

## PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG CỦA MÓNG ĐIỂN HÌNH (BÀN NÉN) CHỊU ẢNH HƯỞNG ĐỘNG TRONG THÍ NGHIỆM HIỆN TRƯỜNG

Dương Hồng Thắm, Lê Bá Lương, Ngô Kiều Nhi

(Bài nhận ngày 06 tháng 04 năm 2001, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 03 tháng 07 năm 2001)

### TÓM TẮT

Trong bài báo này, ứng xử của móng mô phỏng (tấm nén đường kính 450mm) chịu ảnh hưởng động được nghiên cứu. Các đầu đo gia tốc được dùng để ghi nhận gia tốc của móng mô phỏng. Có một số mối tương quan ý nghĩa cao giữa các thông số dao động ( như tần số nổi trội của đầu đo lực động, chuyển vị ..v...v.) với tỷ số áp lực động lên móng/ áp lực tựa tĩnh. Kết quả cũng chỉ ra rằng, theo quan điểm dao động tần số thấp, biên độ của móng mô phỏng có khuynh hướng lớn nhất khi móng dao động rung ở những cấp áp lực tựa nhỏ. Điều này không tuân theo những nghiên cứu đã có.

### 1. Một số lưu ý ban đầu:

Tổng số file được lưu là 36 file, ghi tương ứng với các cấp tải bàn nén khác nhau và giống nhau (thậm chí sai biệt ít cũng được lưu thành file riêng).

- a. Mỗi file có từ 6 đến 10 block, mỗi block số liệu miền thời gian có độ dài là 2.6 giây. Như vậy, độ dài một file tối đa là 27 giây và trung bình là 15 giây.
- b. Số ghi miền thời gian được ký hiệu là W (viết tắt của chữ wave \_ tức sóng)  
Số liệu phân tích trong miền tần số ký hiệu là S (viết tắt của spectrum \_ phổ)  
Ngoại trừ số liệu kênh W# 4 (ghi lực động của loadcell) là đọc trực tiếp, 3 kênh còn lại số đọc là trị gia tốc tính bằng  $m/s^2$  đã qua chuyển đổi, chứ không như các thông lệ trước đây là chỉ thể hiện các trị số điện thế tính bằng mV.
- c. Sau khi phân tích phổ, trị số tung độ trên phổ tần số là trị tinh độ magnitude của gia tốc (kênh từ 1 đến 3) và của lực động (kênh 4 – lực tĩnh là trị ẩn không lưu trên mặt hiển thị của file).
- d. Theo như đã quy ước, số hiệu của gia tốc kể được đánh từ nhỏ đến lớn theo ưu tiên từ sát đường nhất đến xa dần: Sát đường xe qua là ACC1, trên bàn nén là ACC2, và bên kia hố móng là ACC3.
- e. Thời gian cho mỗi cấp tải được chú ý gần như bằng nhau và xấp xỉ 1 giờ như khuyến cáo của ASTM D 1194.
- f. Khối lượng >10 tấn ( gồm bao cát và dầm thép ) làm đối trọng được tựa trên nền cát, trong quá trình dao động thực tế của mình, được giả thiết như không đóng góp gì vào độ lún phụ thêm dưới ảnh hưởng động của bàn nén .(Trên quan trắc thực tế, hệ đỡ thép đỡ tải có độ lún không đáng kể cho đến khi thí nghiệm được tiến hành); ảnh hưởng của rung động truyền vào bàn nén thông qua khối lượng của toàn bộ đối trọng giống như một móng điển hình đặt bên dưới một toà nhà chịu ảnh hưởng động. Ngoài ra, hệ đỡ tải có khối lượng (mass) lớn gấp từ 5 đến 12 lần tải của bàn nén, nền tựa móng của hệ đỡ tải này dưới tải trọng nén chặt có độ cứng vượt trội độ cứng nền (đất bùn) dưới bàn nén, nên bàn nén sẽ có độ lún rõ rệt hơn nhiều so với độ lún của hệ đỡ tải; theo quan điểm á tĩnh học và theo phương diện thực hành, ta thấy thí nghiệm bàn nén chịu ảnh hưởng động có đủ cơ sở lý luận chấp nhận được để triển khai mà không mắc sai lầm đáng kể gì. (phần chứng minh bằng phép phân tích ứng xử của cơ hệ và tính toán cụ thể về ảnh hưởng này sẽ được giải quyết sau, không nêu trong báo cáo này).

- g. Không loại trừ khả năng là trong thời gian đang phát triển độ lún tĩnh thì bàn nén lại lún thêm dưới ảnh hưởng động, và đánh giá sai lạc sẽ cho rằng độ lún ấy là độ lún phụ thêm. Vì vậy, căn cứ duy nhất trong nghiên cứu này là, dựa vào cả ba phương diện đo (dây giăng đọc thước, đầu đo dùng đất-trích, và đồng hồ so 0.01mm), thấy không còn lún thêm nữa thì cho chịu ảnh hưởng động hoặc tăng tải.
- h. Trong chiều hướng nghiên cứu áp sát thực tiễn, các vấn đề cần được đơn giản hóa để nghiên cứu giải quyết trực tiếp từng mục tiêu, dần đi đến từng bước hoàn thiện.

## 2. Các giả thiết được chọn để kiểm nghiệm:

- a. Các kết quả đo đặc độ lún phụ thêm bằng một phương pháp này (thí dụ đo bằng đồng hồ so 0.01mm) tương hợp với độ lún phụ thêm của một pp khác (thí dụ bằng đầu đo dùng đất-trích – tức cảm biến điện trở dây), ít nhất có cùng trị số độ lún tổng (tĩnh + động) tại một cấp tải nào đó.
- b. Trong cùng một cấp tải bàn nén, khi có ảnh hưởng động, *diễn ra các bước gia tăng về độ lún một cách cục bộ, nói lên được sự xuất hiện sự lún thêm dưới ảnh hưởng động.*
- c. Nếu dùng tỷ số lực động chia cho lực tĩnh của bàn nén để biểu thị cường độ sự rung, độ lún thêm có quan hệ mật thiết với cường độ sự rung.
- d. Tương tự như trên, *độ lún phụ thêm có quan hệ mật thiết với gia tốc rung của bàn nén.*
- e. *Tại các cấp tải nhỏ, độ lún thêm do ảnh hưởng động là rõ rệt và có trị số lớn hơn độ lún thêm ứng với các cấp tải lớn.* (Do phần biến dạng đàn hồi còn ưu thế ở những cấp tải nhỏ và thực chất là quá trình nén lại nền). Trừ phi tải bàn nén gần đạt giá trị tối hậu (ultimate), độ lún phụ thêm tại các cấp tải lớn sẽ tăng nhanh và đạt giá trị lớn (Có sự phá hoại trượt dẻo cục bộ trong nền mà nguyên nhân là ảnh hưởng động).
- f. Tại các cấp áp lực tựa tĩnh nhỏ nhiều so với tải tối hậu của nền (khi độ lún do tải nén tĩnh < 5% bề rộng móng), dưới những chấn động do xe cộ, độ lún thêm phát triển, không đều và kéo dài thời gian ổn định lún.

## 3. Phương thức chọn lọc số liệu để khảo sát:

- a. Phân tích miền tần số. Ghi nhận tần số nổi trội (dominant frequency) đó là tần số xuất hiện thường xuyên trong mọi phổ tần của các điểm đầu đo kể cả loadcell. Tần số này có thể có tính độ không phải là lớn nhất và không phải tần số chủ (principal).
- b. Ghi nhận biên độ dao động của gia tốc tại các điểm và của loadcell (giá trị lớn nhất). Ghi số liệu nói trên theo hàng ngang của bảng. Mỗi hàng số liệu ghi nhận độ chênh lệch của lực theo cấp tải đang xét (vì mỗi lượt ghi phải nằm trong một cấp tải đang xét nào đó).

## 4. Bảng số liệu: Bảng ghi :

- Cấp áp lực bàn nén
- Tần số nổi trội của loadcell, của bàn nén
- Tần số chủ của loadcell, của bàn nén
- Biên độ peak to peak của lực động ghi trong miền thời gian của loadcell (tính theo % tải trọng nén).
- Tính độ của Lực động (tính bằng % tải trọng nén) tại tần số nổi trội
- Gia tốc ACC1, ACC2 (bàn nén), ACC3 (lấy tại tần số nổi trội của lực kế)
- Biên độ dao động của móng (hoặc tính theo % bề rộng móng) lấy trong dãy số liệu miền tần số từ file dạng text.

- Độ lún thêm mỗi khi xe qua, ghi bằng đồng hồ so (hoặc tính theo % bề rộng móng).
- Độ lún tổng cộng gồm cả phần tĩnh và phần phụ thêm (hoặc tính theo % bề rộng móng) ghi từ kết quả đồng hồ so.
- Độ lún thêm ghi bằng LVDT độ chính xác 0.01mm(suy từ các mốc thời gian của đồng hồ so và đồng hồ riêng của máy phân tích 4 kênh đồng thời)
- Độ lún trung bình (hoặc tính theo % bề rộng móng) mỗi lượt thí nghiệm;
- Độ lún thêm của móng ghi từ thước đỉnh trên móng và dây (tính theo % bề rộng móng. Số liệu này có độ chính xác không lớn).

**Bảng số 2** (trang sau) ghi các thông số quan trọng như: Cấp tải bàn nén- Tần số trọng- Lực (trị số đỉnh~đỉnh- Gia tốc tại ACC1, 2, 3- Biên độ dịch chuyển- Độ lún thêm trung bình (đo bằng dial gauge)- Tỷ số lực động /lực tĩnh – Số đọc theo trung bình của khối dữ liệu của LVDT tự chế tạo (đã calibrate)- Độ lún xác nhận bởi dây giăng qua thước- Biên độ vọt lên của chuyển vị kế LVDT.

#### 5. Các đồ thị – bảng dữ liệu – Kết quả phân tích phổ tần số:

Sau đây là các đồ thị:

- Tổng hợp kết quả ghi độ lún tĩnh (do tăng tải bàn nén), và từng đoạn chi tiết của sự ghi độ lún đã chỉ ra các độ lún phụ thêm (độ lún động) do hoạt tải xe tải nặng đi qua và gây ảnh hưởng (rung) cho bàn nén (Hình 12 và bảng 2).
- Quan hệ giữa độ lún phụ thêm với tần số nổi trội của loadcell;
- Quan hệ giữa độ lún phụ thêm và tỷ số giữa lực động chia cho lực tĩnh;
- Quan hệ giữa độ lún phụ thêm với gia tốc rung của móng (bàn nén);
- Quan hệ giữa biên độ lún động (ghi bằng LVDT) với gia tốc;
- Quan hệ giữa biên độ lún động (ghi bằng LVDT) với trị số đỉnh – đỉnh của Lực;

Dữ liệu đã ghi được 36 cặp đồ thị Gia tốc (Miền thời gian) và Phổ tần số (sau phép phân tích FFT) ; nói khác đi, mỗi file là tập ghi số liệu một thí nghiệm ứng với cấp tải đang xét của bàn nén. Tuy nhiên, trong khuôn khổ bài báo này, chỉ một file được trình bày, đó là file 09183106.dat (ứng với áp lực tựa của bàn nén là  $0.75 \text{ kg/cm}^2$ )

Kết quả phân tích phổ tần số cho thấy tần số chủ (là tần số mà tại đó tinh độ của lực kế là lớn nhất) không phải là trị số nổi trội (là tần số thực sự đều có mặt trong tất cả các phổ tần của gia tốc kế và của loadcell).

Kết quả phân tích phổ tần số được lưu thành file dạng text dưới các tên file \_\_.001 , \_\_.002 tương ứng với các block thời gian cần xét phổ tần ( thí dụ, các khoảng thời gian sau khi có chấn động do xe qua vị trí bàn nén và xe đã đi xa, để lại những dao động rung tần số thấp do sóng bề mặt tại các cự ly xa truyền đến ). Trang sau chỉ giới thiệu một file tiêu biểu về kết quả phân tích phổ tần (file 09183106.dat)

Bảng 2

**BẢNG SỐ LIỆU TỔNG HỢP DÙNG TRONG THÍ NGHIỆM BÀN NÉN HIỆN TRƯỞNG CHỊU ẢNH HƯỞNG ĐỘNG**

capitabanner	TaansoLoadcell	Lucdinhdinh	TinhdoLuc	ACC1	ACC2	ACC3	BiendoDichuyen	LUNTHEMTB	LUCDONG/TINH	SODOCLYDT	DOLUNKHAC	BiendoLYDT
1	6.4	89	9.3	0.072	0.089	0.04	0.014	0.019	0.2225	0.055	0.01	39.49
1	9.19	62	7.83	0.02	0.086	0.008	0.027	0.05	0.155	0.055		13.78
1	6.51	78	9.29	0.09	0.106	0.068	0.062	0.019	0.205	0.055		7
2	5.36	40	4.346	0.025	0.061	0.054	0.033	0.06	0.052	0.04	1.3	16.96
2	7.67	53	6.058	0.054	0.074	0.032	0.032	0.03	0.0688	0.018		9.69
2	6.1	81	4.725	0.052	0.049	0.036	0.033	0.075	0.099	0.1212		11.69
2	7.61	92	8.343	0.041	0.044	0.036	0.03	0.04	0.1179	0.1499		17.3
2	5.42	38	4.942	0.066	0.034	0.029	0.019	0.001	0.0475	0.045	1.2	10.06
2	5.36	140	15.165	0.108	0.089	0.098	0.08	0.039	0.177	0.013		18.71
2	6.1	94	6.306	0.058	0.055	0.029	0.037	0.005	0.1189	0.01		
3	5.42	128	10.707	0.103	0.051	0.048	0.033	0.051	0.1085	0.15	0.2	34
3	5.78	80	6.1	0.068	0.046	0.055	0.03	0.098	0.0678	0.12		22
3	5.36	194	17.657	0.144	0.108	0.082	0.08	0.11	0.1603	0.08		12
3	5.78	110	6.612	0.078	0.039	0.034	0.027	0.002	0.0932	0.02		17
3	7.61	87	6.352	0.035	0.07	0.026	0.031	0.04	0.0723	0.048		16.4
3	6.09	144	10.311	0.085	0.104	0.089	0.07	0.031	0.119			19.07
3	7.61	182	7.605	0.051	0.069	0.049	0.031	0.037	0.1517	0.0618		12.3
3	5.36	99.9	11.631	0.1	0.062	0.033	0.024	0.05	0.08325	0.058	0.2	12.76
4	8.11	137	10.277	0.041	0.083	0.035	0.045	0.36	0.084	0.077	1	36.31
4	6.09	174	11.478	0.072	0.068	0.064	0.035	0.275	0.1067	0.046	0.3	30.76
4	6.09	114	9.015	0.079	0.053	0.056	0.036	0.01	0.07	0.038		32.3
4	5.36	200	13.34	0.125	0.085	0.064	0.0757	0.058	0.1205	0.01		32.31
5	9.13	118	12.305	0.037	0.07	0.031	0.022	0.855	0.0599	0.1714	0.7	64.28
5	6.1	99	12.177	0.072	0.101	0.185	0.06	0.19	0.049	0.0214		35.71
5	5.72	103	6.752	0.066	0.041	0.036	0.031	0.07	0.0505	0.1071		42.14
5	10.35	73	8.576	0.016	0.058	0.031	0.013	0.025	0.0366	0.0214	0.4	33.57
5	5.72	126	11.579	0.09	0.083	0.053	0.031	0.022	0.063	0.1		45.71
5	5.72	80	8.895	0.073	0.054	0.034	0.041	0.02	0.04	0.02		47.14

6. Kết quả và thảo luận:

- Mặc dù độ lún phụ thêm dưới ảnh hưởng động là hiện hữu một cách rõ ràng như đã chỉ ra bằng các đồ thị phi tuyến nêu ở phần §1, nhưng quy luật phát triển độ lún động và tích lũy biến dạng theo mối tương quan nhiều chiều với các thông số khác như cường độ rung, tỷ số áp lực động/áp lực tĩnh, áp lực nước lỗ rỗng... không rõ ràng và không đồng đều ( có lẽ chỉ có thể biểu diễn bằng một hàm số phi tuyến nào đó ) giữa các cấp tải, giữa các lượt thí nghiệm, và giữa các cường độ sự rung khác nhau..v..v...
- Có những tương quan rất có ý nghĩa giữa lực động ( trong bảng ký hiệu là 'LUC' ), tần số ( trong bảng ký hiệu là 'F' ) tỷ số lực động ( Trong bảng ký hiệu là 'RAT' ), với các gia tốc ( trong bảng ký hiệu là 'ACC1,2,3' ).

Về phương diện vật lý, các kết quả này là dễ hiểu.

Các đồ thị về quan hệ giữa độ lún phụ thêm trung bình và các cấp tải bàn nén cho thấy mối tương quan này là phi tuyến rất rõ rệt, dạng

$$S_{total,dyn} = 0.0101e^{2.4362 q_b} \quad \text{với hệ số tin cậy } R^2 = 0.9944$$

Trên đất dính, công thức trên cũng đúng khi móng có bề rộng B bất kỳ, thí dụ đối với móng vuông B = 1.6m, từ thí nghiệm bàn nén, chúng ta ước tính được độ lún phụ thêm tuyệt đối do ảnh hưởng động tại cấp áp lực  $q_b = 0.6 \text{ kg/cm}^2$  là  $S = 0.0435 \text{ mm}$

Hoặc nếu biểu thị theo độ lún phụ thêm trung bình ( giữa các lượt thí nghiệm)

Công thức trên trở thành

$$S_{dynTB} = 0.0084e^{2.7335 q_b} \quad \text{với } R^2 = 0.9917$$

- Các quy luật chuyển động của bàn nén dưới ảnh hưởng động nói lên *mối tương quan nghịch giữa tần số và biên độ chuyển vị, giữa tần số và gia tốc dao động của các điểm miền tự do ( free domain motions ), và giữa tần số và lực động ( giá trị đỉnh-đỉnh của lực )*. Như vậy, có thể cho rằng, *các dao động tần số thấp dẫn đến giá trị lực quán tính phụ thêm cao hơn, biên độ dao động lớn hơn*. Điều này phù hợp với các lý thuyết về móng chịu ảnh hưởng động trình bày trong phần 'Các pp chống ảnh hưởng động' nêu trong các tài liệu [2 ][4 ]. Ngoài ra, có thể đánh giá thông qua thực nghiệm hiện trường bàn nén chịu ảnh hưởng động, cụ thể là dựa vào quan hệ tỷ lệ nghịch giữa biên độ dao động và tần số, ta có thể biết được cơ hệ mang đặc tính phi tuyến.
- Căn cứ quan hệ tỷ lệ nghịch giữa tần số và gia tốc dao động, có thể kết luận rằng ở tần số thấp, cường độ sự rung càng lớn vì tỷ số  $(\text{giatốc})^2 / f$  càng lớn. Tỷ số này đủ mô tả cường độ sự rung.
- Những điều bổ sung khác có thể rút ra như sau :
  - Biên độ dịch chuyển không phụ thuộc độ sâu đặt móng;
  - Xác nhận quan hệ tỷ lệ nghịch giữa biên độ và tần số, phù hợp với lý thuyết;
  - Dựa vào đặc tính phi tuyến suy được từ quan hệ tỷ lệ nghịch giữa biên độ dao động và tần số được khẳng định từ kết quả thực tiễn của thí nghiệm bàn nén nói trên, các pp giảm chấn cho công trình chịu ảnh hưởng động được kiến nghị một cách có căn cứ hơn.
- Tại các cấp tải nhỏ ( thí dụ, cấp tải bàn nén  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  ), *tỷ số lực động chia cho lực tĩnh có giá trị lớn hơn khi đối với các cấp tải lớn ( thí dụ, cấp tải bàn nén  $1.25 \text{ kg/cm}^2$  )*.

