử dụng hàm xấp xỉ cũng như đánh giá khả năng áp dụng các phương pháp này, việc phân tích ngược trên cơ sở các hệ số thu nhận được theo các biểu đồ quan hệ được thực hiện. Từ các hệ số thu nhận được tiến hành thiết lập đường cong tải trọng - độ lún để so sánh với kết quả thí nghiệm thực tế.

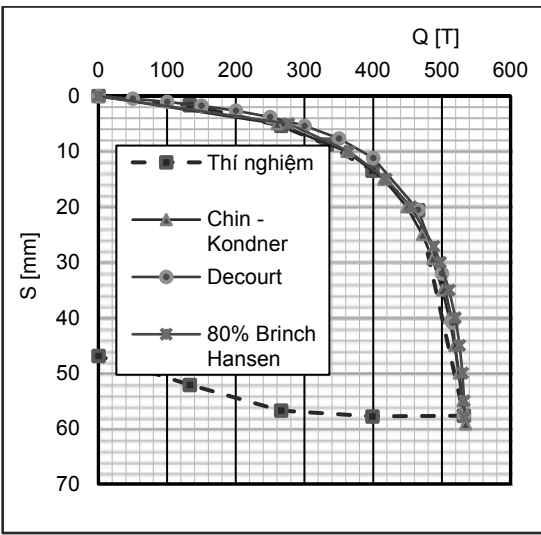
Trong các phương pháp đã nêu, chỉ có những phương pháp Chin-Kondner, Decourt, tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen, Mazurkiewicz được xây dựng căn cứ cơ sở các hàm xấp xỉ mà ở đó thể hiện mối quan hệ giữa tải trọng và độ lún, cụ thể là: phương pháp Chin-Kondner: đường thẳng thể hiện mối quan hệ giữa độ lún (S) và tỉ số của độ lún (S) và tải trọng (Q); phương pháp Decourt: đường thẳng thể hiện mối quan hệ giữa tải trọng (Q) và độ lún (S); tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen: đường thẳng thể hiện mối quan hệ giữa tỉ số căn bậc hai của độ lún (S) và tải trọng (Q) và độ lún (S). Nhằm phân tích mức độ tiếp cận kết quả thí nghiệm đo được thực tế, căn cứ trên cơ sở các hàm xấp xỉ, các giá trị tải trọng, độ lún đầu cọc được ngoại suy từ các hệ số nhận được theo các biểu thức quan hệ thiết lập ban đầu. Kết quả ngoại suy bằng cách sử dụng các hệ số thu được theo quan hệ tải trọng - độ lún cọc TP2A-2 và TP-02 thể hiện ở Hình 7.

Kết quả ngoại suy theo các hàm xấp xỉ trường hợp thí nghiệm nén đến phá hoại khá phù hợp với kết quả quan trắc thực tế. Đường cong quan hệ tải trọng-độ lún ngoại suy theo phương pháp Decourt và Chin-Kondner phù hợp với đường cong từ thí nghiệm. Ở đây, tải trọng ngoại suy theo tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen có khuynh hướng lớn hơn trong trường hợp cọc bị phá hoại đột ngột, tức là độ dốc đường cong quan hệ tải trọng-độ lún thay đổi đột ngột (cọc TP2A-2). Kết quả ngoại suy tải trọng-độ lún của cọc TP-02 theo ba phương pháp này được xem trùng hợp đáng kể với kết quả đo đạc từ thí nghiệm. Tuy nhiên, giá trị giới hạn Q_u tính toán theo các phương pháp này đều lớn hơn là do cơ sở các phương pháp chọn giá trị Q_u theo giới hạn toán học hay độ lún giới hạn qui ước. Nếu trường hợp chọn tải trọng giới hạn theo giá trị độ lún tới hạn đầu cọc (60 mm) thì kết quả ngoại suy và thí nghiệm thực tế xem như

tương đồng. Do đó, có thể thấy rằng việc phân tích ngược theo các phương pháp hàm số xấp xỉ có thể cho phép dự báo khả năng chịu tải giới hạn của cọc khi kết quả thí nghiệm chưa đạt đến phá hoại.



