

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG MIỀN TÂY

TRẦN NHỰT LÂM

**PHÂN TÍCH LỰA CHỌN SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC THEO KẾT QUẢ THÍ
NGHIỆM NÉN TĨNH CỌC CHO CÁC CÔNG TRÌNH TRONG KHU VỰC
ĐỊA CHẤT HUYỆN TAM BÌNH, TỈNH VĨNH LONG**

TÓM TẮT ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SỸ KỸ THUẬT XÂY DỰNG

VĨNH LONG - 2025

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG MIỀN TÂY

BỘ XÂY DỰNG

TRẦN NHỰT LÂM



**PHÂN TÍCH LỰA CHỌN SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC THEO KẾT QUẢ THÍ
NGHIỆM NÉN TĨNH CỌC CHO CÁC CÔNG TRÌNH TRONG KHU VỰC
ĐỊA CHẤT HUYỆN TAM BÌNH, TỈNH VĨNH LONG**

Chuyên ngành: KỸ THUẬT XÂY DỰNG

Mã số: 8.58.02.01

TÓM TẮT ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SỸ KỸ THUẬT XÂY DỰNG

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC
TS. NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG



VĨNH LONG - 2025

PHẦN MỞ ĐẦU

1. Lý do lựa chọn đề tài

Trong những năm trở lại đây, huyện Tam Bình – tỉnh Vĩnh Long đang từng bước phát triển về kinh tế – xã hội, nhu cầu xây dựng các công trình như trường học, trung tâm văn hóa, công trình công cộng, v.v... ngày càng nhiều, kéo theo yêu cầu về nền móng công trình ngày càng cao để đảm bảo độ bền vững và an toàn trong suốt quá trình sử dụng. Để đảm bảo chất lượng và độ an toàn cho các công trình xây dựng, đặc biệt là công trình có tải trọng lớn, công tác khảo sát địa chất và kiểm tra sức chịu tải của móng cọc trở nên vô cùng quan trọng.

Tuy nhiên, khu vực này lại có đặc điểm địa chất không đồng đều, chủ yếu là các lớp đất yếu như sét mềm, sét pha hữu cơ, hoặc cát pha có hệ số nén lớn. Đây là yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chịu tải của móng, đặc biệt là móng cọc. Các lớp đất yếu không chỉ làm giảm sức chịu tải của cọc mà còn dễ gây ra hiện tượng lún không đều nếu không được tính toán và khảo sát kỹ càng trong giai đoạn thiết kế. Một phần nguyên nhân đến từ việc chưa có cơ sở dữ liệu địa phương đầy đủ cũng như chưa khai thác tối đa hiệu quả của thí nghiệm nén tĩnh cọc – phương pháp kiểm tra tại hiện trường được xem là truyền thống và đáng tin cậy nhất trong việc đánh giá sức chịu tải thực tế của cọc. Mặt khác, các hồ sơ thiết kế hiện nay tại khu vực này phần lớn vẫn dựa trên các tiêu chuẩn chung mà chưa có sự hiệu chỉnh theo điều kiện địa chất địa phương. Vì vậy, việc áp dụng thí nghiệm nén tĩnh để đối chiếu, đánh giá, kiểm chứng hoặc tối ưu lại giá trị sức chịu tải là rất cần thiết, nhưng đến thời điểm hiện tại vẫn chưa có một nghiên cứu hệ thống nào thực hiện nội dung này cho địa bàn huyện Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long.

Mặc dù phương pháp tính toán sức chịu tải cọc bằng giải tích và thí nghiệm nén tĩnh đã được áp dụng rộng rãi, tuy nhiên việc so sánh, đánh giá và lựa chọn hợp lý giữa các phương pháp trong điều kiện địa chất cụ thể của Tam Bình vẫn chưa được nghiên cứu kỹ lưỡng. Thực tế cho thấy sự chênh lệch giữa kết quả tính theo lý thuyết và thực nghiệm khá lớn, dẫn đến những khó khăn trong việc lựa chọn sức chịu tải cọc thiết kế phù hợp, vừa đảm bảo an toàn vừa tiết kiệm chi phí. Ngoài ra, sự phát triển của các phần mềm mô phỏng như Plaxis mở ra cơ hội áp dụng mô hình số để đánh giá chính xác hơn về ứng xử của cọc và nền đất.

Việc xác định sức chịu tải của cọc từ kết quả nén tĩnh cọc hiện trường theo tiêu chuẩn Việt Nam cho các kết quả khác nhau tùy vào phương pháp xác định và phụ thuộc vào địa chất. Từ các lý do kể trên nội dung nghiên cứu đề tài ***“Phân tích lựa chọn sức chịu tải của cọc theo kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc cho các công trình trong khu vực địa chất huyện Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long”*** là cần thiết vì để đảm bảo vấn đề vừa an toàn vừa kinh tế trong bài toán thiết kế móng cọc.

2. Mục tiêu nghiên cứu:

- Thu thập các kết quả khảo sát, thí nghiệm cọc trong khu vực huyện Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long;
- Xác định sức chịu tải giải tích các phương pháp bao gồm: TCVN 10304:2014, thí nghiệm nén tĩnh và mô phỏng phần mềm Plaxis 3D.
- Đề xuất phương pháp xác định sức chịu tải cọc phù hợp với địa chất huyện

Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu:

Đối tượng nghiên cứu: sức chịu tải của cọc BTCT đúc sẵn với tiết diện (300×300) mm, chiều dài cọc 32 m.

Phạm vi nghiên cứu: các công trình xây dựng trực thuộc địa chất huyện Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long.

4. Phương pháp nghiên cứu:

- Phương pháp kế thừa, tổng hợp số liệu: tổng hợp số liệu địa chất khu vực. Tổng hợp các số liệu của các thí nghiệm nén tĩnh các công trình trong khu vực địa chất huyện Tam Bình.

- Phương pháp tính toán: tính sức chịu tải của cọc theo TCVN 10304:2014, theo kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc và mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 3D.

- Phương pháp phân tích tổng kết: đánh giá sức chịu tải cọc bằng các phương pháp giải tích (theo TCVN 10304:2014), phương pháp phần tử hữu hạn (mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 3D) và các kết quả nén tĩnh. Tổng hợp các kết quả, sau đó đưa ra các kết luận.

5. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn:

Ý nghĩa khoa học: đề xuất được giá trị sức chịu tải cực hạn khi thực hiện kết quả nén tĩnh cọc.

Ý nghĩa thực tiễn: Có thể làm tài liệu tham khảo cho các kỹ sư, đơn vị tư vấn thiết kế và cơ quan quản lý khi thực hiện đánh giá sức chịu tải của cọc tại các dự án xây dựng huyện Tam Bình.

6. Kết cấu của đề án tốt nghiệp:

Ngoài phần mở đầu, phần kết luận, kiến nghị và phần phụ lục. Đề án được trình bày gồm 3 chương, nội dung cụ thể từng chương như sau:

Chương 1: Tổng quan các phương pháp đánh giá sức chịu tải của cọc ở hiện trường và thí nghiệm kiểm tra.

Chương 2: Cơ sở lý thuyết đánh giá sức chịu tải của cọc.

Chương 3: Tính toán sức chịu tải của cọc theo kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc cho các công trình trong khu vực địa chất huyện Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long

Kết luận và kiến nghị.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC Ở HIỆN TRƯỜNG VÀ THÍ NGHIỆM KIỂM TRA

1.1. Các phương pháp thí nghiệm đánh giá sức chịu tải của cọc:

Các thí nghiệm hiện trường nhằm đánh giá khả năng chịu tải của cọc đóng vai trò then chốt trong việc kiểm chứng độ tin cậy của các thông số thiết kế cũng như kiểm tra chất lượng thi công cọc trong thực tế. Đây là bước không thể thiếu để đảm bảo an toàn và hiệu quả cho toàn bộ công trình nền móng. Hiện nay có 3 nhóm phương pháp thí nghiệm được áp dụng phổ biến và rộng rãi nhất bao gồm: thí nghiệm nén tĩnh (tĩnh tải), thí nghiệm bằng phương pháp động (động biến dạng lớn), và thí nghiệm tĩnh động (phương pháp kết hợp nhằm tận dụng ưu điểm của cả hai kỹ thuật trên). Mỗi phương pháp có phạm vi áp dụng, độ chính xác và chi phí thực hiện khác nhau, tùy thuộc vào yêu cầu kỹ thuật và điều kiện cụ thể của từng dự án.

- Nhóm thí nghiệm tĩnh: Nén tĩnh, Hộp tải trọng Osterberg, Thí nghiệm cọc có gắn thiết bị.

- Nhóm thí nghiệm động: Thử động và sử dụng các công thức động như Gherxevanop, Hilay., Thử động biến dạng lớn, Thử rung trở kháng cơ học.

- Thí nghiệm tĩnh động Statnamic.

1.1.1. Các phương pháp thí nghiệm tĩnh:

1.1.1.1. Thí nghiệm nén tĩnh dọc trục:

Thí nghiệm nén tĩnh được xem là phương pháp chính xác và tin cậy nhất để xác định quan hệ tải trọng – độ lún của cọc, vì vậy luôn được đưa vào yêu cầu của hầu hết các tiêu chuẩn thiết kế móng cọc. Khi tải trọng thí nghiệm ở mức vừa phải và việc triển khai khá thuận lợi. Tuy nhiên, với những tải trọng lớn lên tới hàng nghìn tấn, việc bố trí hệ đối trọng bằng khối lượng chất tải hoặc hệ thống neo trở nên đặc biệt phức tạp, đòi hỏi chi phí cao và tiềm ẩn nhiều nguy cơ mất an toàn cho con người, thiết bị và các công trình lân cận.

