

Phân tích tải trọng đầu cọc khoan nhồi trên nền đất yếu từ kết quả thí nghiệm O-cell

ThS. TRẦN THANH QUANG
Trưởng Cao đẳng Công nghệ

Tóm tắt: Với ưu điểm là tiến hành các phép thí nghiệm đánh giá sức chịu tải cọc khoan nhồi, barrtte với tải trọng lên đến hơn 20.000 tấn mà không lệ thuộc vào diện tích thí nghiệm và thời gian thực hiện nhanh chóng, thí nghiệm O-cell hiện đang được sử dụng tại Mỹ, châu Âu và rất nhiều quốc gia trên thế giới và đã đưa vào tiêu chuẩn xây dựng của các nước. Hiện nay tại Việt Nam, nhu cầu xây dựng các cao ốc, công trình giao thông đang ngày phát triển, tải trọng làm việc các công trình ngày càng lớn và phép thí nghiệm nén tĩnh truyền thống không đáp ứng được. Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu 2 cọc O-cell đường kính 2000mm, 1500mm, chiều sâu -73.5m, -73.0m, 1 tầng lấp đất O-cell xây dựng trên tầng lớp đất yếu tại dự án Bình Lợi - Tân Sơn Nhất - Vành đai ngoài để đánh giá khả năng làm việc của cọc.

Từ khóa: Cọc khoan nhồi; O-cell; đầu đo biến dạng; độ lún; sức chịu tải cọc.

Abstract: O-cell is used to evaluate loading capacity of bored piles and barrttes up to 20.000 tons in a short time without depending on testing area. With this advantage, it is widely used in America, Europe and many other countries in the world and is being concluded in building standards. At present, demand for high buidings and traffic works increases quickly but traditional static loading test can't adapt. The report represents results of two piles with diameter 2000mm and 1500mm at the depth -73.5m, -73m, one level on weak ground of the project Binh Loi - Tan Son Nhat - Outer ring road to evaluate working ability of the pile.

Key words: Boring pile; O-cell; Strain gages; Settlement, Static loading.

1. Giới thiệu chung

Cầu Bình Lợi bắc qua sông Sài Gòn nằm trong dự án tuyến đường Bình Lợi - Tân Sơn Nhất - Vành đai ngoài. Cầu Bình Lợi nối liền 2 quận Thủ Đức và Bình Thạnh, kết nối các tuyến bên ngoài với Sân bay Tân Sơn Nhất.



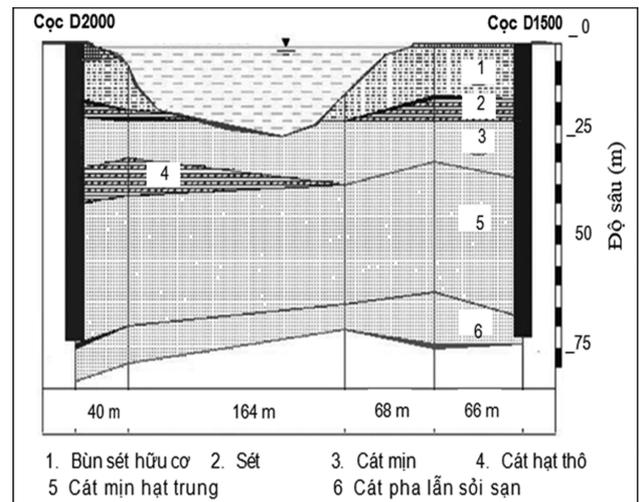
Hình 1: Cầu Bình Lợi bắc qua sông Sài Gòn
Toàn bộ tải trọng của cầu được đỡ bằng nhóm cọc

khoan nhồi đường kính lớn D2000mm và D1500mm chiều sâu mỗi cọc -73.5m, tải trọng làm việc mỗi cọc tương ứng là 1000 tấn đối với D2000 và 600 tấn đối với cọc D1500. Tải trọng thí nghiệm là 2900 tấn và 1660 tấn.

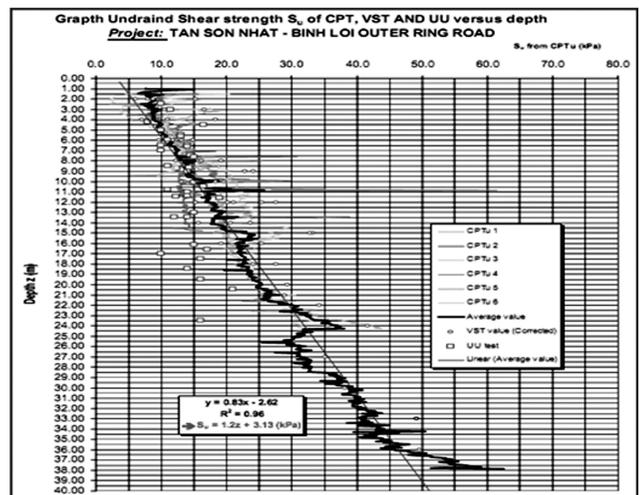
Vị trí tiến hành thí nghiệm 2, cọc thí nghiệm cách mép sông Sài Gòn 5m. Mặt cắt địa chất thể hiện Hình 2, tải trọng thí nghiệm 2.5 lần tải trọng thiết kế, do đó phương pháp thí nghiệm nén tĩnh đầu cọc không thí nghiệm được. Do đó, để tiến hành thí nghiệm cọc bằng O-Cell được lựa chọn thực hiện cho dự án Cầu Bình Lợi.

Bài báo phân tích khả năng chịu tải cọc dựa trên các kết quả đo đạc được từ thí nghiệm O-Cell.

2. Tính chất cơ lý đất



Hình 2: Mặt cắt địa chất bố trí 2 cọc thí nghiệm



Hình 3: Kết quả thí nghiệm CPT

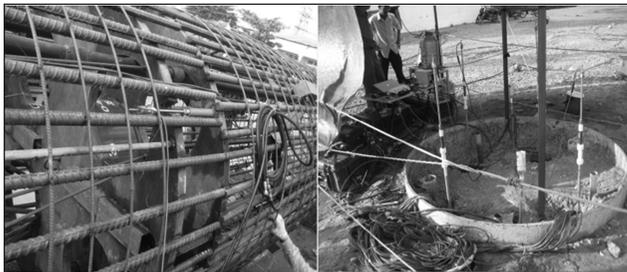
Hình 3 mô tả tính kết quả thí nghiệm CPT được thí nghiệm tại vị trí gần cọc thí nghiệm. Hình 3 mô tả kết quả áp lực nước lỗ rỗng, chỉ số SPT, Bảng 1 mô tả các tính chất cơ lý của lớp đất.

Bảng 1. Tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý của lớp đất

		Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4	Lớp 5	Lớp 6
Độ ẩm	%	85	30	19	41	18	18
Tỷ trọng	Kg/cm ²	1460	1490	1870	1795	2050	2000
Hệ số lỗ rỗng	e _o	2.5	0.75	0.60	1.25	0.62	0.60
Giới hạn chảy	%	95	50	20	60	0	24
Giới hạn dẻo	%	40	25	17	20	0	17
Chỉ số dẻo I _d		55	25	3	40	0	7
Độ sệt B		0.818	0.2	0.66	0.5	0	0.14
Góc ma sát trong φ		2	10	20	15	30	22
SPT	Búa/0.3m	0-2	10-20	10-40	10-16	15-50	>50

3. Thi công cọc thí nghiệm

Cọc thí nghiệm là 2 cọc khoan nhồi D2000mm và D1500mm, chiều sâu cọc là 73.5m. Khu vực cọc thí nghiệm địa tầng gồm có 6 lớp (Hình 2). Mũi cọc được đặt vào tầng đất cát chặt hạt thô. Cọc D2000 lồng thép được thiết kế 44 thanh D32mm và D1500 gồm 22 cây D32mm. Ngày khoan tạo lỗ là ngày 20/5/2008 với cọc D2000 và 22/5/2008 cọc D1500. Bê tông có cường độ 35-38Mpa. Ngày thí nghiệm 21/8/2008: Sau khi khoan hố khoan đến độ sâu -73.5m so với mặt đất. Cọc được làm sạch thành hố khoan và hạ lồng thép có gắn thiết bị O-cell, thiết bị đo ma sát thân cọc, đo chuyển vị mũi cọc, độ mở của O-cell (Hình 4). Ống đỡ bê tông đường kính 273mm được hạ đến đáy cọc khoan nhồi và tiến hành đổ bê tông đến cách mặt đất 0.2m.

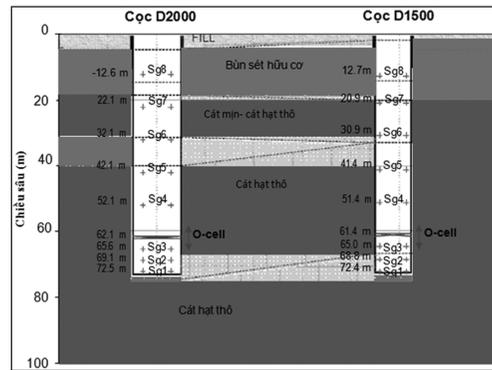


Hình 4: Thi công và thí nghiệm cọc D2000

Bảng 2. Bảng tổng hợp các thông số về cọc thí nghiệm

	D2000	D1500
Chiều dài	73.5m	73.0m
Đường kính	2000mm	1500mm
Vị trí lắp O-cell	- 62.1m	-61.4m
Chiều dài dưới O-cell	11.4m	11.6m
Thép chủ	44 Ø32	22 Ø32
Thép đai	Ø 10	Ø10
Tải trọng thí nghiệm	2900kN	1660kN

Tại mỗi cọc có 8 cao trình đo Strain gages loại 4911. Mỗi cao trình gồm 4 đầu đo gắn đối xứng qua tâm cọc. Vị trí kích O-cell lắp đặt ở cao trình -62.1m và 61.4m so với mặt đất. Trong quá trình thí nghiệm tại các cấp tải trọng ta sẽ đo đạc được các số liệu tại các vị trí gắn đầu đo biến dạng, đo được độ mở của O-cell, đo lực mở O-cell (Hình 5).



Hình 5: Sơ đồ bố trí các vị trí gắn đầu đo strain gages và vị trí O-cell

Khi tiến hành gia tải thí nghiệm, bơm dung dịch nước để tạo áp lực cho kích. Chính trọng lượng bản thân cọc và lực ma sát bên sẽ đối trọng để tiến hành đánh giá khả năng làm việc của cọc.

4. Kết quả thí nghiệm O-cell

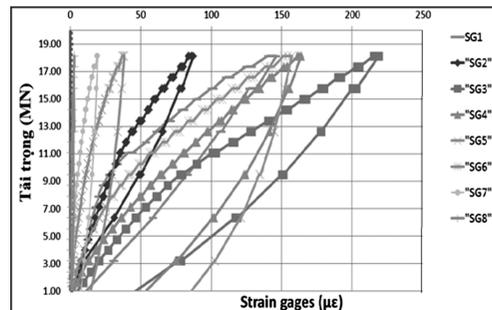
Thí nghiệm được tiến hành theo tiêu chuẩn ATSM 1143-07. Đối với cọc D2000 tiến hành gia tải 23 cấp tải trọng, đối với cọc D1500 tiến hành 20 cấp gia tải. Mỗi cấp gia tải được lưu thời gian 10 phút. Khi tiến hành thí nghiệm kích O-cell sẽ tách ra làm 2 thành phần. Số liệu ghi nhận được sẽ là độ lún thân cọc và độ lún mũi cọc. Số liệu strain gages đo đạc được sẽ đánh lực ma sát của thân cọc theo.

4.1. Kết quả strain gages

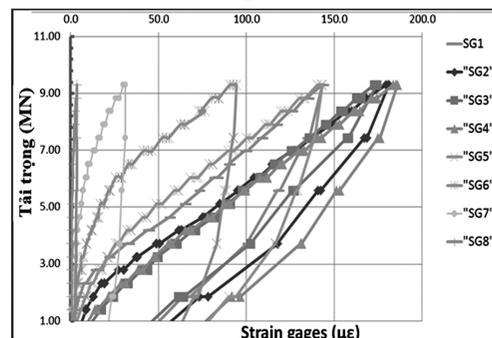
Khi tiến hành gia tải ở các cấp tải trọng kết quả strain gages đo được được thể hiện ở Hình 6, 7.

Trong quá trình đo cao trình SG2, một vị trí strain gages đọc các số liệu có sự bất thường ở vị trí B, do đó khi tiến hành phân tích loại strain gages vị trí D, và chỉ tiến hành phân tích cặp Strain gages vị trí A và C.

Tất cả các giá trị đo được của strain gages được tiến hành phân tích theo từng cặp A&C, B&D luôn đối xứng qua thân cọc.



Hình 6: Biểu đồ tải trọng và Strain gages các cao trình Cọc D2000



Hình 7: Biểu đồ tải trọng và Strain gages các cao trình Cọc D1500

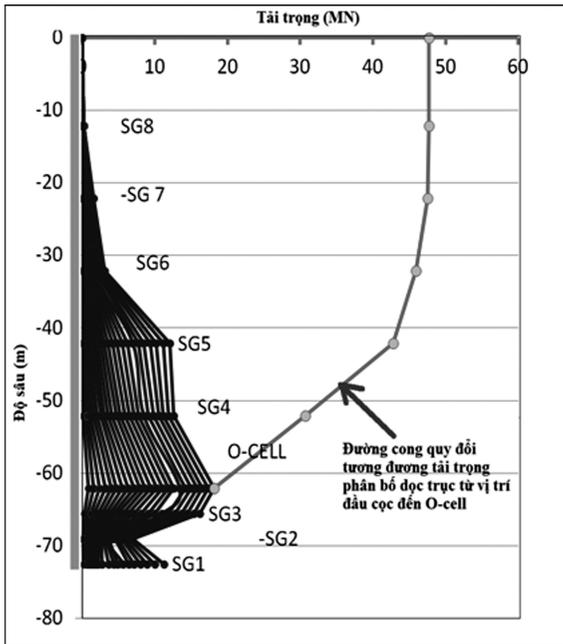
4.2. Lực ma sát dọc thân cọc

Kết quả đo đặc phân tích của các đầu đo biên dạng thân cọc D2000 và D1500 được thể hiện qua Hình 8, 9. Sự khác nhau trong việc đánh giá ảnh hưởng của đất nền trong quá trình thí nghiệm O-cell tại những vị trí lắp đặt Strain gages phụ thuộc rất nhiều vào chu vi thân cọc, khoảng cách giữa các strain gages để tạo ra sức kháng ma sát. Hiện nay, khi phân tích đều lấy chu vi thân cọc là mặc định theo đường kính cọc.

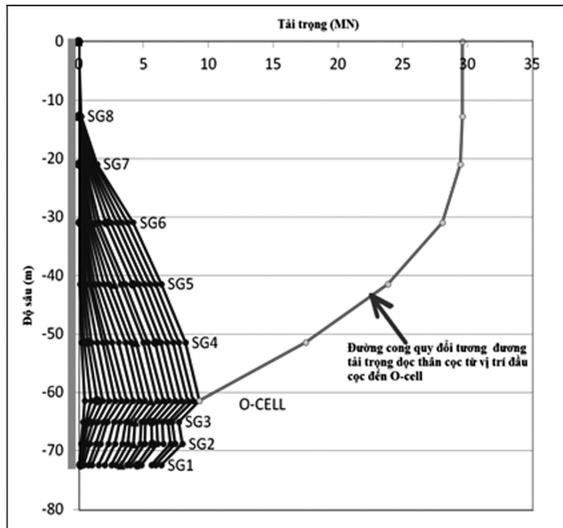
Những đường cong cho thấy sức kháng thân cọc tại những độ sâu khác nhau tăng lên cùng với độ sâu cọc và trọng lượng bản thân cọc.

Từ kết quả phân tích được tại những vị trí đầu đo biến dạng ở 8 cao trình lắp đặt xây dựng đường cong quy đổi tương đương khả năng tải trọng phân bố dọc cọc từ vị trí đầu cọc đến O-cell.

Đường phân bố tải trọng được xây dựng từ những kết quả phân tích được nhằm đánh giá khả năng làm việc cọc.



Hình 8: Biểu đồ quan hệ tải trọng và độ sâu Strain gages Cọc D2000

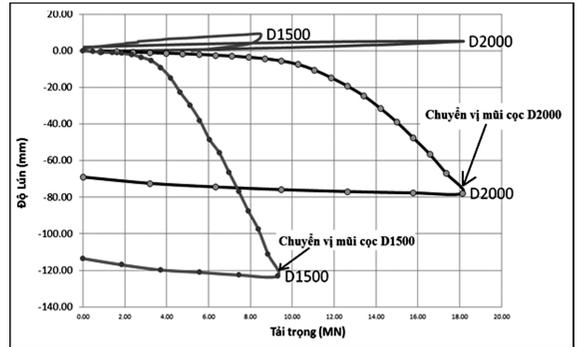


Hình 9: Biểu đồ quan hệ giữa tải trọng và độ sâu strain gages Cọc D1500

4.3. Tải trọng và độ lún của O-cell

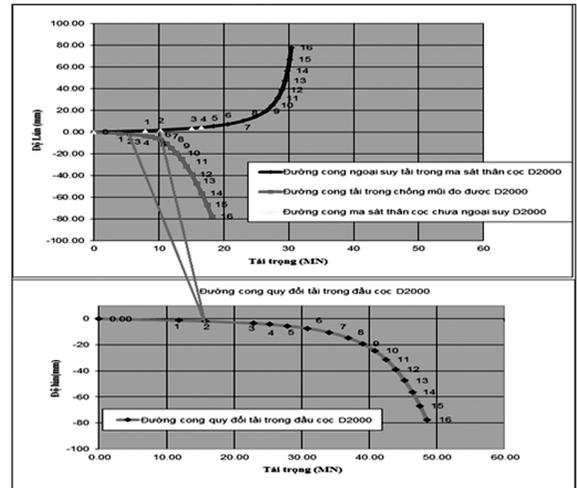
Khi tiến hành gia tăng tải trọng trong bản thân O-cell. O-cell tạo lực sẽ mở ra. Cọc D2000 khi tăng tải lên 1814MN chuyển vị phần trên cọc là 5.28mm, chuyển vị phần mũi cọc là -77.76mm. Cọc D1500 khi gia tăng tải trọng lên 9.31MN thì chuyển vị phần thân cọc là 8.47mm, chuyển vị phần mũi cọc là -122.99mm.

Kết quả đo được sẽ là tải trọng(MN) - độ lún từ O-cell đến đầu cọc. Và tải trọng - độ lún từ vị trí O-cell đến mũi cọc (Hình 10).

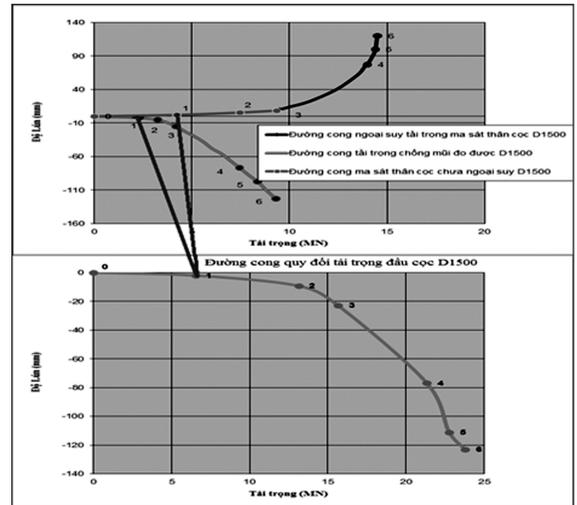


Hình 10: Biểu đồ quan hệ giữa tải trọng - độ lún 2 cọc D2000 và D1500

Việc đánh giá sự làm việc của cọc cuối cùng là kết quả việc xây dựng đường cong quy đổi tải trọng độ lún đầu cọc từ kết quả của chuyển vị thân cọc và mũi cọc như Hình 11,12.



Hình 11: Quy đổi tải trọng đầu cọc D2000



Hình 12: Quy đổi tải trọng đầu cọc D1500

Bảng 3. Tổng hợp kết quả phân tích

Tên cọc	P _{Thiết kế}	P _{Thí nghiệm}	P _{O-cell}	P _{Phân tích}	Độ lún(mm)
D2000	1000kN	2900kN	3340kN	4851kN	77.76
D1500	600kN	1660kN	2330kN	2385kN	122.99

Khi tiến hành gia tải cọc D2000 lên cấp 33.4MN thì độ lún kiểm soát được 77.76mm, cọc D2000 vẫn chưa phá hoại mũi cọc và phần ma sát chưa huy động tối đa. Nhưng vì đây là cọc chính chịu lực và sử dụng lại nên khi đạt vượt quá tải trọng thiết kế thì tiến hành dừng và không tiếp tục gia tải đến phá hoại. Tuy nhiên, tác giả đã tiến hành phân tích tải trọng từ kết quả đo đạc được thì cọc D2000 chịu tải trọng đến 48.51 MN.

Cọc D1500 tải trọng thiết kế 600kN, tải trọng thí nghiệm 16.60MN, tuy nhiên trong quá trình gia tải đã tiến hành gia đến cấp 23.30MN thì cọc đã vượt quá giới hạn của cọc. Tuy nhiên, tác giả đã phân tích tải trọng tối hạn cọc nằm trong 23.85 MN thì cọc sẽ phá hoại hoàn toàn. Như vậy, dự đoán cọc phá hoại phù hợp hoàn toàn kết quả thí nghiệm.

Việc xây dựng đường cong tải trọng - độ lún đầu cọc được xác định bởi các nhà chuyên môn để xác định tải trọng làm việc đặt lên hệ cọc. Kết quả việc thử tải trọng làm việc của cọc trong thời gian dài mang yếu tố quyết định đến việc xác định độ lún toàn hệ móng cọc.

Việc xác định đường kính thật sự của cọc trong quá trình thi công ảnh hưởng rất lớn đến kết quả phân tích cọc. Móng cọc được thiết kế trong giới hạn độ lún chấp nhận được thì ảnh hưởng rất nhiều đến độ an toàn của công trình sau khi đưa vào sử dụng.

Hầu hết các thí nghiệm O-cell bao gồm nhiều thiết bị kèm theo như Strain gages, thiết bị đo độ mở O-cell, thiết bị đo áp lực của O-cell. Tuy nhiên, thí nghiệm O-cell không có các thiết bị Strain gages thì vẫn cung cấp đủ thông tin tải trọng làm việc tại vị trí đầu cọc và vị trí O-cell.

Việc lắp đặt các thiết bị strain gages sẽ cung cấp các thông tin lực ma sát tại những vị trí khác nhau trong thân cọc và rất hữu ích cho việc thiết kế cọc sau này.

5. Kết luận

Thí nghiệm O-cell giúp đánh giá khả năng làm việc đất nền. Cung cấp đầy đủ các thông tin cho việc thiết kế móng cọc mà thí nghiệm nén tĩnh thông thường không thể cung cấp được.

Kết quả đo đạc từ thí nghiệm O-cell trên 2 cọc D2000, D1500, 8 cao trình lắp đặt strain gages, mỗi cao trình 4 đầu đo strain gages. Số liệu đo được thiết lập được đường cong quy đổi tải trọng - độ lún đầu cọc tương đương.