(a)

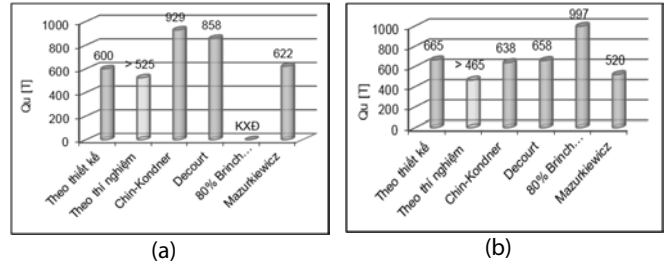


(b)

Hình 7. Biểu đồ ngoại suy tải trọng - độ lún cọc (a) TP2A-2 và (b) TP-02

2.2. Trường hợp lược bỏ cấp tải trọng gây phá hoại

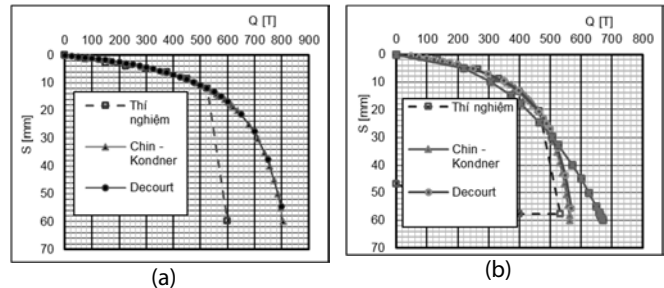
Để đánh giá khả năng áp dụng các phương pháp hàm xấp xỉ trong xác định khả năng chịu tải của cọc khi kết quả thí nghiệm nén tĩnh chưa đạt đến điểm phá hoại, việc phân tích được tiến hành với việc lược bỏ giá trị thí nghiệm ở cấp tải trọng gây phá hoại, tức là lược bỏ điểm có giá trị tải trọng thí nghiệm 600 T của cọc TP2A-2 và tải trọng 532 T của cọc TP-02. Lưu ý rằng khi thí nghiệm chưa đạt phá hoại, ngoài các phương pháp hàm xấp xỉ, các phương pháp còn lại (phương pháp Offset Limit, De Beer, tiêu chuẩn 90% Brinch Hansen, phương pháp Fuller & Hoy và Butler & Hoy) không áp dụng được để xác định tải trọng giới hạn. Đối với các phương pháp hàm xấp xỉ, phương pháp Mazurkiewicz cho kết quả phù hợp nhất kể cả thí nghiệm chưa đạt phá hoại trong khi các phương pháp còn lại đều cho giá trị Q_u lớn hơn giá trị tải trọng thí nghiệm phá hoại (Hình 8) [3].



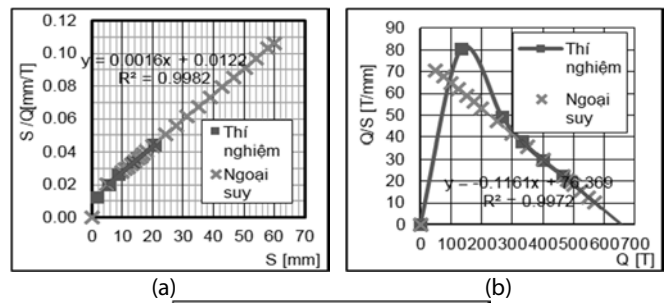
Hình 8. Tải trọng giới hạn cọc (a) TP2A-2 và (b) TP-02 theo các phương pháp dựa trên kết quả thí nghiệm nén tĩnh không xét cấp tải trọng gây phá hoại.

Kết quả ở Hình 8 cho thấy trường hợp khu vực có cấu tạo địa chất tốt và thí nghiệm nén tĩnh thường cho kết quả phá hoại đột ngột (cọc TP2A-2) thì việc dự báo ngoại suy có thể cho giá trị Q_u lớn hơn thực tế. Trong trường hợp độ dốc quan hệ tải trọng - độ lún thay đổi từ từ (cọc TP-02), kết quả ngoại suy theo phương pháp Chin - Kondner và Decourt cho thấy quan hệ ngoại suy khá phù hợp với kết quả thí nghiệm thực tế. Nếu chọn lấy giá trị Q_u theo độ lún dự báo bằng cách ngoại suy thì giá trị này phù hợp với thực tế hơn so với giá trị để nghị lấy theo phương pháp theo thuật toán giới hạn.

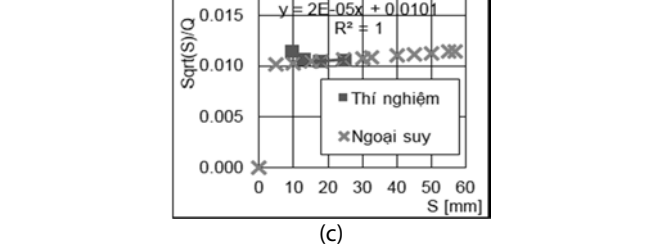
Kết quả ngoại suy quan hệ tải trọng - độ lún từ các hệ số theo các phương pháp thể hiện như ở Hình 9. Kết quả Hình 9 cho thấy các hàm xấp xỉ mô tả hợp lý xu hướng ứng xử tải trọng - độ lún theo thí nghiệm nén tĩnh.



