

# PHÂN TÍCH QUÁ TRÌNH THIẾT KẾ THÍ NGHIỆM MÓNG THÁP BURJ DUBAI

(TIẾP THEO VÀ HẾT)

Nguyễn Bảo Huân

## 1. Đặt vấn đề

Mục tiêu của Burj Dubai Tower không đơn giản chỉ là tòa nhà cao nhất thế giới, mà là thể hiện những khát vọng hiện thân khoa học kỹ thuật cao nhất thế giới. Kiến trúc thượng tầng hiện đã xây dựng xong, công trình đang đưa vào khai thác. Chiều cao cuối cùng của tòa nhà cũng đã lộ diện không còn là một "bí mật, thách thức" cho thế giới chạy đua nhà siêu cao. Tòa tháp Burj Dubai vượt qua các kỷ lục nhà chọc trời như chiều cao của tháp Đài Bắc 101 tầng cao 509m (1.671ft), Diện tích tháp 279.000 m<sup>2</sup> (3.000.000 ft<sup>2</sup>) đã sử dụng khối lượng thép 3.400 tấn, bê tông 260.000m<sup>3</sup> (Bê tông cho Tháp 145.000m<sup>3</sup> + cho nhà quây 115.000m<sup>3</sup>) với công nghệ bơm hiện đại lên chiều cao 800m kỷ lục chưa từng thấy.

Với tất cả các dự án siêu cao, khó khăn lớn nhất cho kiến trúc - kết cấu là tìm ra hình dáng ngôi nhà làm giảm tối đa áp lực thiên nhiên (gió, động đất) và vấn đề khó khăn cần giải quyết là địa tầng vùng vịnh nhiều lớp phức tạp nằm trong vành đai địa chấn đang hoạt động.

## 2. Ứng suất quan hệ tải trọng - độ lún

Bảng 3 tóm tắt giá trị độ lún và độ cứng đầu cọc thí nghiệm đo được ở tải trọng làm việc và ở tải trọng tối đa (độ cứng = tải trọng / độ lún). Người ta quan sát được những vấn đề như sau:

- Độ cứng đo được tăng đáng kể tương đối lớn so với độ cứng cọc thiết kế dự báo,
- Đúng như kỳ vọng thiết kế cọc có đường kính lớn hơn thì độ cứng lớn hơn.

đáy cọc có phun vữa (TP3 và TP5) thì độ cứng lớn hơn độ cứng cọc không phun vữa

## 3. Ma sát thành cọc giới hạn

Từ các số liệu đo biến dạng bằng cảm biến điện tử bố trí dọc trên thân thử nghiệm, người ta đánh giá được sự phân phối ma sát thành dọc theo thân cọc. Hình 6 tóm tắt các khoảng ma sát thành đo được từ các thiết bị đo cảm biến điện tử, cùng với các giá trị ma sát thành giả thuyết để thiết kế ban đầu. Sau khi cả kết quả thí nghiệm sơ bộ người ta đã đưa ra các khuyến nghị sau

đây để chỉnh sửa lại giá trị ma sát thành.

- Khi tải thử truyền xuống tới cao trình RL-30m DMD thì giá trị ma sát thành đạt tới giá trị giới hạn, nghĩa là ma sát thành đã huy động hoàn toàn.

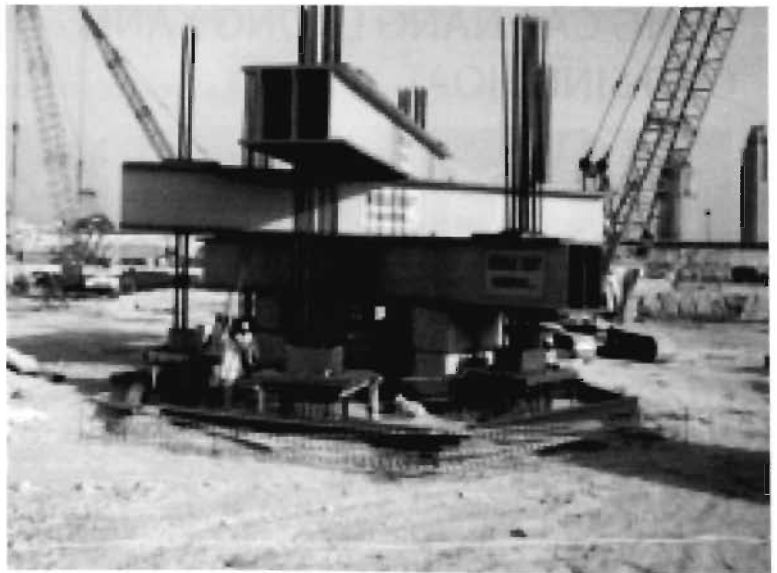
- Khi tải trong thí nghiệm truyền xuống dưới cao trình RL-30m DMD dường như giá trị ma sát thành huy động không hoàn toàn, và do đó đánh giá là nhỏ hơn giá trị giới hạn. Các giả thuyết đầu tiên dường như khá dè dặt với cột địa tầng trên.

Việc phụt vữa áp lực cao dọc thân cọc có lẽ làm tăng ma sát dọc theo thân cọc. Bởi vì tại phần địa tầng sâu hơn dường như không huy động được ma sát hoàn toàn, nên để nghị rằng các giá trị ban đầu (được gọi là "ma sát đơn vị tới hạn lý thuyết") được sử dụng đối với các địa tầng dưới sâu hơn. Người ta cũng đề nghị rằng các giá trị "lý thuyết" được sử dụng tại các lớp bê mặt (địa tầng số 2 và 3a) vì sự hiện diện ống vách tạm (casing) trong cọc thử

thí nghiệm có thể làm cho ma sát quá thấp. Đối với địa tầng số 3b, 3c và 4, giá trị ma sát thành quan trắc được sử dụng để thiết kế cọc công trình.

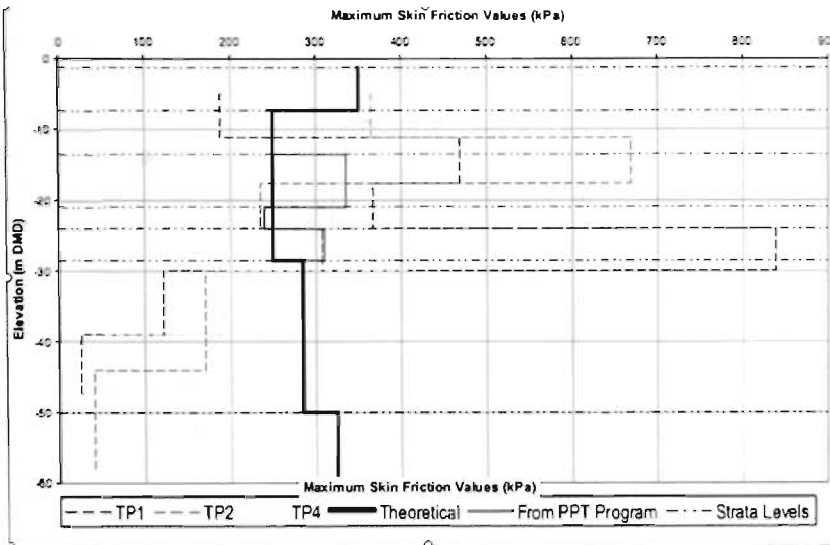
## 4. Ảnh hưởng từ các cọc phản lực

Dựa trên số liệu quan trắc sơ bộ tại điểm của Tháp Emirates gần công trường (Poulos & Davids, 2005), người ta rút kinh nghiệm để xử lý địa tầng đá mềm tại công trường Dubai và hy vọng rằng độ cứng đầu cọc của Tháp Burj sẽ nhỏ hơn một khoảng nào đó so với độ cứng đầu cọc của tháp Emirates. Tăng cường khả năng chịu tải ma sát của cọc trong Dự án này là có thể, ít nhất là trong một phần nào đó, bằng cách sử dụng dung dịch khoan polymer chống sập lở đất thành lỗ cọc đại trà. Tuy nhiên, một nguyên nhân nào đó ít nhất cũng có thể làm cho độ cứng đầu cọc lớn có liên quan đến các ảnh hưởng tương tác của các cọc neo phản lực. Khi chất tải nén lên cọc thử nghiệm, sẽ

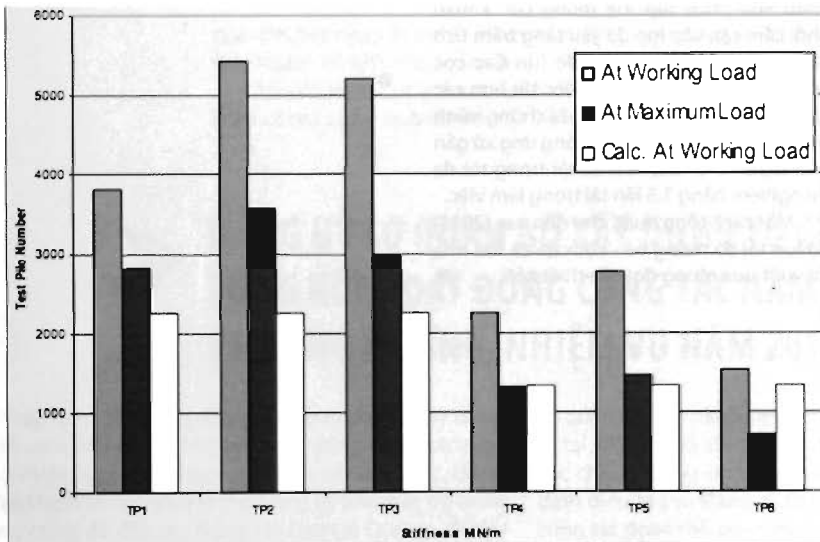


Hình 5 Các cọc neo đối tượng giữ tải Thử nghiệm (2.29\* tải làm việc 3000t ~ max 6400 tấn)

Ghi chú: Cọc neo phản lực (reaction pile): là cọc đơn tự do có thể tạo ra các phản lực cần thiết để tiến hành neo giữ tải trọng nén tĩnh thử nghiệm cọc. Cọc neo phản lực có thể chịu cả lực nén dọc trục hoặc lực kéo dọc trục trong suốt quá trình thí nghiệm cọc.



Hình 6. Các giá trị ma sát từ tính toán và từ đo đạc hiện trường



Hình 7. Độ lún theo tính toán và độ lún đo đạc của móng cánh tường vùng C

phát sinh lực kéo và lực đẩy trôi đất tại các cọc neo phân lực, dẫn đến kỳ vọng giảm độ lún của cọc thử nghiệm. Do đó, hiện tượng độ cứng đầu của cọc thử nghiệm cao hơn có lẽ sẽ không phản ánh độ cứng thực của cọc nằm dưới hệ kết cấu móng bê. Tính chất cơ học của những tương tác này đã được Poulos phân tích (2000).

### 5. Đánh giá độ cứng đầu cọc dọc trục

Người ta đã đưa ra những dự đoán quan hệ tải trọng - độ lún khi dự kiến thi công cọc thí nghiệm sơ bộ cọc thử tại "Vùng A" Tư vấn thiết kế Dự án (SOM) sử dụng chương trình PTHH ABAQUS, trong khi đơn vị thẩm tra độc lập (Hyder Anh, Australia) sử dụng chương trình phần mềm PIES (Poulos, 1989). Cả hai (thiết kế và thẩm tra) đều bỏ qua hiệu ứng độ lún tương tác cọc phân lực và cọc thử nghiệm. Cả hai đường cong quan

hệ tải trọng - độ lún dự đoán quan hệ tải trọng - biến dạng theo đường cong trơn hơn so với đường cong của Tư vấn thẩm tra độc lập. Quan hệ ứng xử tải trọng - độ lún cho thấy rằng, độ cứng dọc trục đo được tại đầu cọc là tương đối cứng hơn so với các độ cứng dự đoán. Điều này được thể hiện trên hình 6, trong đó các kết quả đo được độ cứng tại mức tải trọng làm việc so sánh với giá trị dự đoán. Như đã đề cập ở trên, những độ cứng đo được cao hơn, ít nhất do ảnh hưởng một phần nào đó của cọc neo phân lực bên cạnh (Hình 5). Một phân tích ảnh hưởng những cọc neo phân lực này lên độ lún của cọc TP1 cho thấy sự có mặt của các cọc neo phân lực đã làm giảm độ lún khoảng 30% tại giá trị tải trọng làm việc 30MN. Nói một cách khác, độ cứng thực của cọc có thể chỉ vào khoảng 70% giá trị đo được từ thí nghiệm tải trọng nén tĩnh cọc.

Kết quả này làm giảm độ cứng đến một giá trị nào đó phù hợp hơn với giá trị độ cứng kinh nghiệm trong các dự án Tháp Emirates với các cọc mà phân lực được tạo ra bởi một loạt các neo dốc nghiêng có thể có mức độ tương tác rất nhỏ với cọc thí nghiệm.

### 6. Các ảnh hưởng tải trọng tuần hoàn

Trong tất cả các thí nghiệm tải trọng nén dọc trục, áp dụng cho cọc số lượng chu kỳ tải trọng tương đối nhỏ sau khi đạt đến tải trọng làm việc. Bảng 4 tóm tắt các kết quả thí nghiệm suy ra từ các dữ liệu quan hệ tải trọng - độ lún. Độ lún sau khi chất tải tuần hoàn có liên quan đến: độ lún trong vòng chất tải đầu tiên, và cả độ lún tại mức chất tải tối đa trong quy trình tuần hoàn. Có thể thấy rằng, có một sự tích lũy độ lún dưới tác động của việc chất tải tuần hoàn, nhưng sự tích lũy này khá khiêm tốn, các giá trị ứng suất thực và ứng suất tuần hoàn ở cao trình tương đối cao tương tác lên cọc (trong tất cả các trường hợp, tải trọng tối đa đạt được là 1.5 lần tải trọng làm việc). Các kết quả này khá đồng nhất với những dự đoán đưa ra khi thiết kế cho rằng các hiệu ứng chất tải tuần hoàn lên cọc móng công trình này có vẻ không quá lớn.

### Thí nghiệm kiểm tra cọc công trình

Tổng cộng thí nghiệm kiểm tra tám cọc công trình bao gồm hai cọc đường kính 1.5m và sáu cọc đường kính 0.9m. Tất cả các cọc thí nghiệm nén dọc trục, thời gian bắt đầu thí nghiệm mỗi cọc công trình sau gần 4 tuần đổ bê tông đúc cọc. Tải trọng thí nghiệm tối đa bằng 1.5 lần tải trọng làm việc. Từ quan sát đưa ra nhận xét sau đây:

- Độ cứng đầu cọc công trình nói chung lớn hơn so với độ cứng cọc thử nghiệm sơ bộ.
- Trên thực tế không có cọc nào trong số các cọc công trình đạt đến giới hạn phá hoại.

Ứng xử tải trọng - độ lún thí nghiệm tải trọng lên tới 1.5 lần tải trọng làm việc về mặt bản chất là tuyến tính. Theo như chứng minh giữa độ cứng tại tải trọng làm việc và mức tải thí nghiệm 1.5 lần tải trọng làm việc thì mức chênh độ cứng tương đối nhỏ. Ngược lại, trong các cọc thử nghiệm sơ bộ thì giữa hai giá trị độ cứng này lại chênh tương đối lớn hơn khá nhiều. Ít nhất có thể đưa ra 3 giải thích hợp lý cho độ cứng lớn hơn và cải thiện quan hệ tải - độ lún của cọc thí nghiệm như sau:

1/ Đối với các cọc công trình cao trình đáy ống vách (casing) là cao hơn so với cọc thử nghiệm sơ bộ (3.5-3.6m), vì vậy dẫn đến ma sát lớn hơn tại phần trên cao dọc thân cọc.

2/ Thời gian chờ đợi để thí nghiệm cọc công trình sau khi hoàn thành đổ bê tông là dài hơn (chúng 4 tuần) so với cọc thí nghiệm sơ bộ (chỉ là 3 tuần).

3/ Hiện tượng biến đổi độ bền theo thời

Bảng 4. Chuyển dịch tích lũy đối với tải tuần hoàn

Ký hiệu cọc thí nghiệm	Tải trọng chính/Pw	Tải tuần hoàn /Pw	Số lượng chu kỳ N	SN/S1
TP1	1.0	±0.5	6	1.12
TP2	1.0	±0.5	6	1.25
TP3	1.0	±0.5	6	1.25
TP4	1.25	±0.25	9	1.25
TP5	1.25	±0.25	6	1.3
TP6	1.0	±0.5	6	1.1

Ghi chú bảng 4. (Pw= tải làm việc, SN = độ lún sau chu kỳ thứ N, S1= độ lún sau chu kỳ 1)

gian trong đất, quan hệ tải trọng - độ lún.