1.1.1.2. Thí nghiệm hộp tải trọng Osterberg:

Thí nghiệm hộp tải trọng Osterberg (O-Cell) là phương pháp hiện trường tiên tiến dùng để xác định sức chịu tải của cọc khoan nhồi, dựa trên quan hệ tải trọng – chuyển vị theo hai hướng (lên và xuống). Thiết bị O-Cell, dạng kích thủy lực, được lắp đặt sẵn bên trong thân hoặc đáy cọc cùng hệ thống đo lường trước khi đổ bê tông. Khi cọc đạt cường độ, O-Cell được bơm áp lực, tạo lực đẩy thân cọc lên và ép mũi cọc xuống mà không cần đối trọng ngoài, giúp đảm bảo an toàn và tiết kiệm mặt bằng thi công.

1.1.1.3. Thí nghiệm cọc có gắn thiết bị:

Thí nghiệm cọc có gắn thiết bị đo là phương pháp hiện trường cho phép phân tích chi tiết cơ chế làm việc của cọc thông qua đo đặc biến dạng và chuyển vị của bê tông và cốt thép trong thân cọc, từ đó xác định chính xác sức chịu tải, bao gồm ma sát bên và sức kháng mũi. Phương pháp đặc biệt hữu ích trong nghiên cứu phân bố ứng suất, tương tác đất – cọc và tương tác giữa các cọc trong nhóm.

1.1.2. Các phương pháp thí nghiệm động:

1.1.2.1. Thí nghiệm thử động và sử dụng các công thức động:

Thí nghiệm thử động là phương pháp phổ biến xác định sức chịu tải (SCT) của cọc đơn, chủ yếu phản ánh sức kháng mũi cọc, dựa trên nguyên lý cơ học động lực

học. Sau khi cọc thi công và ổn định địa cơ, một búa đóng được dùng tác động lên đầu cọc. Năng lượng va đập truyền qua thân cọc được phân bố thành ba phần:

- Vượt qua sức kháng của đất (R) để tạo độ xuyên (e);
- Tổn thất năng lượng tại tiếp xúc (búa – đệm – đầu cọc);
- Biến dạng đàn hồi trong thân cọc.

Mối quan hệ giữa năng lượng và độ xuyên được xác định bằng công thức Case hoặc phân tích sóng biến dạng (wave equation analysis).

Phương pháp này hiệu quả với cọc ngắn, độ cứng lớn, trong điều kiện địa chất đã khảo sát kỹ, nhờ khả năng truyền năng lượng cao và sai số nhỏ.

1.1.2.2. Thí nghiệm thử động biến dạng lớn PDA:

Thí nghiệm thử động là một trong những phương pháp phổ biến nhằm xác định SCT của cọc đơn, với trọng tâm là đánh giá sức kháng tại mũi cọc. Phân tích mối quan hệ giữa năng lượng tác động và độ xuyên được thực hiện thông qua các công thức động như phương pháp Case hoặc mô hình phương trình sóng (wave equation analysis).

1.1.2.3. Thí nghiệm rung trở kháng cơ học:

Xác định vị trí, mức độ khuyết tật trong thân cọc dựa trên quan hệ giữa trở kháng cơ học của cọc và tần số dao động. Xác định sức chịu tải cho phép của cọc thông qua giá trị độ cứng động của cọc có được trên quan hệ giữa trở kháng cơ học của cọc và tần số dao động.

1.2. Tổng quan về các nghiên cứu đánh giá sức chịu tải của cọc thông qua thí nghiệm nén tĩnh:

1.2.1. Một số nghiên cứu áp dụng phương pháp nén tĩnh cọc ở trên thế giới:

Nghiên cứu của Lizzi (1983) [1] về cọc khoan nhồi chịu tải chủ yếu do ma sát đã đề xuất một phương pháp xác định quan hệ tải trọng – độ lún đối với các cọc có tiết diện lớn hơn. Nghiên cứu của Bhoeye và cộng sự (2015) [2] được thực hiện tại Ấn Độ, nhằm xác định tương quan giữa đường kính cọc khoan nhồi và sức chịu tải của cọc tại hiện trường, dựa trên các thí nghiệm nén tĩnh. Năm 2001, tác giả A.I. Al-Mhaidib [3] đã nghiên cứu tập trung vào việc tác động của tốc độ tải trên các cọc trong đất sét. Đã thử nghiệm với các mô hình cọc trong đất đối với các tốc độ tải khác nhau. Nghiên cứu của Shamsheer Prakash và cộng sự [4] tập trung vào ứng dụng thực tế của các loại cọc trong xây dựng và những vấn đề kỹ thuật liên quan đến thiết kế – thi công cọc. Nghiên cứu phân tích các yếu tố then chốt như: đặc điểm đất nền, chiều sâu cọc và sức chịu tải (SCT), từ đó nhấn mạnh tầm quan trọng của việc lựa chọn loại cọc phù hợp với điều kiện địa chất và yêu cầu công trình nhằm đảm bảo hiệu quả và tuổi thọ. Ngoài ra, nghiên cứu còn đề cập đến các vấn đề thực tiễn trong thiết kế – thi công như: lựa chọn phương pháp thử nghiệm, thiết bị đo lường, đánh giá sự cố, và đề xuất biện pháp giảm thiểu rủi ro, nâng cao độ bền và tính bền vững cho nền móng cọc trong điều kiện thi công thực tế.

1.2.2. Một số nghiên cứu áp dụng phương pháp nén tĩnh cọc ở Việt Nam:

Tác giả Trịnh Việt Cường và cộng sự [5] đã áp dụng phương pháp Lizzi và mô hình t-z để dự báo quan hệ tải trọng – độ lún của cọc dựa trên kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc tiết diện thu nhỏ. Nghiên cứu khẳng định rằng với quy trình xử lý số liệu phù hợp, hoàn toàn có thể sử dụng các phương pháp tính đơn giản nhưng vẫn đảm bảo độ

chính xác cao, đặc biệt hiệu quả trong điều kiện thi công cọc khoan nhồi tại Việt Nam. Nghiên cứu của tác giả Đỗ Hữu Đạo [6], đã nghiên cứu thực nghiệm xác định SCT của cọc bằng thí nghiệm nén tĩnh và so sánh với các quy trình hiện hành ở Việt Nam. Tác giả Trần Đức Hiếu [7] đã nghiên cứu ứng dụng thí nghiệm nén tĩnh nhằm xác định chính xác sức chịu tải (SCT) của cọc, yếu tố then chốt trong thiết kế nền móng. Tác giả Bùi Trường Sơn [10] đã phân tích khả năng chịu tải của cọc dựa trên kết quả thí nghiệm nén tĩnh chưa đạt tới tải trọng giới hạn, bằng các phương pháp như: Offset Limit, Brinch Hansen (80% và 90%), Chin-Kondner, Decourt, De Beer và Mazurkiewicz. Đối tượng nghiên cứu là cọc 400×400mm, dài 30m, với tải trọng thiết kế 80 tấn, tại Dự án Khí – Điện – Đạm Cà Mau. Kết quả cho thấy việc xác định tải trọng giới hạn cần dựa vào phân tích dữ liệu thực nghiệm chi tiết, thay vì chỉ tham chiếu hồ sơ thiết kế. Tác giả cũng kiến nghị, khi dữ liệu không đủ để đánh giá chính xác tải trọng cực hạn, cần gia tăng tải trọng thí nghiệm nhằm đảm bảo đủ cơ sở cho phân tích chính xác và tin cậy. Ngoài ra, phân tích [11] của Bùi Trường Sơn và cộng sự cũng đã nêu lên mối tương quan giữa kết quả thử động biến dạng lớn (PDA) và thử nén tĩnh trong việc đánh giá khả năng chịu tải của cọc.

1.3. Đánh giá tình hình ứng dụng thí nghiệm nén tĩnh để lựa chọn sức chịu tải của cọc trên địa bàn huyện Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long:

Trong thực tế xây dựng, tải trọng thí nghiệm nén tĩnh cọc thường gấp đôi tải trọng thiết kế để đảm bảo an toàn và kiểm chứng khả năng làm việc của cọc. Tuy nhiên, kết quả thí nghiệm thường cho thấy cọc làm việc trong giới hạn đàn hồi, chưa xuất hiện phá hoại, đặt ra câu hỏi về tính tối ưu trong khai thác SCT thực tế của cọc. Tại huyện Tam Bình, Vĩnh Long, với nền đất yếu, chưa có nghiên cứu về xác định SCT tới hạn của cọc qua thí nghiệm nén tĩnh.

Nghiên cứu này sẽ phân tích, so sánh các phương pháp tính toán sức chịu tải của cọc dựa trên các hồ sơ thiết kế và chi tiết các số liệu thí nghiệm nén tĩnh tại huyện Tam Bình, nhằm đưa ra các nhận xét về sức chịu tải của cọc thông qua biểu đồ quan hệ tải trọng - độ lún so với các kết quả nén tĩnh thu thập được. Từ đó, có thể đưa ra các hệ số để xem xét lựa chọn sức chịu tải của cọc so với thiết kế ban đầu.

1.4. Các phương pháp tính toán sức chịu tải của cọc:

1.4.1. Phương pháp giải tích:

Tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long nói chung và huyện Tam Bình nói riêng, nơi có nền đất yếu, việc lựa chọn giải pháp móng hợp lý là yếu tố quan trọng để đảm bảo ổn định công trình. Móng cọc BTCT được sử dụng rộng rãi nhờ khả năng truyền tải trọng xuống các lớp đất tốt hơn. Để đảm bảo hiệu quả chịu lực và tính kinh tế, việc xác định chính xác SCT của cọc là cần thiết trong thiết kế nền móng. Phương pháp giải tích, kết hợp với các tiêu chuẩn thiết kế như TCVN 10304:2014 (thay thế TCXD 205:1998), giúp xác định SCT của cọc đơn hoặc nhóm cọc, tối ưu hóa kích thước, hình dạng và chiều sâu chôn cọc, từ đó nâng cao hiệu quả sử dụng cọc và đảm bảo an toàn, độ tin cậy trong xây dựng.

1.4.2. Phương pháp phần tử hữu hạn (mô phỏng phần mềm Plaxis 3D):

Phương pháp phần tử hữu hạn (FEM), đặc biệt là phần mềm Plaxis 3D, ngày càng được sử dụng để xác định sức chịu tải của cọc đơn. Plaxis 3D giúp mô phỏng chính xác các điều kiện làm việc của cọc dưới tải trọng, so sánh với kết quả thí

nghiệm nén tĩnh và phương pháp giải tích.

1.5. Nhận xét chương 1:

Thí nghiệm nén tĩnh dọc trục tại hiện trường là phương pháp truyền thống và đáng tin cậy nhất để xác định sức chịu tải của cọc, giúp kiểm chứng độ chính xác của các tính toán thiết kế. Tuy nhiên, đối với các công trình vừa và nhỏ thì thường giả thiết sức chịu tải của cọc dựa vào kinh nghiệm và theo kết quả khảo sát địa chất tại khu vực xây dựng. Sau đó, các thí nghiệm nén tĩnh cọc sẽ được thực hiện thường chỉ được dùng để kiểm tra khả năng chịu tải so với thiết kế ban đầu. Cụ thể là ở công trình Trường tiểu học Mỹ Thạnh Trung ($P_{tk} = 24 \text{ T}$), công trình Trường tiểu học Phú Thịnh A ($P_{tk} = 25 \text{ T}$), công trình Trường tiểu học Mỹ Thạnh Trung ($P_{tk} = 27 \text{ T}$) và công trình Trung tâm Văn hóa – Thể thao huyện Tam Bình. ($P_{tk} = 30 \text{ T}$) Việc tính toán kiểm tra lại các kết quả sức chịu tải của cọc bằng các phương pháp giải tích (TCVN 10304:2014), phương pháp phần tử hữu hạn (mô phỏng Plaxis 3D) và so sánh với các kết quả thí nghiệm nén tĩnh tại huyện Tam Bình, Vĩnh Long là cần thiết, nhằm đưa ra các nhận định về khả năng chịu tải của cọc. Nghiên cứu giúp tối ưu hóa thiết kế, giảm lãng phí vật liệu, tiết kiệm chi phí và nâng cao độ an toàn cho công trình.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐỂ ĐÁNH GIÁ SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC

2.1. Tính toán sức chịu tải của cọc theo phương pháp giải tích TCVN 10304:2014, Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế [14]

2.1.1. Sức chịu tải theo vật liệu:

Với cọc BTCT, SCTCH của cọc theo vật liệu xác định theo công thức:

$$R_{vl} = \varphi(R_b A_b + R_s A_s) \quad (2.1)$$

2.1.1.1. Sức chịu tải theo chỉ tiêu cơ lý của đất nền:

SCT trọng nén $R_{c,u}$, (kN), của cọc treo, kể cả cọc ống có lõi đất, hạ bằng phương pháp đóng hoặc ép, được xác định bằng tổng sức kháng của đất dưới mũi cọc và trên thân cọc:

$$R_{c,u} = \gamma_c (\gamma_{c,q} q_b A_b + u \sum f_i l_i \gamma_{cf}) \quad (2.2)$$

2.1.2. Sức chịu tải theo chỉ tiêu cường độ của đất nền

Công thức chung xác định SCTCH $R_{c,u}$ của cọc theo đất là:

$$R_{c,u} = q_b A_b + u \sum f_i l_i \quad (2.3)$$

2.1.3. Sức chịu tải theo kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT:

a. Theo công thức của Meyerhof:

SCTCH của cọc xác định theo đất theo công thức (2.3)

Đối với trường hợp nền đất rời Meyerhof (1976) kiến nghị công thức xác định cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc q_b và cường độ sức kháng của đất ở trên thân cọc f_i trực tiếp từ kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn như sau:

$$q_b = k_1 N_p \quad (2.9)$$

$$f_i = k_2 N_{s,i} \quad (2.10)$$

Theo công thức của Viện kiến trúc Nhật Bản (1988):

SCTCH của cọc xác định theo công thức (2.12) viết lại dưới dạng:

$$R_{c,u} = q_b A_b + u \sum (f_{c,i} l_{c,i} + f_{s,i} l_{s,i}) \quad (2.11)$$

Tính toán sức chịu tải của cọc theo kết quả nén tĩnh cọc:

a. SCT trọng nén thẳng đứng cho phép của cọc:

$$Q_a = \frac{Q_{tc}}{k_{tc}} \quad (2.14)$$

Trong đó : - Q_{tc} : SCT cho phép của cọc; k_{tc} : Hệ số an toàn, xác định theo điều

A.1 phụ lục A [16].

b. SCT tiêu chuẩn theo kết quả thử:

$$Q_{tc} = m \frac{Q_u}{k_d} \quad (2.15)$$

c. Trong trường hợp nếu số cọc được thử ở những điều kiện đất nền như nhau ít hơn 6 chiếc $Q_{u(Q_{\min})}$ còn hệ số an toàn theo đất $k_d = 1$:

Khi số lượng cọc thử ở cùng điều kiện địa chất công trình bằng hoặc lớn hơn 6 chiếc thì các đại lượng Q_u nên xác định trên cơ sở kết quả xử lý thống kê.

d. Sức chống giới hạn Q_u của cọc được xác định như sau (Hình 2.3):

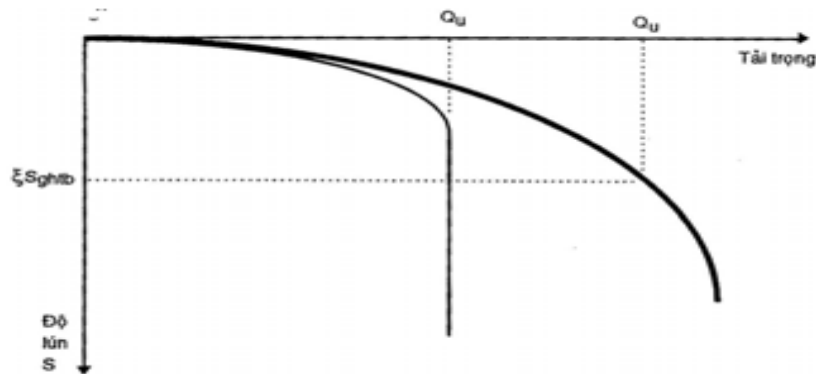
- Là giá trị tải trọng gây ra độ lún tăng liên tục
- Là giá trị ứng với độ lún ξS_{gh} trong các trường hợp còn lại

$$\Delta = \xi S_{gh} \quad (2.16)$$

Trong đó:

- S_{gh} : 'Trị số lún giới hạn trung bình cho trong tiêu chuẩn thiết kế nền móng, được qui định theo nhiệm vụ thiết kế hoặc lấy theo tiêu chuẩn đối với nhà và công trình;

- ξ : 'Hệ số chuyển từ độ lún lúc thử đến độ lún lâu dài của cọc, thông thường lấy $\xi = 0,1$. Khi có cơ sở thí nghiệm và quan trắc lún đầy đủ, có thể lấy $\xi = 0,2$.



Hình 2.7: Phương pháp xác định Q_u theo công thức (2.16)

- Nếu độ lún xác định theo công thức (2.16) lớn hơn 40mm thì SCTCH của cọc Q_u nên lấy ở tải trọng ứng với $\Delta = 40mm$.

Đối với các cầu, SCTCH của cọc chịu tải trọng nén phải lấy tải trọng bé hơn 1 cấp so với tải trọng mà dưới tải trọng này gây ra.

- Sự tăng độ lún sau một cấp gia tải (ở tổng độ lún > 40mm) vượt quá 5 lần sự tăng độ lún của một cấp gia tải trước đó;
- Độ lún không tắt dần trong thời gian một ngày đêm hoặc hơn (ở tổng độ lún của cọc > 40mm).

Nếu khi thử, tải trọng lớn nhất đã đạt được có trị số $\geq 1,5Q_{tc}$ (trong đó Q_{tc} : SCT của cọc tính theo các công thức của phụ lục A - TCXD 205:1998), mà độ lún của cọc bé hơn trị số xác định theo công thức (2.16), đối với cầu thì < 40mm, trong trường hợp này, SCTCH của cọc cho phép lấy bằng tải trọng lớn nhất có được lúc thử.

Chú thích: Các cấp tải trọng khi thử cọc bằng nén tĩnh thường qui định trong phạm vi 1/10-1/15 SCTCH tính toán của cọc.

e. Khi thử tải bằng tải trọng tĩnh theo hướng ngang hoặc nhỏ thì SCT giới hạn (điều c của phụ lục này) lấy ở tải trọng mà dưới tác dụng của nó, chuyển vị

của cọc tăng không ngừng.

2.2. Tính toán SCT của cọc theo phương pháp phần tử hữu hạn (phần mềm Plaxis 3D):

2.2.1. Giới thiệu phần mềm Plaxis:

Plaxis 3D cho phép mô hình hóa hình học công trình thực tế, xử lý hiệu quả các điều kiện địa chất đa dạng. Phần mềm hỗ trợ đánh giá biến dạng, ứng suất, ổn định mái dốc, và tương tác đất – công trình thông qua giao diện trực quan, khả năng sinh lưới tự động tối ưu và tích hợp các mô hình đất tiên tiến.

Với năng lực tính toán mạnh và độ chính xác cao, Plaxis 3D là công cụ không thể thiếu trong thiết kế móng sâu, tường chắn, đào hố sâu và các công trình chịu ảnh hưởng bởi điều kiện địa chất phức tạp trong thực hành và nghiên cứu địa kỹ thuật hiện đại.

2.2.2. Nội dung của phương pháp (Plaxis 3D):

Phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) sử dụng phần mềm Plaxis 3D là công cụ hiệu quả để phân tích sức chịu tải (SCT) của cọc đơn, đặc biệt trong các điều kiện địa kỹ thuật phức tạp. Các bước thực hiện gồm: Xác định điều kiện địa chất và đặc trưng cơ lý của đất; Xây dựng mô hình 3D mô phỏng công trình; Định nghĩa tải trọng và điều kiện biên; Phân tích ứng suất – biến dạng trong quá trình nén tĩnh; Tính toán SCT của cọc; Đánh giá và kiểm tra kết quả.

Phương pháp này cho phép mô phỏng chính xác tương tác đất – cọc trong không gian ba chiều, mang lại độ tin cậy cao hơn so với các phương pháp truyền thống. Mô hình cọc đơn trong Plaxis 3D gồm:

- Hình học: Khai báo đường kính, chiều dài cọc và tạo lưới phần tử hữu hạn phù hợp;
- Vật liệu: Thiết lập thông số cơ học của cọc và đất (mô đun đàn hồi, hệ số Poisson, trọng lượng riêng,...);
- Điều kiện biên: Ràng buộc nền đất đáy, áp tải lên đầu cọc;
- Tính toán: Phân tích theo thời gian mô phỏng quá trình nén tĩnh;
- Kết quả: Xác định biến dạng, lực cắt, moment uốn, và ứng suất trong cọc và đất.

2.2.3. Các loại mô hình mô phỏng trong Plaxis 3D:

2.2.3.1. Mô hình đàn hồi tuyến tính (*Le - Linear Elastic Model*):

Mô hình đàn hồi tuyến tính dựa trên định luật Hook'e đàn hồi đẳng hướng, bao gồm 2 thông số module Young E và hệ số Poisson ν . Mặc dù đàn hồi tuyến tính không dùng cho vật liệu đất, tuy nhiên nó có thể dùng để mô hình hóa các thể tích đặc chắc của vật liệu như tường bê tông, đá khối nguyên dạng.

Cần phải thận trọng khi dùng mô hình này cho vật liệu mà tải trọng tác động lớn hơn sức bền của nó. Các thông số cơ bản của mô hình đàn hồi tuyến tính: E : module đàn hồi của vật liệu (kN/m^2); ν : hệ số Poisson; γ_{unsat} : dung trọng tự nhiên (kN/m^3); γ_{sat} : dung trọng bão hoà (kN/m^3); $E_{o(ed)}$: mô đun biến dạng (kN/m^2).

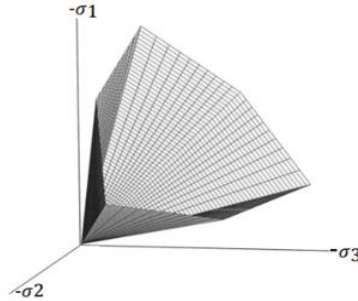
2.2.3.2. Mô hình Mohr - Coulomb (*Mohr - Coulomb Model*):

Mô hình Mohr - Coulomb trong Plaxis được dựa trên ý tưởng của quy luật cơ bản đàn - dẻo với mặt ngưỡng cố định không bị tác động bởi biến dạng dẻo và trạng thái

ứng suất của một điểm nằm trong mặt ngưỡng là đàn hồi thuần túy.

$$\underline{\sigma}' = D^e(\underline{\dot{\epsilon}} - \underline{\dot{\epsilon}}^p) \quad (2.18)$$

Trong đó φ, c góc ma sát trong và lực dính của đất tương ứng. Điều kiện $f_i = 0$ cho tất cả các hàm dẻo cùng đưa ra hình nón lục giác được thể hiện ở Hình 2.9.



Hình 2.9. Mô hình Mohr - Coulomb trong không gian ứng suất chính ($c = 0$)

(Nguồn: Manual Plaxis 3D v20)

Trong đó ψ là góc nở của đất, do đó 5 thông số bao gồm φ, c và ψ cho biến dạng dẻo và E, ν cho biến dạng đàn hồi là rất cần thiết cho mô hình Mohr- Coulomb.

2.2.3.3. Mô hình Hardening Soil (Hardening Soil Model):

Mô hình Hardening Soil mô phỏng hành vi đất bằng ba tham số độ cứng đầu vào: độ cứng tải ba trục, độ cứng không tải ba trục và độ cứng tải oedometer, thay vì chỉ sử dụng góc ma sát φ và lực dính c như mô hình Mohr-Coulomb. Đặc điểm của mô hình này là độ cứng của đất phụ thuộc vào ứng suất, với mô-đun độ cứng tăng theo áp lực.

2.2.3.4. Mô hình Soft Soil (Soft Soil Model):

Mô hình này được sử dụng để mô phỏng các tính chất cơ học của đất mềm, bao gồm đặc tính đàn hồi và đặc tính chảy trơn.

‘Các thông số chính của mô hình Soft Soil bao gồm: λ^* : chỉ số nén hiệu chỉnh [-]; K^* : chỉ số nén hiệu chỉnh [-]; C : lực dính hiệu dụng (kN/m^2); φ : Góc ma sát trong ($^\circ$); ψ : góc giãn nở ($^\circ$); E : Độ co giãn (kN/m^2); η : Độ nhớt (kNs/m^2); k : Độ cứng (kN/m^3); σ_t : Độ bền kéo (kN/m^2).

2.2.4. Các thông số cơ bản trong mô hình Plaxis 3D:

2.2.4.1. Loại vật liệu đất nền (Drained, Undrained, Non-porous)

Để mô phỏng chính xác sự tương tác giữa kết cấu hạt đất và nước trong đất, việc phân loại đất nền thành ba nhóm chính: thoát nước (Drained), không thoát nước (Undrained) và không thấm (Non-porous) là cực kỳ quan trọng. Phân loại này giúp xác định các đặc tính cơ học và ứng xử của đất nền trong các điều kiện thi công và tải trọng khác nhau.

2.2.4.2. Dung trọng bão hòa và dung trọng khô

Dung trọng không bão hòa đại diện cho dung trọng đơn vị của lớp đất nằm trên mực nước ngầm và dung trọng bão hòa là cho lớp đất nằm dưới mực nước ngầm.

2.2.4.3. Thông số độ cứng của đất nền

Dựa vào các thí nghiệm SPT, thí nghiệm CPT hoặc thí nghiệm nén ba trục không thoát nước để ước lượng mô-đun biến dạng của đất nền theo công thức tương quan.

2.2.4.4. Thông số sức kháng cắt của đất nền

Thông số sức chống cắt trong mô hình cũng được chia thành 2 dạng: thoát nước và không thoát nước, tùy theo mục đích và phương pháp phân tích. Các thông số sức chống cắt thoát nước được lấy từ thí nghiệm ba trục có kết thoát nước hay lấy từ các giá trị sức chống cắt hữu hiệu trong thí nghiệm ba trục có kết không thoát nước. Trong trường hợp không có thí nghiệm ba trục CU, CD có thể lấy từ thí nghiệm cắt trực tiếp, tuy nhiên độ tin cậy không cao.

2.3. Đánh giá độ tin cậy của kết quả tính SCT của cọc BTCT theo các phương pháp tính toán:

2.3.1. Tính toán bằng giải tích theo TCVN 10304:2014:

Phương pháp tính toán giải tích theo TCVN 10304:2014 mang lại nhiều lợi ích, bao gồm việc áp dụng các công thức và hệ số thiết kế được quy định rõ ràng trong tiêu chuẩn, giúp quy trình tính toán trở nên đơn giản và nhanh chóng. Điều này đảm bảo tính thống nhất và dễ dàng triển khai đối với các công trình xây dựng, đồng thời tuân thủ các quy định pháp lý và kỹ thuật hiện hành.

2.3.2. Kết quả thử tĩnh :

Kết quả từ thí nghiệm nén tĩnh cung cấp một cái nhìn chính xác và trực tiếp về khả năng chịu tải thực tế của cọc, bao gồm những ảnh hưởng từ các yếu tố địa chất, điều kiện thi công và các yếu tố tác động khác. Phương pháp này giúp phản ánh rõ ràng hơn hiệu suất làm việc của cọc trong môi trường thực tế, mang lại sự tin cậy cao hơn trong việc đánh giá khả năng chịu tải so với các phương pháp tính toán lý thuyết.

2.3.3. Mô phỏng phần mềm Plaxis 3D:

Plaxis 3D là công cụ phân tích hiện đại dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn, cho phép mô phỏng chính xác ứng xử của cọc dưới tác dụng tải trọng công trình. Phần mềm hỗ trợ mô hình hóa chi tiết tương tác đất – cọc, đồng thời tích hợp các yếu tố ảnh hưởng như điều kiện thi công, cấu trúc địa chất, mực nước ngầm và các biến thiên địa chất khác. Khả năng thiết lập nhanh nhiều kịch bản tính toán giúp kỹ sư linh hoạt phân tích, so sánh và lựa chọn phương án thiết kế tối ưu cho từng công trình cụ thể.

2.3.4. Các yếu tố ảnh hưởng:

- Điều kiện địa chất; đặc điểm hình học và vật liệu cọc; phương pháp và chất lượng thi công; tải trọng tác dụng; yếu tố môi trường: Ăn mòn hóa học, biến động mực nước ngầm hoặc tác động thủy lực có thể gây suy giảm khả năng làm việc và tuổi thọ của cọc theo thời gian.

2.4. Nhận xét chương 2:

Các phương pháp xác định SCT của cọc đơn trong nghiên cứu này bao gồm tính toán theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 10304:2014), phương pháp phần tử hữu hạn (mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 3D) và tính toán từ kết quả nén tĩnh cọc. Nội dung ở chương tiếp theo sẽ tính toán sức chịu tải của cọc theo các phương pháp kể trên tại các công trình cụ thể ở huyện Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long nhằm để tìm ra được mối quan hệ giữa sức chịu tải khi thí nghiệm nén tĩnh kiểm tra với giá trị sức chịu tải giới hạn của cọc theo các phương pháp còn lại.

CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC THEO KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM NÉN TĨNH CỌC CHO CÁC CÔNG TRÌNH TRONG KHU VỰC ĐỊA CHẤT HUYỆN TAM BÌNH, TỈNH VĨNH LONG

3.1. Giới thiệu địa chất công trình và thông số tính toán cho các công trình trên địa bàn huyện Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long:

3.1.1. Giới thiệu địa chất và các công trình trên địa bàn huyện Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long:

Địa chất tại khu vực huyện thường chia thành các lớp điển hình như sau:

- Lớp đất mặt: lớp đất sét pha, đất thịt hoặc bùn hữu cơ, thường có độ ẩm cao, độ sệt lớn và sức kháng thấp.
- Lớp đất yếu phía dưới: phổ biến là đất sét mềm đến rất mềm, bùn sét hoặc đất sét hữu cơ, có chỉ số xuyên tiêu chuẩn SPT rất thấp ($N_{SPT} < 10$), khả năng chịu tải kém và độ cố kết yếu. Lớp này có thể kéo dài từ 4m đến 15m tùy khu vực.
- Lớp đất tốt hơn ở độ sâu lớn hơn: thường là sét dẻo cứng, cát pha hoặc lớp đất bão hòa nước có độ chặt trung bình đến chặt. Đây là lớp được xem là tầng chịu tải chính cho móng cọc.

Các công trình trên địa bàn huyện Tam Bình được sử dụng để tính toán gồm: trường mầm non Sao Mai (xã Hòa Thạnh), trường Tiểu học Phú Thịnh A (xã Phú Thịnh), trường Tiểu học Mỹ Thạnh Trung (xã Mỹ Thạnh Trung), Trung tâm Thể thao Truyền hình huyện Tam Bình (Thị trấn Tam Bình). Các công trình phân bố trên địa bàn huyện với các địa điểm xây dựng khác nhau, quy mô công trình cấp III, thi công cọc BTCT đúc sẵn với kích thước 300×300mm, chiều dài cọc 32m. Thi công bằng phương pháp ép cọc và phương pháp thử tĩnh cọc được áp dụng để kiểm tra khả năng chịu tải của cọc.

3.1.2. Số liệu địa chất:

3.1.2.1. Trường Tiểu học Mỹ Thạnh Trung

- Điều kiện địa chất của công trình:
 - + Lớp 1: Bùn sét màu xám xanh, trạng thái chảy. Chiều dày 24m;
 - + Lớp 2: Đất sét pha, màu xám nâu, trạng thái dẻo chảy. Chiều dày 8m;
 - + Lớp 3: Đất sét màu xám nâu, trạng thái dẻo cứng. Chiều dày 2m;
 - + Lớp 4: Đất sét màu xám trắng, xám nâu, trạng thái nửa cứng. Chiều dày 6m.

3.1.2.2. Trường tiểu học Phú Thịnh A:

- Điều kiện địa chất của công trình:
 - + Lớp 1: Bùn sét chảy màu xám nâu, trạng thái chảy. Chiều dày 14m;
 - + Lớp 2: Đất sét pha chảy màu nâu trạng thái chảy. Chiều dày 12m;
 - + Lớp 3: Đất sét màu xám xanh đen, trạng thái chảy. Chiều dày 4m;
 - + Lớp 4: Đất sét màu nâu loang xám xanh, trạng thái dẻo mềm. Chiều dày 2m;
 - + Lớp 5: Đất sét kẹp sét pha màu xám nâu, trạng thái dẻo chảy. Chiều dày 2m;
 - + Lớp 6: Cát chặt vừa pha chảy màu xám nâu, xám xanh, trạng thái chặt vừa.

Chiều dày 6m.

3.1.2.3. Trường Mầm non Sao Mai

- Điều kiện địa chất của công trình:
 - + Lớp 1: Cát san lấp. Chiều dày 1m;
 - + Lớp 2: Đất sét màu xám xanh đen, xám nâu nhạt trạng thái dẻo chảy. Chiều

dày 18m;

- + Lớp 3: Đất sét màu xám nâu nhạt, trạng thái dẻo mềm. Chiều dày 2m;
- + Lớp 4: Đất sét màu xám nâu nhạt, trạng thái dẻo chảy. Chiều dày 19m.

3.1.2.4. Trung tâm Văn hóa - Thể thao huyện Tam Bình:

- Điều kiện địa chất của công trình:

- + Lớp 1: Đất cát, màu xám nâu nhạt, kết cấu rời rạc. Chiều dày 1m;
- + Lớp 2: Đất sét màu xám xanh đen, xám nâu nhạt trạng thái dẻo chảy. Chiều dày 33m;
- + Lớp 3: Đất sét pha màu xám xanh đen, trạng thái dẻo mềm. Chiều dày 2m;
- + Lớp 4: Đất cát màu xám xanh đen, kết cấu chặt - vừa chặt. Chiều dày 11,5m;
- + Lớp 5: Đất sét pha màu xám nâu, xám xanh, trạng thái dẻo cứng. Chiều dày 1,5m.

3.2. Kết quả tính toán SCT của cọc đơn:

3.2.1. Kết quả tính toán theo giải tích:

3.2.1.1. Công trình trường mầm non Sao Mai :

a. SCT của cọc theo vật liệu làm cọc :

$$\Rightarrow R_{vl} = 0,847 \times (1,3 \times 887,4 + 28,5 \times 12,06) = 1268,23 (kN)$$

b. SCT của cọc theo chỉ tiêu cơ lý của đất nền:

SCT trọng nén cực hạn của cọc tính theo công thức:

$$R_{ch,1} = \gamma_c (Q_f + Q_b) = \gamma_c (u \sum \gamma_{cf} l_i f_i + \gamma_{cq} q_b A_b)$$

$$R_{ch,1} = 1 \times (1,1 \times 1340 \times 0,09 + 1,2 \times 1860,8) = 2365,62 (kN)$$

c. SCT của cọc theo chỉ tiêu cường độ của đất nền:

$$R_{ch,2} = Q_p + Q_s = q_b A_b + u \sum f_i l_i$$

$$Q_b = q_b A_p = 1162,64 \times 0,09 = 108,638 (kN)$$

$$R_{ch,2} = Q_b + Q_f = q_b A_b + u \sum f_i l_i = 108,638 + 423,139 = 531,777 (kN)$$

d. SCT của cọc theo SPT:

SCTCH tính theo công thức của Viện Kiến trúc Nhật Bản:

$$R_{c,u} = q_b A_b + u \sum (f_{c,i} l_{c,i} + f_{s,i} l_{s,i}) (kN) = 804,44 (kN)$$

Từ các giá trị sức chịu tải đã tính toán ta chọn giá trị sức chịu tải nhỏ nhất để thiết kế và kiểm tra cho cọc:

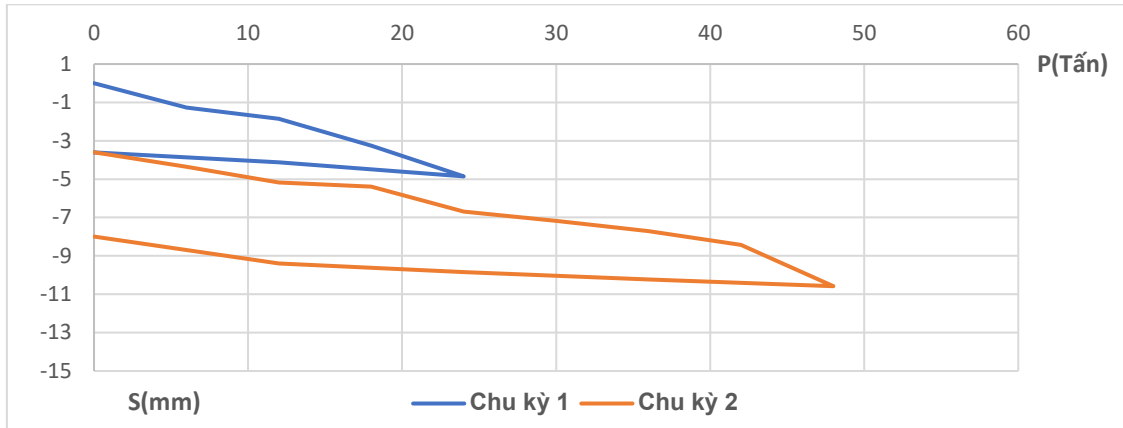
- SCT theo cường độ vật liệu: $R_{vl} = 1268,23 (kN)$
- SCT theo chỉ tiêu cơ lý: $R_{ch,1} = 2365,62 (kN)$
- SCT theo chỉ tiêu cường độ: $R_{ch,2} = 531,777 (kN)$
- SCT theo kết quả xuyên tiêu chuẩn: $R_{cu}^{SPT} = 804,44 (kN)$

$$R_{c,k} = R_{c,u_{\min}} = \min(R_{vl}; R_{ch,1}; R_{ch,2}; R_{c,u}^{SPT}) = 531,777 (kN)$$

e. Xác định SCT của cọc theo kết quả nén tĩnh cọc:

- Cọc thử tĩnh có tải trọng thí nghiệm lớn nhất là $P_{max} = 48,0T$, ứng với tải trọng P_{max} có độ lún của cọc là 10,58mm nhỏ hơn $S = 30mm$.

→ SCT trọng nén của tim cọc thử tĩnh: $R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_k} = \frac{48}{1,6} = 30(T)$



Hình 3.1. Biểu đồ quan hệ tải trọng – độ lún công trình trường mầm non Sao Mai

3.2.1.2. Công trình trường tiểu học Phú Thịnh A:

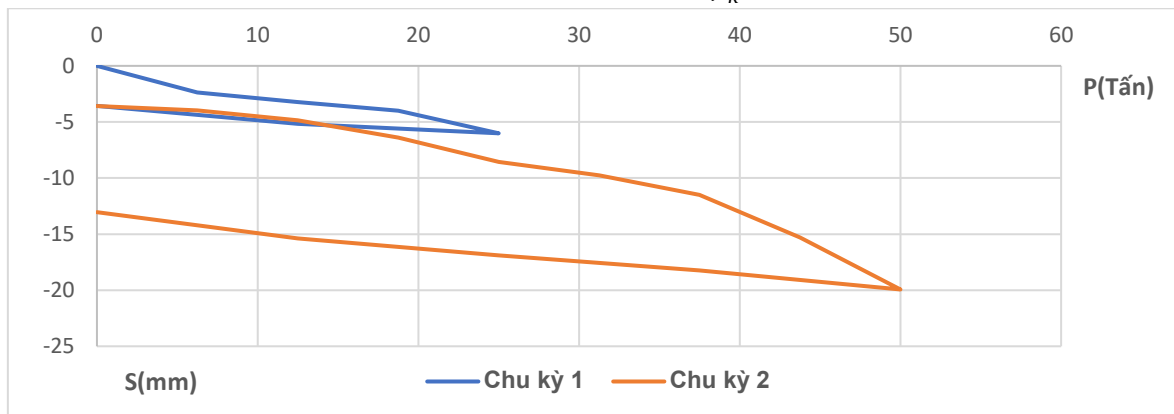
Các kết quả tính toán được:

- SCT theo cường độ vật liệu: $R_{vl} = 1268,23(kN)$
- SCT theo chỉ tiêu cơ lý: $R_{ch,1} = 1913,46(kN)$
- SCT theo chỉ tiêu cường độ: $R_{ch,2} = 532,365(kN)$
- SCT theo kết quả xuyên tiêu chuẩn: $R_{cu}^{spt} = 564,414(kN)$

$$R_{c,k} = R_{c,u_{min}} = \min(R_{vl}; R_{ch,1}; R_{ch,2}; R_{c,u}^{spt}) = 532,365(kN)$$

- SCT của cọc theo kết quả nén tĩnh cọc:

→ SCT trọng nén của tim cọc thử tĩnh: $R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_k} = \frac{50}{1,6} = 31,25(T)$



Hình 3.2. Biểu đồ quan hệ tải trọng – chuyển vị công trình trường tiểu học Phú Thịnh A.

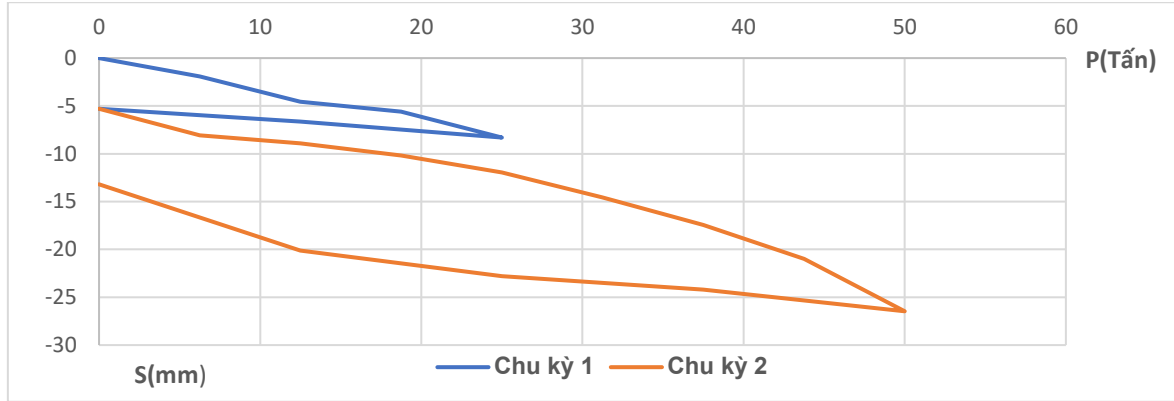
3.2.1.3. Công trình trường tiểu học Mỹ Thạnh Trung:

- SCT theo cường độ vật liệu: $R_{vl} = 1268,23(kN)$
- SCT theo chỉ tiêu cơ lý: $R_{ch,1} = 3428,12(kN)$
- SCT theo chỉ tiêu cường độ: $R_{ch,2} = 840,23(kN)$
- SCT theo kết quả xuyên tiêu chuẩn: $R_{cu}^{spt} = 857,745(kN)$

$$R_{c,k} = R_{c,u_{\min}} = \min(R_{vl}; R_{ch,1}; R_{ch,2}; R_{c,u}^{SPT}) = 840,23(kN)$$

+ Cọc thử tĩnh có tải trọng thí nghiệm lớn nhất là $P_{max} = 54,0T$, ứng với tải trọng P_{max} có độ lún của cọc là 26,46mm nhỏ hơn $S = 30mm$.

$$\rightarrow \text{SCT trọng nén của tim cọc thử tĩnh: } R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_k} = \frac{54}{1,6} = 33,75(T)$$



Hình 3.3. Biểu đồ quan hệ tải trọng – độ lún công trình Trường tiểu học Mỹ Thạnh Trung

3.2.1.4. Công trình trung tâm Văn hóa – Thể thao huyện Tam Bình:

- SCT theo cường độ vật liệu: $R_{vl} = 1268,23(kN)$

- SCT theo chỉ tiêu cơ lý: $R_{ch,1} = 5602,26(kN)$

- SCT theo chỉ tiêu cường độ: $R_{ch,2} = 633,503(kN)$

- SCT theo kết quả xuyên tiêu chuẩn: $R_{c,u}^{spt} = 851,123(kN)$

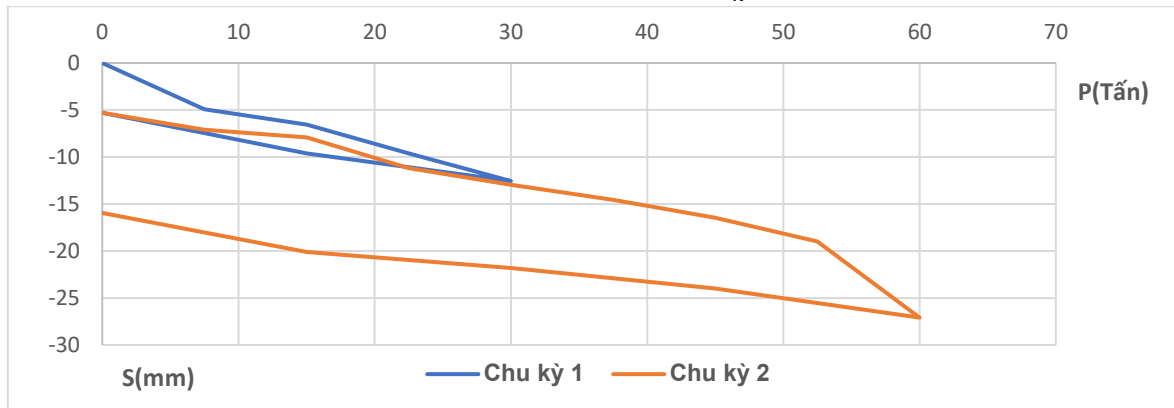
$$R_{c,k} = R_{c,u_{\min}} = \min(R_{vl}; R_{ch,1}; R_{ch,2}; R_{c,u}^{SPT}) = 833,5(kN)$$

- SCT của cọc theo kết quả nén tĩnh cọc:

+ Tải trọng thiết kế $P_{tk} = 30T$

+ Cọc thử tĩnh có tải trọng thí nghiệm lớn nhất là $P_{max} = 60,0T$, ứng với tải trọng P_{max} có độ lún của cọc là 27,08mm nhỏ hơn $S = 30mm$.

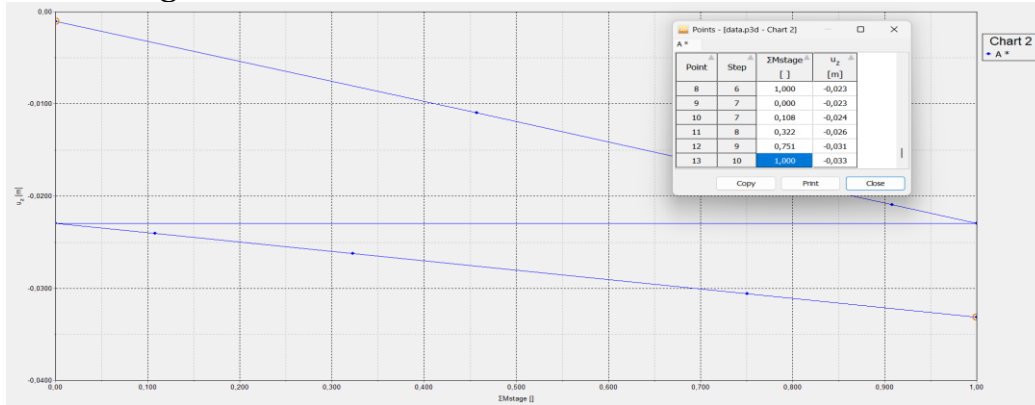
$$\rightarrow \text{SCT trọng nén của tim cọc thử tĩnh: } R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_k} = \frac{60}{1,6} = 37,5(T)$$



Hình 3.4. Biểu đồ quan hệ tải trọng – độ lún công trình Trung tâm VH-TT huyện Tam Bình.

3.2.2. Kết quả tính toán theo Plaxis 3D:

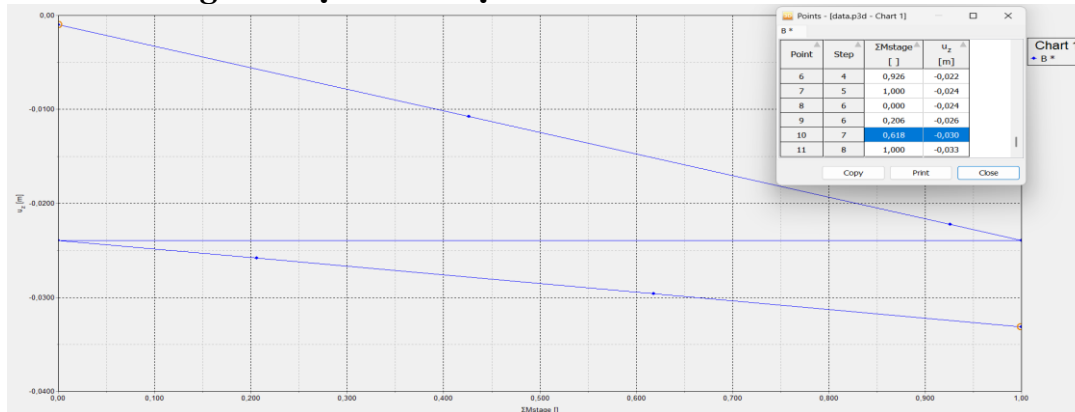
3.2.2.1. Trường mầm non Sao Mai:



Hình 3.6. Biểu đồ quan hệ giữa chuyển vị và hệ số ΣM_{Stage} (Trường Mầm Non Sao Mai)

Từ biểu đồ Hình 3.6, ta có thể xác định giá trị sức chịu tải cực hạn tại chuyển vị (độ lún) = 10% D = 30 mm là $P_{gh} = 645$ kN.

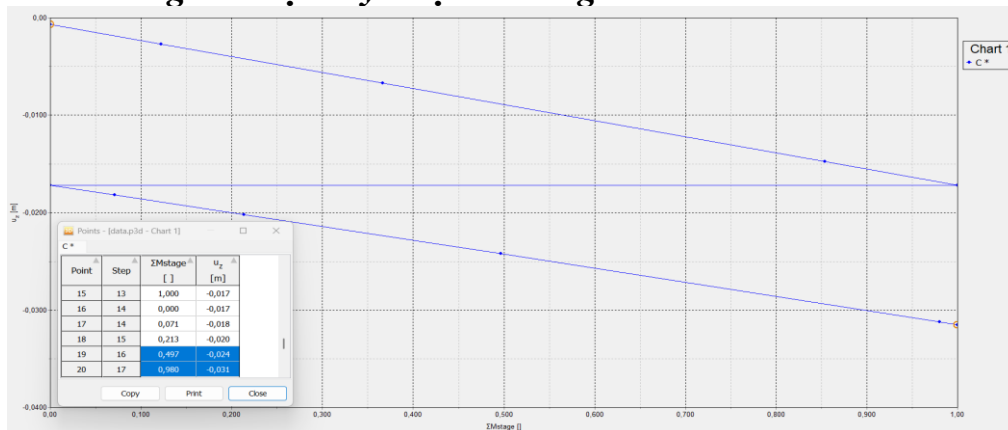
3.2.2.2. Trường tiểu học Phú Thịnh A:



Hình 3.7. Biểu đồ quan hệ giữa chuyển vị và hệ số ΣM_{Stage} (Trường Tiểu học Phú Thịnh A)

Từ biểu đồ Hình 3.7, ta có thể xác định giá trị sức chịu tải cực hạn tại chuyển vị (độ lún) = 10% D = 30 mm là $P_{gh} = 624$ kN.

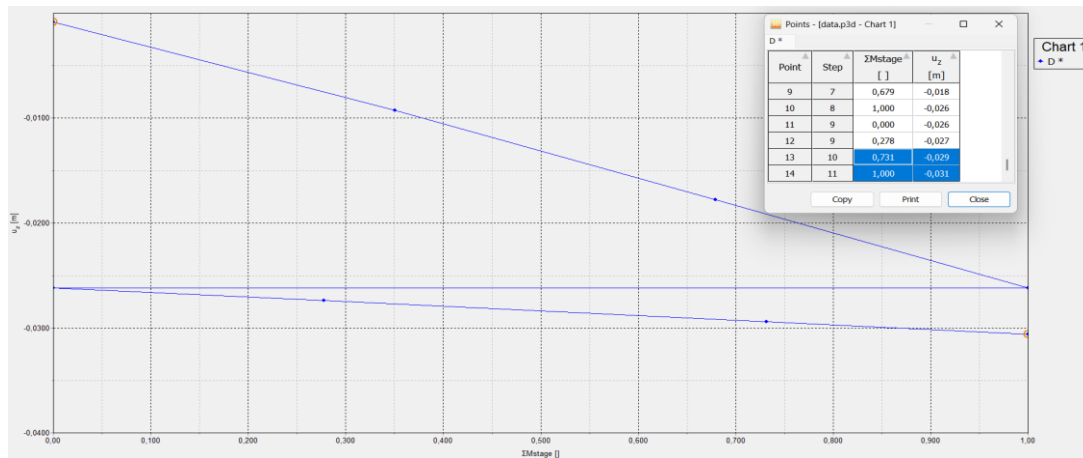
3.2.2.3. Trường tiểu học Mỹ Thạnh Trung:



Hình 3.8. Biểu đồ quan hệ giữa chuyển vị và hệ số ΣM_{Stage} (Trường Tiểu học Mỹ Thạnh Trung)

Từ biểu đồ Hình 3.8, ta có thể xác định giá trị sức chịu tải cực hạn tại chuyển vị (độ lún) = 10% D = 30 mm là $P_{gh} = 959$ kN.

3.2.2.4. Trung tâm Văn hóa – Thể thao huyện Tam Bình:

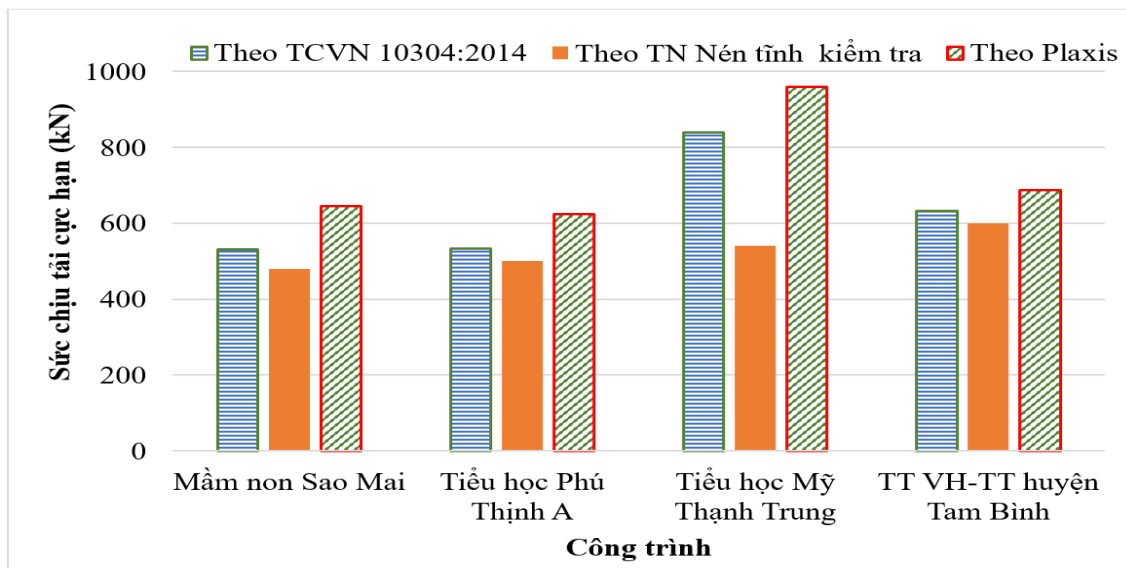


Hình 3.9. Biểu đồ quan hệ giữa chuyển vị và hệ số ΣM_{stage}
(Trung tâm VH-TT huyện Tam Bình)

Từ biểu đồ Hình 3.9, ta có thể xác định giá trị sức chịu tải cực hạn tại chuyển vị (độ lún) = 10% D = 30 mm là $P_{gh} = 687$ kN.