Hình 9. Biểu đồ ngoại suy tải trọng - độ lún cọc (a) TP2A-2 và (b) TP-02 dựa trên kết quả thí nghiệm nén tĩnh không xét cấp tải trọng gây phá hoại.



Hình 10. Chi tiết ngoại suy quan hệ tải trọng - độ lún cọc TP-02 theo phương pháp (a) Chin-Kondner, (b) Decourt và (c) tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen không xét cấp tải trọng gây phá hoại.



Hình 10. Chi tiết ngoại suy quan hệ tải trọng - độ lún cọc TP-02 theo phương pháp (a) Chin-Kondner, (b) Decourt và (c) tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen không xét cấp tải trọng gây phá hoại.

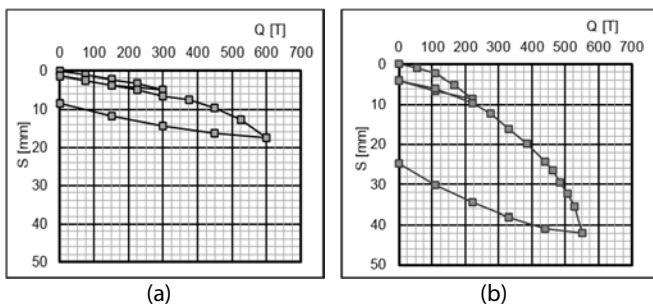
2.3. Trường hợp độ lún đầu cọc chưa đạt trạng thái giới hạn

Trong thực tế, nhiều thí nghiệm nén tĩnh cọc cho kết quả độ lún đầu cọc chưa đạt đến giá trị tới hạn. Khi đó, sử dụng biểu đồ quan hệ tải trọng-độ lún không thể cho phép xác định giá trị tải trọng giới hạn.

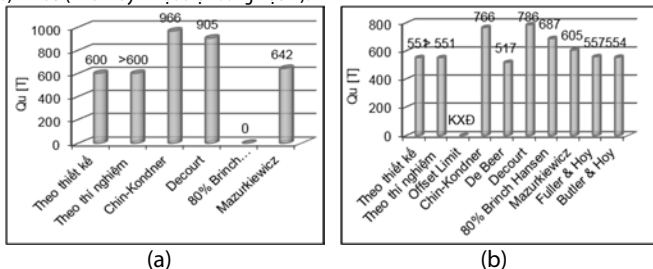
Kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc TP2A-1: $d = 600 \text{ mm}$, $L = 21,5 \text{ m}$, $Q_{\max} = 600 \text{ T}$ (dự án bệnh viện Shing Mark) và TP-08: $d = 600 \text{ mm}$, $L = 45,3 \text{ m}$, $Q_{\max} = 551,3 \text{ T}$ (Nhà máy nhiệt điện sông Hậu 1) thể hiện ở Hình 11. Với kết quả thí nghiệm này, để đánh giá tải trọng giới hạn, đa số các trường hợp chỉ có thể sử dụng các phương pháp hàm xấp xỉ (cọc TP2A-1, Hình 12). Khác với trường hợp cọc TP2A-1, hầu hết các phương pháp đều áp dụng được cho cọc TP-08. Ở đây, đường cong quan hệ tải trọng – độ lún cọc TP-08 có sự thay đổi độ dốc rõ ràng nên hầu hết các phương pháp đều sử dụng được nhưng kết quả Q_u thu nhận được hầu hết đều có giá trị rất lớn.

Từ tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen trong trường hợp đường cong quan hệ $Q - S$ thay đổi độ dốc đột ngột, kết quả ngoại suy theo các phương pháp cho đường cong quan hệ $Q - S$ phù hợp với khuynh hướng phát triển theo thí nghiệm. Từ đường cong ngoại suy cho cọc TP-08 (Hình 13), nếu chọn khả năng chịu tải theo độ lún tới hạn thì tải trọng giới hạn có giá trị xấp xỉ 620 T nhỏ hơn đáng kể so với kết quả tính trực tiếp theo phương pháp này (Hình 12). Ngoài ra, các giá trị này đều lớn hơn không đáng kể so với kết quả dự tính của thiết kế. Do đó, có thể nhận thấy rằng việc ngoại suy đường cong quan hệ tải trọng – chuyển vị cho phép rút ra các nhận định đánh giá hợp lý về giá trị khả năng chịu tải giới hạn và giúp chọn lựa giá trị hợp lý hơn.