- *Ảnh hưởng động truyền từ bên ngoài vào móng, nên việc cài đặt các đầu đo áp lực nước lỗ rỗng bên ngoài diện chịu tải của bàn nén, cụ thể là trên đường đi của sóng chấn động truyền từ nguồn đến bàn nén, có tác dụng khảo sát sự gia tăng áp lực nước kẽ rỗng đồng thời với sự gia tăng của áp lực của bàn nén và cường độ sự rung.*
- *Nền gia cố cừ tràm, có thể được xem như một móng khối ( móng khối quy ước hay móng khối tương đương, có độ lún được tính với áp lực đặt tại độ sâu tính lún bằng 1/3 chiều dài cừ ( tính từ dưới mũi cừ lên, còn bên trong khối đất giữa các cừ tràm được xem như không lún\_ xem hình 20 ở cuối bài báo); vì vậy, trong khảo sát biến dạng của nền có gia cố cừ tràm chịu ảnh hưởng động như trong nghiên cứu thí nghiệm hiện trường đang xét, có thể xem nền là bán không gian đồng nhất kể từ độ sâu tính lún (nói trên) trở xuống. Khi đó, mối tương quan giữa áp lực tựa bàn nén và áp lực của một điểm có độ sâu bất kỳ tuân theo dạng hàm số; đây là một lý luận có thể chấp nhận được mà không thiếu tính chặt chẽ. Từ đây, các tương quan giữa sự gia tăng của áp lực nước lỗ rỗng ( áp lực kẽ rỗng thặng dư ) và độ lún phụ thêm dưới ảnh hưởng động có thể được xét qua áp lực bàn nén ( xem hình 20).*
- *Gia tốc giảm khi đi từ phía đón chấn động ( tại gia tốc kế ACC1, tức phía gần nhất với nguồn), qua móng ( tức ACC2 ) và qua phía bên kia của hố móng ( ACC3 ). Có thể nghĩ đến giải pháp giảm chấn bằng hào cách chấn, kết hợp với vùng phụ tải trước móng đích ( tức vùng chịu áp lực phụ tải bề mặt, đặt phía trước đích đến của móng chịu ảnh hưởng động ) và nền được làm cứng bằng cừ tràm ( có tác dụng tiêu hao năng lượng dao động trước khi truyền vào móng đích để lên thượng tầng ).*
- *Nếu quan niệm dao động do xe cộ là có dạng hình sin ( sinusoidal ), biên độ dịch chuyển của móng (bàn nén ) cho phép được rút ra bằng cách lấy tích phân hai lần của gia tốc; theo đó, dịch chuyển này càng lớn nếu tỷ số áp lực động/tĩnh càng lớn (tức là tại những cấp tải tựa tĩnh nhỏ, vì tại các cấp áp lực tựa tĩnh nhỏ, tỷ số áp lực động/ tĩnh lớn trong mối tương quan rất có ý nghĩa). Như vậy, dựa vào các mối tương quan trong bảng tương quan Pearson ( trình bày trang sau ), có thể nghĩ rằng rung động của móng có biên độ dao động càng tăng khi móng chịu các cấp áp lực tựa tĩnh nhỏ. Nói khác đi, việc thiết kế với áp lực tựa nhỏ ( thiên nhiều về an toàn ) là bất lợi nếu xét về phương diện rung động tần số thấp của móng. Việc này rất cần có những kiểm chứng thực tiễn mang tính hệ thống khác.*
- *Hệ số tương quan thấp trong các đồ thị nói lên mối liên hệ giữa độ lún phụ thêm với tần số nổi trội, hay với tỷ số lực động chia cho lực tĩnh, hay với gia tốc rung của bàn nén ...có thể được lý giải là do các hàm số đơn biến dạng  $y = f(x)$  không đủ nói lên mối liên hệ đa biến phi tuyến ( dạng  $y = f(x_1^n, x_2^m, x_3^p \dots)$  ). Cần có thêm những vận dụng khác nữa trong đánh giá số liệu này của nghiên cứu.*
- *Có thể áp dụng các kết quả của nghiên cứu này để tiên đoán độ lún phụ thêm dưới ảnh hưởng động của xe hoạt tải nặng lên móng nhà trong khu dân cư đang xét hoặc khu có địa chất tương tự.*

## STUDY ON THE RESPONSE OF A VIBRATING FOOTING SUBJECTED TO DYNAMIC EFFECTS

Duong Hong Tham, Le Ba Luong and Ngo Kieu Nhi

### ABSTRACT

*In this article, the response of a vibrating footing (450mm diameter bearing plate) subjected to dynamic effects was studied. Accelerometers were used to record the accelerations of the simulated footing. Some high significant correlations between the vibrational parameters (for example, the dominant frequencies of loadcell, the displacements ... etc) and the ratios of dynamical pressures to statical pressures were found. The results also indicated that, as for the view points of low frequency vibration, the amplitudes of the simulated footing seemed to be the largest when vibrating at the smaller contact pressures. This was not well agreed with those cited in some previous literatures.*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Thắm, D. H, “Nghiên cứu thí nghiệm về ổn định và biến dạng của nền móng chịu ảnh hưởng động bằng mô hình thu nhỏ đồng dạng cơ học”, tạp chí Phát triển KHCN, thuộc ĐH Quốc gia, tập 2, Số 9/99.
2. Xavinov, O.A, “Cấu tạo và tính toán móng dưới máy”, NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà nội, 1971.
3. Taylor, D.W, “Fundamental of Soil me
4. Chanics”, Wiley Turtle, Modern Asia edition, 1967.
5. Prakash, S. “Móng cọc trong thực tế xây dựng”. NXB Xây dựng, Hà Nội 1999.
6. Thắm, D.H, “ Nghiên cứu về ảnh hưởng của tải trọng động đối với điều kiện làm việc của nền các công trình bằng thiết bị thí nghiệm là Hộp cát hiệu chỉnh”, Trích kỷ yếu Hội nghị khoa học và Công nghệ lần 7, trường ĐH Kỹ thuật, tháng 4/99.
7. Trai, H.N, “ Cách lập công thức thực nghiệm bằng pp bình phương cực tiểu ...”, tài liệu phát hành nội bộ của nguyên phó TGD Tổng công ty Cienco 6, 1981.
8. Maxlov, N.N, “ Điều kiện ổn định của đất cát bão hòa nước”, nguyên bản tiếng Nga, NXB.