Bảng 3.19. Tổng hợp giá trị sức chịu tải của cọc đơn theo các phương pháp ở bốn công trình

Công trình	Sức chịu tải cực hạn (kN)			Hệ số điều chỉnh		
	Theo TCVN 10304:2014	Theo TN Nén tĩnh kiểm tra	Theo Plaxis	Plaxis/Nén tĩnh	TCVN 10304 /Nén tĩnh	Plaxis/TCVN10304
Mầm non Sao Mai	531,7	480	645	1,34	1,1	1,21
Tiểu học Phú Thịnh A	532,4	500	624	1,25	1,06	1,25
Tiểu học Mỹ Thạnh Trung	840,2	540	959	1,78	1,56	1,14
TT VH-TT huyện Tam Bình	633,5	600	687	1,15	1,05	1,08



Hình 3.10. Giá trị sức chịu tải của cọc đơn theo các phương pháp ở bốn công trình

3.3. Nhận xét chương 3

Dựa trên kết quả phân tích SCT của cọc tại 4 công trình điển hình trên địa bàn huyện Tam Bình thông qua: phương pháp giải tích, phương pháp PTHH (mô hình Plaxis 3D) và thí nghiệm nén tĩnh tại hiện trường, có thể rút ra các đề xuất ứng dụng và định hướng nghiên cứu như sau:

Phương pháp giải tích theo TCVN 10304:2014, cho giá trị sức chịu tải cực hạn đều cao hơn phương pháp thí nghiệm nén tĩnh cọc hiện trường.

Phương pháp mô phỏng (phần mềm Plaxis 3D): Các giá trị SCT tính toán dựa theo biểu đồ quan hệ tải trọng – chuyển vị (từ Hình 3.6 đến Hình 3.9), cho giá trị sức chịu tải cực hạn được xác định theo phương pháp chuyển vị 10%D, đều lớn hơn rõ rệt so với hai phương pháp còn lại. Đây là kết quả phù hợp với đặc trưng của phương pháp này, khi việc mô phỏng thí nghiệm nén tĩnh cọc được thực hiện đến cấp tải đạt yêu cầu để xác định giá trị sức chịu tải cực hạn theo TCVN 9393:2012.

Cần phải khẳng định rằng, thí nghiệm nén tĩnh cọc tại hiện trường là một trong những phương pháp phản ánh chính xác nhất điều kiện làm việc thực tế của cọc trong điều kiện nền đất công trình. Kết quả thu được từ các thí nghiệm cho thấy giá trị sức chịu tải cọc là nhỏ nhất so với hai phương pháp còn lại. Điều này có thể giải thích rằng, khi thực hiện nén tĩnh, cấp tải trọng lớn nhất chỉ dừng lại ở mức tải trọng nén kiểm tra mà chưa nén đến giá trị cực hạn (phá hoại cọc).

Thông qua các số liệu được trình bày ở Bảng 3.19, ta có thể thấy rằng:

- Giá trị sức chịu tải được xác định theo các phương pháp ở cả 4 công trình đều tăng theo quy luật địa chất đất nền từ yếu đến trung bình (Trường Mầm non Sao mai, Trường Tiểu học Phú Thịnh A và Trung tâm VH-TT huyện Tam Bình) và địa chất tốt (công trình Trường tiểu học Mỹ Thạnh Trung).

- Hệ số điều chỉnh giữa phương pháp giải tích theo TCVN10304:2014 và phương pháp nén tĩnh cọc ở 3 công trình Trường Mầm non Sao mai, Trường Tiểu học Phú Thịnh A và Trung tâm VH-TT huyện Tam Bình gần bằng nhau lần lượt là: 1,1; 1,06 và 1,05. Điều này hoàn toàn đúng do địa chất ở cả 3 khu vực này tương đồng nhau, toàn bộ chiều dài cọc nằm trong lớp đất sét yếu trạng thái dẻo chảy đến

dẻo mềm. Riêng ở công trình Trường tiểu học Mỹ Thạnh Trung cho giá trị cao hơn: 1,56, là do mũi cọc ở độ sâu -32 m, vừa cắm vào lớp đất tốt là lớp sét dẻo cứng và nửa cứng, nhưng thiết kế lại giả định theo khu vực và lựa chọn giá trị tải trọng nén tương tự như các ba khu vực địa chất còn lại, dẫn đến hệ số điều chỉnh vượt hơn 150%.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận:

Thông qua các giá trị SCT cực hạn xác định bằng thí nghiệm nén tĩnh cọc ở cả bốn công trình thuộc khu vực địa chất huyện Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long đều cho thấy rằng độ lún của cọc chưa đạt đến giới hạn 10%D. Do đó, các giá trị sức chịu tải của cọc chính là giá trị sức chịu tải kiểm tra mà chưa phản ánh chính xác SCT cực hạn của cọc. Điều này dẫn đến việc lựa chọn tiết diện, chiều dài cọc chưa được kinh tế. Nội dung đề án đã tính toán giá trị SCT cọc theo các phương pháp: giải tích, thử tĩnh và mô phỏng bằng phần mềm Plaxis và rút ra một số kết luận như sau:

- Kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc thông thường lựa chọn tải trọng nén lớn nhất bằng 2 lần giá trị sức chịu tải thiết kế ($P_{\max} = 2P_{tk}$). Nên nếu chuyển vị cọc không đạt được theo quy định trong TCVN 9393:2012 thì giá trị này là giá trị SCT kiểm tra, không phải giá trị SCT cực hạn của cọc.

- Trường hợp không có thí nghiệm nén tĩnh kiểm tra, đề xuất sử dụng hệ số hiệu chỉnh: $TCVN\ 10304 / \text{Nén tĩnh} = (1,05 \div 1,56)$ tùy thuộc vào địa chất từ sét yếu đến sét dẻo cứng kết hợp với mô phỏng Plaxis để nâng cao độ tin cậy.

- Phương pháp mô phỏng (phần mềm Plaxis 3D): Các giá trị SCT tính toán dựa theo biểu đồ quan hệ tải trọng – chuyển vị cho giá trị sức chịu tải cực hạn được xác định theo phương pháp chuyển vị 10%D, đều lớn hơn rõ rệt so với hai phương pháp còn lại. Đây là kết quả phù hợp với đặc trưng của phương pháp này, khi việc mô phỏng thí nghiệm nén tĩnh cọc được thực hiện đến cấp tải đạt yêu cầu để xác định giá trị sức chịu tải cực hạn theo TCVN 9393:2012.

2. Kiến nghị:

Hướng tới xây dựng cơ sở dữ liệu địa phương về SCT cọc: Khuyến nghị thành lập cơ sở dữ liệu địa chất – móng cọc đặc thù cho huyện Tam Bình, tập hợp các kết quả thí nghiệm nén tĩnh, mô phỏng Plaxis và thiết kế đã thi công.

Đề xuất định hướng xác định SCT theo các bước:

- Bước 1: Tính toán sơ bộ bằng công thức giải tích theo tiêu chuẩn hiện hành.
- Bước 2: Mô phỏng số bằng phần mềm Plaxis 3D với tham số địa chất địa phương để dự báo ứng xử nền–móng.
- Bước 3: Thực hiện thí nghiệm nén tĩnh cọc với tải trọng nén tối đa căn cứ vào giá trị sức chịu tải được xác định ở Bước 1 và 2.
- Bước 4: So sánh kết quả giữa các phương pháp để lựa chọn giá trị thiết kế tối ưu.

Trường hợp không có thí nghiệm nén tĩnh, đề xuất sử dụng hệ số hiệu chỉnh: $TCVN\ 10304 / \text{Nén tĩnh} = (1,05 \div 1,56)$ kết hợp với mô phỏng Plaxis để nâng cao độ tin cậy.

- Hoàn thiện thí nghiệm nén tĩnh đến giới hạn lún tiêu chuẩn: Để xác định chính xác SCTCH theo TCVN 10304:2014, cần phải mở rộng phạm vi thí nghiệm nén tĩnh đến độ lún bằng 10% cạnh cọc. Việc chưa đạt ngưỡng này trong các thí nghiệm hiện tại đã khiến các kết quả đánh giá SCT thực tế có nguy cơ bị bảo thủ, làm hạn chế khả năng tận dụng tối đa khả năng chịu tải của cọc.