Sự khác nhau tải trọng - độ lún đo được giữa chuyển vị từ O-cell đi lên và từ O-cell đi xuống do vị trí lắp đặt O-cell. Đường cong chuyển vị tải trọng - độ lún đầu cọc chính là quy đổi tương đương từ đường cong chuyển vị tải trọng - độ lún của mũi cọc và thân cọc. Đường cong chuyển vị tải trọng - đầu cọc tương đương thông thường sẽ xuất hiện sau so với đường cong chuyển vị đầu cọc, bởi vì thí nghiệm O-cell là thí nghiệm kích hoạt vị trí các lớp đất vị trí O-cell trước rồi đến các vị trí trên thân cọc và đầu cọc sau □

Tài liệu tham khảo

[1]. Vũ Công Ngữ, *Móng cọc phân tích và thiết kế*,

NXB. Khoa học kỹ thuật, 2006.

[2]. Tomlinson, *Pile design and Construction Practice*.

[3]. TCVN 9393-2012, *Cọc - Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục*.

[4]. TCVN 205-1998, *Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế*.

[5]. Một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm về sức chịu tải và khả năng ứng dụng cọc ống PHC cho công trình giao thông, Đỗ Hữu Đạo, Lê Xuân Mai, Trần Thanh Quang, *Hạ tầng giao thông Việt Nam với phát triển bền vững ISBN 978-604-22-0019-0*, trang 47.

[6]. Fellenius, BH, 2006, *Basic of foundation design a text book*, Revised Electronic Edition, www.Fellenius.net.

[7]. Fellenius B.H. and Nguyen H.M., 2013, *Large Diameter Long Bored Piles in the Mekong Delta, International Journal of Geoengineering Case Histories*, quyển 2, chương 3, 196-207.

[8]. *Report on drilled pile load testing COCD1500-Binh loi Tan Son nhât Vietnam (LTI-2620-1)*, 30 August 2008, Loadtest Asia Pte. Ltd.

[9]. *Report on drilled pile load testing COCD2000-Binh loi Tan Son nhât Vietnam (LTI-2620-2)*, 30, July 2008, Loadtest Asia Pte. Ltd.

[10]. Osterberg, J.O., 1989, *A new device for load testing driven piles and drilled shafts separates friction and end bearing*, Proc. of Deep Foundations Institute, Int. Conf. on Piling and Deep Foundations, London, May 15-18, pp. 421-427.

[11]. *Hướng dẫn sử dụng thiết bị đo biến dạng dây rung của Công ty Geokon (Hoa Kỳ)*, www.geokon.com.

Ngày nhận bài: 10/02/2012

Ngày chấp nhận đăng: 27/02/2013

Người phản biện: ThS. Phạm Văn Hùng
ThS. Nguyễn Thanh Dũng

LỢI THẾ CẠNH TRANH...

(Tiếp theo trang 42)

[3]. Paul A. Samuelson, William D. Nordhalls, *Kinh tế học*, NXB. Thống kê, 2002.

[4]. *American Maritime Partnership Press*.

[5]. Jack Ewing, *Cargo ship losses weight on European bank*, Dealbook, 2013.

[6]. Kenneth D Boyer, 1997, *Principles of Transportation*.

[7]. Martin Stopford, *Maritime economics (Kinh tế vận tải biển)* 3rd edition, 2009.

[8]. Micheallowa, Karsten Axel Krause, 2000, *International maritime transport and climate policy, Hamburg, Germany*.

[9]. UNITED NATION, *Review of maritime transport 2009, 2010, 2011, 2012*.

[10]. Dr lean, Paul Rodrigue, Dr. Theo Notteboom and Dr. Brian Slack, *The Geography of Transportation System third edition*, 2013.

[11]. www.123helpme.com.

Ngày nhận bài: 18/02/2014

Ngày chấp nhận đăng: 27/02/2014

Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Văn Sơn
TS. Dương Văn Bạo