Chất tải tuần hoàn được thực hiện trên hai cọc công trình và người ta quan sát thấy có giá trị thực độ lún tích lũy phát sinh tương đối nhỏ do việc chất tải tuần hoàn, và chắc chắn nhỏ hơn so với những quan sát cọc TP1 hoặc các cọc thử khác (Bảng 4). Giá trị độ lún tích lũy thực tế nhỏ hơn có thể có được do đặt các thiết bị đo và chu kỳ chất tải lên các cọc công trình ở các vị trí thấp hơn (được coi là đại diện chính xác hơn cho các điều kiện thiết kế) và cũng là để các cọc công trình được kỳ vọng là có khả năng chịu tải lớn hơn. Vì vậy, kết quả của những thử nghiệm này đã khẳng định rõ hơn các dấu hiệu trước đó cho rằng sự giảm tuần hoàn của sức chịu tải và độ cứng tại bề mặt cọc - đất dường như không đáng kể.

#### Lún móng thời kỳ xây dựng

Giám sát lún móng bê Tháp được Cty Hyder tiến hành ngay sau khi hoàn thành đổ bê tông móng bê cọc. Điều kiện ứng suất trong bê cọc được xác định cùng với độ chuyển vị theo 3 phương tại đỉnh cọc và đáy cọc. Hơn nữa, 3 hộp đo áp lực đặt tại đáy móng bê và các cảm biến (strain gages) đặt tại 5 cọc để xác định tải trọng phân bố ở đoạn giữa cọc và dưới nó.

Một bản thống kê số liệu quan trắc độ lún đến ngày 18 tháng 3 năm 2007 cũng cho thấy là đánh giá độ lún của thiết kế là đường vòng cuối cùng trên Hình 7. Người ta đánh giá đến ngày này đã có khoảng 75% tĩnh tải công trình tác động lên hệ móng. Cần lưu ý bê tông lót đệm và của hoạt tải mà tổng tải vượt quá giới hạn 20% khối lượng tổng thể. Điều này có thể nhận thấy rằng độ lún đo được thấp hơn đáng kể so với những dự báo trong suốt quá trình thiết kế, mặc dù vẫn còn một số lượng tĩnh tải và hoạt tải chưa tác động đầy đủ lên hệ móng.

#### Kết luận

Những phân tích khác nhau cho móng Tòa tháp cũng đem lại các kết quả độ lún tiệm cận trong khoảng từ 45 mm đến 62 mm được xem là phạm vi có thể chấp nhận được. Cả hai chương trình thử nghiệm đều cho kết quả đáng khích lệ về sức chịu tải và

độ cứng của cọc: Giá trị đo độ cứng đầu cọc vượt quá những giá trị dự đoán và những kinh nghiệm từ tháp Emairates bên cạnh.

Bài báo đã mô tả quá trình thăm tra độ lún lập cho hệ móng Tháp Burj Dubai. Điều kiện địa tầng phân nhiều lớp theo chiều ngang dưới mặt nền tương ứng chiều sâu khác nhau khá phức tạp. Hệ móng cọc khoan nhồi cắm sâu vào lớp đá yếu tầng trầm tích được điều chỉnh dựa vào độ lún. Các cọc công trình dường như làm việc tốt hơn các cọc thử nghiệm ban đầu, và đã chứng minh quan hệ tải trọng - độ lún móng ứng xử gần như tuyến tính cho tới khi tải trọng tối đa thí nghiệm bằng 1.5 lần tải trọng làm việc.

Một cách tổng quát, cho đến nay (2011) độ lún tối đa móng bê - cọc của cả Tòa nhà đã vượt quá mong đợi của thiết kế. ■

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Harry G. Poulos- Graham Bunce: Foundation Design for the Burj Dubai the word→s tallest building
2. Sumsung co-operation- Basix- Arabtec :The burj Tower under constructing the word→s highest Tower
3. william F. Baku – D. Stanton Korista-Lowrence C. Novak: Som => engineering the word→s tallest
4. Admad Abdelrazaq- S.E. , Kyung Kim – and Jae Ho Kim: Brief on the construction Planning of the Burj Dubai Project, Dubai, UAE. nguồn CTBUH 8th word Congress, Dubai, 3-5/ March/ 2008