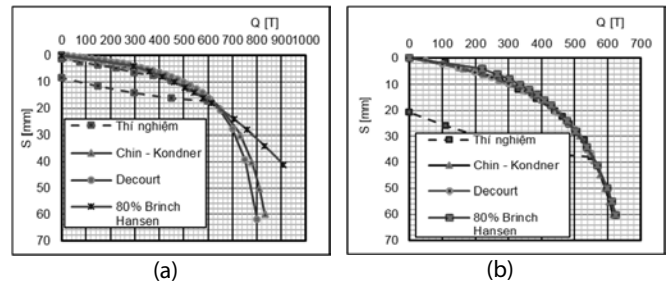
Ngoài ra, tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen dự báo giá trị Q_u lớn hơn đáng kể so với các phương pháp khác và không phù hợp khi đường cong quan hệ $Q - S$ có độ dốc thay đổi đột ngột nên cần xem xét cẩn thận khi sử dụng phương pháp này trong dự báo đánh giá khả năng chịu tải cọc. Phương pháp Mazurkiewicz cho thấy sự ổn định cũng như khả năng áp dụng để đánh giá tải trọng giới hạn của cọc bất kể cọc có được thí nghiệm đến phá hoại hay không. Tuy nhiên, việc phân tích ngược cần được nghiên cứu bổ sung để có thể đánh giá mức độ tin cậy của phương pháp này.



Hình 11. Biểu đồ quan hệ tải trọng - độ lún cọc (a) TP2A-1 (Bệnh viện Shing Mark) và (b) TP-08 (Nhà máy nhiệt điện sông Hậu 1).



Hình 12. Tải trọng giới hạn cọc (a) TP2A-1 và (b) TP-08 theo các phương pháp



Hình 13. Biểu đồ ngoại suy tải trọng-độ lún cọc (a) TP2A-1 và (b) TP-08

3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ kết quả thu thập dữ liệu, tính toán xác định tải trọng giới hạn theo các phương pháp, và ngoại suy đường cong quan hệ tải trọng-độ lún đầu cọc theo các hệ số xác định từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc phá hoại và chưa đạt trạng thái tới hạn, có thể rút ra các kết luận chính như sau:

- Các phương pháp ngoại suy theo các phương pháp hàm xấp xỉ cho phép mô tả đường cong quan hệ tải trọng-độ lún tương đồng đáng kể với kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc khi đường cong này có độ dốc thay đổi từ từ hay độ lún đầu cọc đạt trạng thái tới hạn.
- Phương pháp Mazurkiewicz cho phép đánh giá tải trọng giới hạn phù hợp nhất khi cọc đạt độ lún tới hạn và cả trường hợp tải trọng chưa đạt trạng thái tới hạn.
- Khi kết quả nén tĩnh chưa đạt phá hoại, giá trị tải trọng giới hạn ngoại suy theo đường cong quan hệ tải trọng-độ lún (phương pháp Chin-Kondner, Decourt và tiêu chuẩn 80% Brinch Hansen) có giá trị nhỏ hơn so với giá trị đề nghị xác định trực tiếp theo phương pháp. Tải trọng giới hạn theo độ lún giới hạn (10% d) trên đường cong ngoại suy phù hợp với kết quả thí nghiệm nén tĩnh trong trường hợp quan hệ thí nghiệm $Q-S$ có độ dốc thay đổi từ từ.
- Giá trị tải trọng giới hạn theo phương pháp Offset Limit, De Beer, Mazurkiewicz, Fuller & Hoy, Butler & Hoy và tiêu chuẩn 90% Brinch Hansen hợp lý với kết quả thí nghiệm cho độ lún đầu cọc đạt giá trị tới hạn. Trong trường hợp này, tải trọng giới hạn theo các phương pháp hàm xấp xỉ cho kết quả lớn hơn thực tế và không phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Shamsheer Prakash-Harid Sharma (1999). Móng cọc trong thực tế xây dựng (bản dịch). Nhà xuất bản xây dựng.
2. N Bengt H. Fellenius (2014). Base of Foundation Design. Canada, Bitech Publishers.
3. Bùi Trường Sơn (2017). Phân tích đánh giá khả năng chịu tải của cọc theo kết quả thí nghiệm nén tĩnh. Tập 19, Tuyển tập kết quả khoa học công nghệ 2016. NXB Nông nghiệp. Trang 328-338.
4. Samuel G. Paikowsky, Terry A. Tolosko (1999). Extrapolation of pile capacity from non-failed load test. US. FHWA-RD-99-170.
5. Carlo Viggiani et al. (2012). Piles and Pile Foundations. Taylor & Francis Group, London Publishers.
6. Chin, F.K. (1970). Estimation of ultimate load of piles not carried to failure. Proceedings, 2nd Southeast Asia Conference on Soil Engineering, pp. 81-90.
7. TCVN 9393: 2012, Cọc-Phương pháp thử tĩnh hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục.