

# HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA MÓNG BÈ - CỌC

ThS. **TRẦN QUANG HỘ**

Trường Đại học Bách khoa Tp. HCM

KS. **NGUYỄN TRỌNG NGHĨA**

KS. **NGUYỄN ĐĂNG ĐÌNH CHUNG**

TCTy Xây dựng số 1

## 1. Đặt vấn đề

Phương pháp tính móng bè - cọc hiện thời ở Việt Nam là đơn giản về hệ cọc chịu (xem như cọc chịu hoàn toàn tải của công trình) hoặc hệ bè chịu (bè chịu hoàn toàn tải công trình). Phương pháp này có ưu điểm là các bước tính toán áp dụng các lý thuyết kết cấu thông dụng, đơn giản. Nhưng phương pháp này không đúng với điều kiện làm việc thực tế của công trình, không tận dụng hết khả năng chịu lực của kết cấu cũng như đất nền. Kết quả là sử dụng vật liệu nhiều hơn so với các phương án móng khác. Móng bè - cọc do đó được coi như là một phương án “lãng phí” và hầu như không nằm trong kế hoạch thiết kế của các kỹ sư.

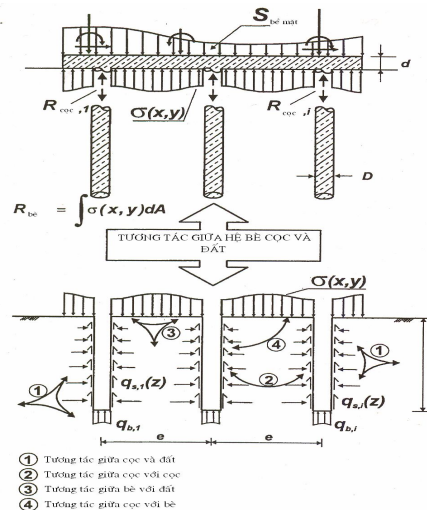
Để thay đổi quan điểm chưa chính xác về móng bè - cọc, các chuyên gia cơ đất đã tìm cách đưa ra các lý thuyết tính toán hệ thống móng này, trong đó có Poulos & Davis (1980), Fleming và các cộng sự (1992), Randolph (1994), Burland (1995), Katzenbach (1998) và những nghiên cứu gần đây của Poulos (1994, 2001a, 2001b). Áp dụng phương trình Midlin của bán không gian đàn hồi vào trong bài toán bè - cọc và những thử nghiệm thực tế để phân tích ngược (back analysis) bài toán này, Poulos (1994) đã đưa ra một mô hình gần với thực tế. Mô hình này được chấp nhận rộng rãi, được áp dụng để xây dựng nhiều công trình và tiếp tục được phát triển.

## 2. Cơ sở khoa học và phương pháp nghiên cứu

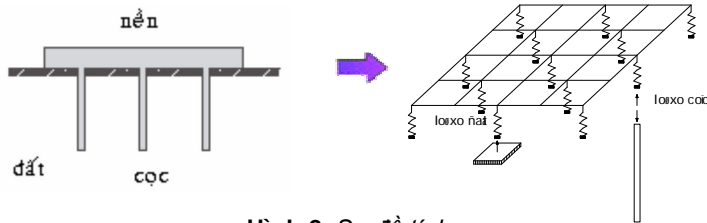
Đặc điểm nổi bật của móng bè - cọc là sự ảnh hưởng tương hỗ giữa đất và kết cấu móng (hình 1) theo bốn ảnh hưởng sau:

- Sự tương tác giữa cọc và đất;
- Sự tương tác giữa cọc và cọc;
- Sự tương tác giữa đất và móng bè;
- Sự tương tác giữa cọc và móng bè.

Sơ đồ tính móng bè - cọc: Móng bè được mô hình bằng phần tử dầm hoặc bằng phần tử tấm hoặc cả hai. Móng bè liên kết với các lò xo tượng trưng cho cọc và cho đất tại các điểm nút. Các lò xo tượng trưng cho cọc và đất có kể đến ảnh hưởng tương hỗ giữa bè, cọc (hình2).



Hình 1. Ảnh hưởng tương hỗ



Hình 2. Sơ đồ tính

### 3. Trình tự phân tích

#### 3.1. Xác định độ cứng lò xo cọc

##### 3.1.1. Chuyển vị do ảnh hưởng giữa cọc với cọc

Xác định  $\rho_{ppK}$ : chuyển vị đứng của lò xo cọc thứ K do sự tương tác của cọc tới cọc (hình 3). Đối với nhóm có n cọc giống nhau:

$$\rho_{ppK} = \delta_1 \sum_{\substack{L=1 \\ L \neq K}}^n (R_{pL} \alpha_{KL}) + \delta_1 R_{pK} \quad (1)$$

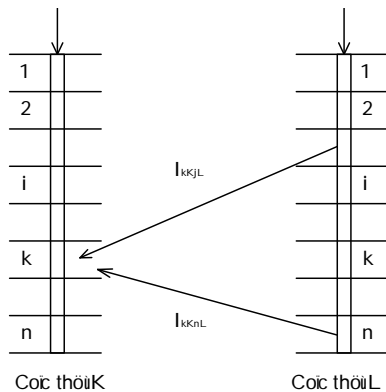
Trong đó:

$\delta_1$  – chuyển vị của cọc do lực đơn vị;

$R_{pL}$  – lực tác dụng trên cọc L;

$R_{pK}$  – lực tác dụng lên cọc K;

$\alpha_{KL}$  – hệ số tương tác giữa cọc K và L.



Hình 3. Tương tác giữa cọc và cọc

Đối với nhóm cọc có các cọc kích thước hình học khác nhau:

$$\rho_{ppK} = \sum_{\substack{L=1 \\ L \neq K}}^n (\delta_{1L} R_{pL} \alpha_{KL}) + \delta_1 R_{pK} \quad (2)$$

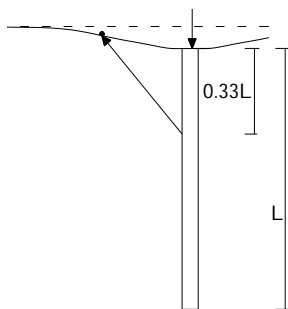
Trong đó:  $\delta_{1L}$  – chuyển vị của cọc L do lực đơn vị;

$\alpha_{KL}$  – hệ số tương tác giữa cọc K và L.

Hệ số  $\alpha$  thay đổi theo hệ số poisson  $\nu$ . Thực nghiệm chỉ xác định  $\alpha_{0.5}$  ứng với  $\nu = 0.5$ . Ứng với

giá trị  $\nu$  bất kỳ:  $\alpha_\nu = \alpha_{0.5} \times N_\nu$  (3)

$N_\nu$  là hệ số hiệu chỉnh  $\alpha_\nu$ , tra bằng biểu đồ.



Hình 4. Tương tác giữa cọc và bè

$$\rho_{psk} = \sum_{i=1}^4 \rho_{psiK} = \sum_{i=1}^4 \frac{qB_i}{2E} (1-\nu^2) \left[ I_{1i} - \left( \frac{1-2\nu}{1-\nu} \right) I_{2i} \right] \quad (4)$$

Trong đó:

$$I_{1i} = \frac{1}{\pi} \left[ \ln \left( \frac{\sqrt{1+m_i^2+n_i^2}+m_i}{\sqrt{1+m_i^2+n_i^2}-1} \right) + m_i \ln \left( \frac{\sqrt{1+m_i^2+n_i^2}+1}{\sqrt{1+m_i^2+n_i^2}-1} \right) \right] \quad (5)$$

$$I_{2i} = \frac{n_i}{\pi} \operatorname{arctg} \left( \frac{m_i}{n_i \sqrt{1+m_i^2+n_i^2}} \right) \quad (6)$$

$m_i = \frac{L_i}{B_i}$  và  $n_i = \frac{z}{B_i}$ ,  $L_i, B_i$  – Chiều dài và chiều rộng của từng hình chữ nhật

### 3.1.2. Độ cứng lò xo cọc thứ K

Chuyển vị đứng của cọc thứ K do sự tương tác của cọc tới cọc và của áp lực bề mặt tới cọc được xác định như sau:

$$\rho_{pK} = \rho_{ppK} + \rho_{psK} \quad (7)$$

Trong đó:

$\rho_{ppK}$  - chuyển vị đứng của lò xo cọc thứ K do sự tương tác của cọc tới cọc.

$\rho_{psK}$  - chuyển vị đứng của lò xo cọc thứ K do sự tương tác của áp lực bề mặt tới cọc.

$$K_{pK} = \frac{R_{pK}}{\rho_{pK}} \quad (8)$$

Trong đó:

$R_{pK}$  - là phân lực của lò xo cọc thứ K.

## 3.2. Xác định độ cứng lò xo đất

### 3.2.1. Chuyển vị do ảnh hưởng giữa cọc và đất

Xác định  $\rho_{spK}$ :

Đối với nhóm có n cọc giống nhau:

$$\rho_{spK} = \delta_1 \sum_{K=1}^n (R_{pK} \alpha_{KM}) \quad (9)$$

Trong đó :

$\delta_1$  – chuyển vị của cọc do lực đơn vị;

$R_{pK}$  – lực tác dụng trên cọc K;

$\alpha_{KM}$  – hệ số tương tác giữa cọc K và điểm đặt lò xo đất M.

Đối với nhóm cọc có các cọc kích thước hình học khác nhau:

$$\rho_{spK} = \sum_{K=1}^n (\delta_{1K} R_{pK} \alpha_{KM}) \quad (10)$$

Trong đó:

$\delta_{1K}$  – chuyển vị của cọc K do lực đơn vị;

$\alpha_{KM}$  – hệ số tương tác giữa cọc K và điểm đặt lò xo đất M.

### 3.2.2 Chuyển vị do ảnh hưởng áp lực bề mặt tới đất

Chuyển vị được xác định tại độ sâu  $z = 0$  tại bề mặt đất như sau. Chia áp lực bên dưới đáy móng bề thành bốn hình chữ nhật có chung góc tại vị trí của lò xo đất, tính chuyển vị gây ra do từng hình chữ nhật một rồi cộng tác dụng.

$$\delta_{ssK} = \sum_{i=1}^4 \delta_{ssiK} = \sum_{i=1}^4 \frac{qB_i}{2E} (1-\nu^2) x \left( I_{1i} - \left( \frac{1-2\nu}{1-\nu} \right) I_{2i} \right) \quad (11)$$

Trong đó :

$$I_{1i} = \frac{1}{\pi} \left[ \ln \left( \frac{\sqrt{1+m_i^2+n_i^2}+m_i}{\sqrt{1+m_i^2+n_i^2}-1} \right) + m_i \ln \left( \frac{\sqrt{1+m_i^2+n_i^2}+1}{\sqrt{1+m_i^2+n_i^2}-1} \right) \right] \quad (12)$$

$$I_{2i} = \frac{n_i}{\pi} \operatorname{tg}^{-1} \left[ \frac{m_i}{n_i \sqrt{1+m_i^2+n_i^2}} \right] \quad (13)$$

$$m_i = \frac{L_i}{B_i} \text{ và } n_i = \frac{z}{B_i}, \text{ với } L_i, B_i - \text{Chiều dài và chiều rộng của tầng hình chữ nhật.}$$

### 3.2.3. Độ cứng lò xo đất

Tương tự chuyển vị đứng của lò xo đất thứ  $M$  do sự tương tác của áp lực bề mặt tới đất ở bề mặt và của cọc tới đất ở bề mặt:

$$\rho_{sM} = \rho_{ssM} + \rho_{spM} \quad (14)$$

Trong đó:

$\rho_{ssM}$  - chuyển vị đứng của lò xo đất thứ  $M$  do sự tương tác của áp lực bề mặt tới bề mặt đất.

$\rho_{spM}$  - chuyển vị đứng của lò xo đất thứ  $M$  do sự tương tác của cọc tới bề mặt đất.

$$K_{sM} = \frac{R_{sM}}{\rho_{sM}} \quad (15)$$

Trong đó:  $R_{sM}$  - là phản lực của lò xo đất thứ  $M$ .

Đầu tiên giả thiết tỉ lệ phân phối tải trọng cho cọc và cho bè thì tính được phản lực của các cọc cũng như của đất nền. Sau đó tính chuyển vị đứng  $\rho_{pK}$ ,  $\rho_{sM}$  theo các phương trình trên. Một khi biết được phản lực của cọc và phản lực của đất nền bên dưới móng bè thì tính được  $K_{pK}$ ,  $K_{sM}$ .

Sau khi biết được độ cứng ban đầu của lò xo đất và lò xo cọc vậy gắn các lò xo tương tác và mô hình móng bè trên cọc như (hình 2) và thêm vào tải trọng của công trình. Giải bài toán sẽ xác định được lực cắt trong móng bè và độ lún sơ bộ của nền. Giải lập bài toán cho đến lúc lực trong các cọc hội tụ đến một giới hạn cho phép.

**Nhận xét:**

Tỉ lệ chia tải cho bè được thử nghiệm bằng mô hình cho thấy: với  $L/D$  từ 15 đến 30 thì tỉ lệ chia tải cho bè thay đổi từ 21-32% tới 11-17%. Lúc đầu, cọc chịu phần lớn tổng tải nhưng sau khi toàn bộ cọc chịu tải tới hạn thì lúc này tỉ lệ chia tải cho bè gia tăng và có thể hơn 30% tổng tải (Olikyun Kwon at al).

Móng bè - cọc phát huy hiệu quả thực sự trên đất tốt. Cụ thể, thành phần bè tham gia chịu tải nhiều hơn nếu lớp đất tiếp xúc ngay bên dưới có sức chịu tải lớn.

### 3.3 Sức chịu tải móng bè - cọc

Theo N.Miura (1997) thì khả năng chịu tải giới hạn của móng bè cọc bằng 80% đến 90% tổng khả năng chịu tải trọng giới hạn của móng bè và của cọc cộng lại.

$$P_{PRu} = \zeta (P_{Pu} + P_{Ru}) \quad (16)$$

Khả năng chịu tải cho phép có thể tính theo một trong hai cách sau đây:

$$P_{PRa} = \zeta \left( \frac{P_{Pu} + P_{Ru}}{F} \right) \quad (17)$$

$$P_{PRa} = \zeta \left( \frac{P_{Pu}}{F_1} + \frac{P_{Ru}}{F_2} \right) \quad (18)$$

Trong đó:

$P_{PRu}$  - khả năng chịu tải tới hạn của hệ thống bè trên cọc;

$\zeta$  - hệ số ảnh hưởng có giá trị từ 0.8 đến 0.9;

$P_{Pu}$  - khả năng chịu tải tới hạn của nhóm cọc;

$P_{Ru}$  - khả năng chịu tải tới hạn của móng bè;

$F_1$  - hệ số an toàn chung cho cọc lấy 1.5 đến 2;

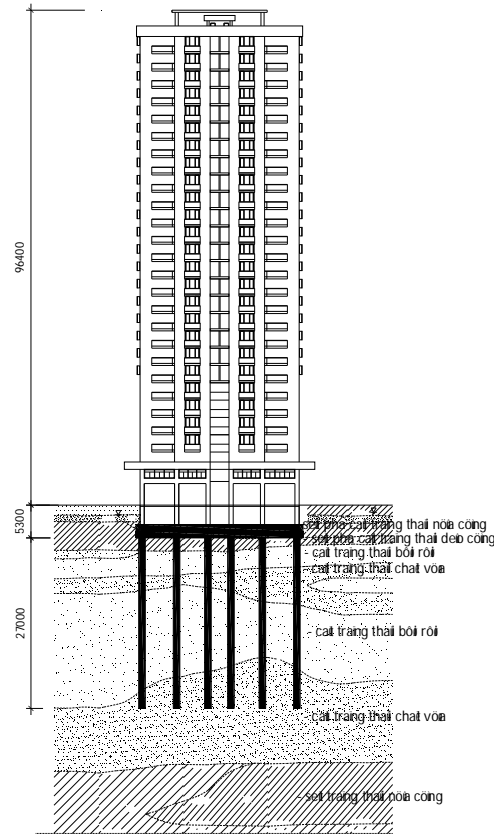
$F_2$  - hệ số an toàn chung cho móng bè lấy bằng 3;

$F$  - hệ số an toàn chung, lấy bằng 3.

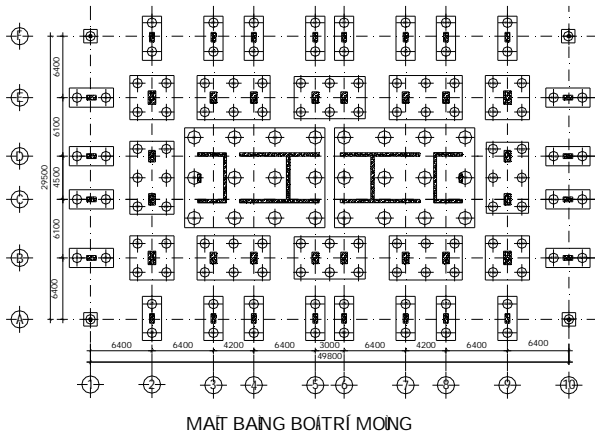
### 4. Hiệu quả kinh tế của móng bè - cọc

Áp dụng phương pháp tính móng bè trên cọc ở hai công trình: chung cư 25 tầng Lê Hồng Phong - Phan Văn Trị, và Chung cư cao cấp GRANDVIEW.

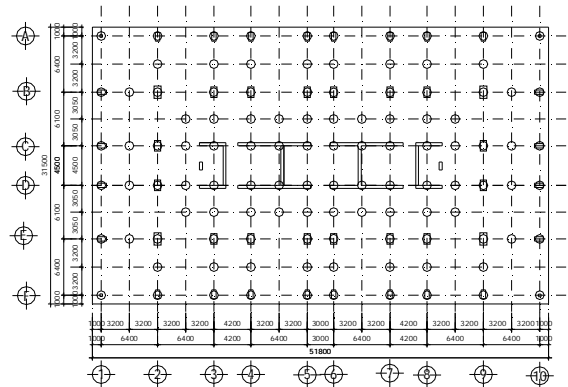
- Tại công trình chung cư 25 tầng Lê Hồng Phong - Phan Văn Trị.



Hình 5. Địa chất của chung cư 25 tầng



MẶT BẰNG BỐ TRÍ MÓNG



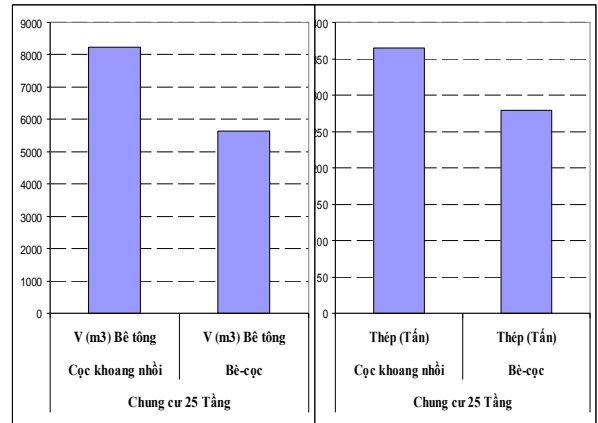
Hình 6. Mặt bằng bố trí móng cọc khoan (24 cọc  $D = 1,4m$ ,  $L = 52m$ ; 112 cọc  $D = 1m$ ,  $L = 47m$  4 cọc  $D = 1m$ ,  $L = 3m$ ); Tổng số cọc 140 cọc

Hình 7. Mặt bằng bố trí móng cọc bè – cọc (Tổng số 112 cọc  $D = 1m$ ,  $L = 27m$ )

Móng bè - cọc trong công trình trên áp dụng bài báo về quang điểm tối ưu trong bố trí cọc của hệ bè cọc (*Optimization concepts for the design of pile raft foundation systems*) của J.E.Bezerra & R.P. Cunha và M.M. Sales. Bố trí các cọc chủ yếu ngay tại các vị trí có lực tập trung như: cột, vách cứng. Công trình này tính lặp đến 6 lần mới hội tụ. Cho kết quả tỉ lệ chia tải như sau: bè chịu 12,95 % tổng tải, cọc chịu 87,05 % tổng tải.

Chung cư 25 Tầng			
Cọc khoan nhồi		Bè-cọc	
Bê tông, $V_1(m^3)$	Thép, $T_1$ (Tấn)	Bê tông, $V_2(m^3)$	Thép, $T_2$ (Tấn)
8223.91	364.6	5638.45	279.055

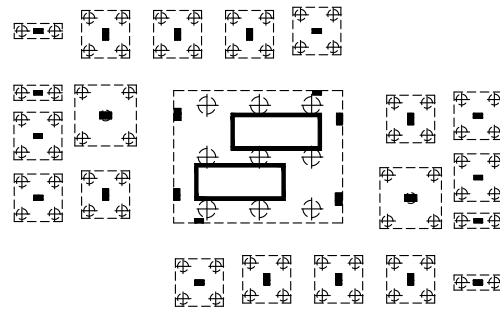
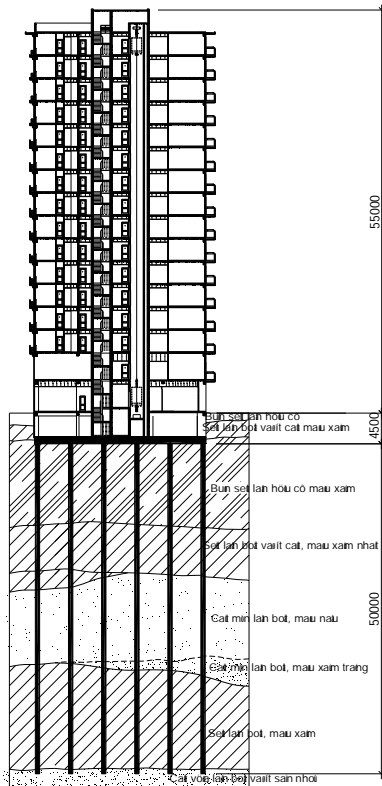
Chung cư 25 tầng	
$\Delta_{bê\text{tông}} = V_1 - V_2$	$\Delta\%_{bê\text{tông}} = \frac{\Delta_{bê\text{tông}}}{V_1} 100\%$
2585.466	<b>31.44</b>
$\Delta_{thép} = T_1 - T_2$	$\Delta\%_{thép} = \frac{\Delta_{thép}}{T_1} 100\%$
85.545	<b>23.46</b>



Hình 8. So sánh thể tích và khối lượng giữa bê tông và thép ở chung cư 25 tầng

Như vậy tại công trình chung cư 25 tầng Lê Hồng Phong – Phan Văn Trị tiết kiệm 31.44% bê tông và 23.46 % thép so với phương án móng cọc khoan nhồi.

- Tại công trình chung cư cao cấp GRANDVIEW

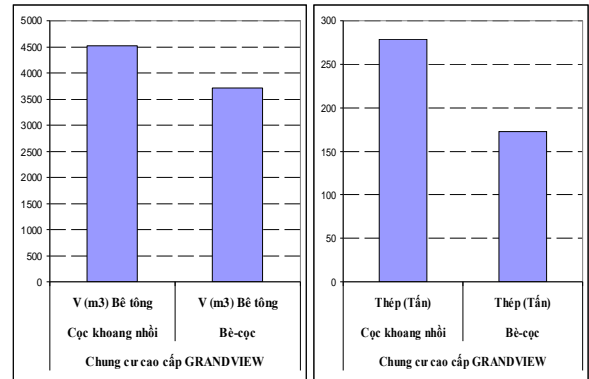


Hình 9. Địa chất chung cư Grandview Hình 11. Mặt bằng bố trí cọc móng bè-cọc (37 cọc D1.2m, L= 50m)

Công trình này tính lập đến 5 lần mới hội tụ. Bố trí cọc theo phương pháp thông dụng (các cọc có khoảng cách đều nhau). Tỷ lệ chia tải bè chịu 13%, cọc chịu 87% tổng tải.

Chung cư cao cấp GRANDVIEW			
Cọc khoan nhồi		Bè-cọc	
Bê tông, $V_1(m^3)$	Thép, $T_1$ (Tấn)	Bê tông, $V_2(m^3)$	Thép, $T_2$ (Tấn)
4523	279	3706.75	173

Chung cư GRANDVIEW	
$\Delta_{bê tông} = V_1 - V_2$	$\Delta\%_{bê tông} = \frac{\Delta_{bê tông}}{V_1} \cdot 100\%$
816.25	18.05
$\Delta_{thép} = T_1 - T_2$	$\Delta\%_{thép} = \frac{\Delta_{thép}}{T_1} \cdot 100\%$
106	37.99



**Hình 12.** So sánh thể tích và khối lượng giữa bê tông và thép ở chung cư Grandview

Như vậy tại công trình *Chung cư cao cấp GRANDVIEW* tiết kiệm 18.05% bê tông và 37.99% thép so với phương án móng cọc khoan nhồi.

### 5. Kết luận

Sử dụng phương pháp xét đến mối quan hệ tương hỗ giữa đất, bê, cọc và áp dụng các lí thuyết nghiên cứu gần đây đem lại hiệu quả kinh tế đáng kể. Nguyên nhân là giảm bớt được số lượng cọc, tận dụng tối đa sức chịu tải cực hạn của cọc, chia tải không chỉ cho cọc mà cả cho bè. Ngoài ra móng bè còn giúp giảm lún lệch, chịu tải ngang. Hệ bè - cọc còn có khả năng kháng chấn hơn hẳn các hệ thống móng khác. Như vậy móng bè cọc nếu sử dụng phương pháp tính toán hợp lí sẽ là một hệ thống móng ưu việt không chỉ ở tính kinh tế mà còn có tính ổn định cao.

Đáng tiếc là tại Việt Nam vẫn chưa có tiêu chuẩn thiết kế móng bè - cọc. Người thiết kế vẫn còn sử dụng quan niệm tính toán đơn giản cũ cho móng bè - cọc. Trên thế giới đã có nhiều công trình thực tế ra đời dựa trên lí thuyết tính toán này. Thiết nghĩ đã đến lúc chúng ta nên kế thừa kết quả nghiên cứu của các chuyên gia đi trước để thiết kế một tiêu chuẩn về móng bè - cọc. Và khi đã có được tiêu chuẩn thiết kế thì sẽ giúp giảm bớt đáng kể chi phí xây dựng phần móng. Đặc biệt là móng cho các nhà cao tầng như: chung cư, cao ốc văn phòng, bệnh viện v.v...

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Poulos H.G. an approximate numerical analysis of pile raft interaction. International journal of Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol.18, pp.73-92, 1994.
2. R. Katzenbatch, U.Arslan & chr. Moormann. Design and Safety concept for piled raft foundations. Proc. 3<sup>rd</sup> Intl. Geotech seminar on deep foundations on bored and Auger piles, 19-25 October. 1998.
3. Kiyoshi Yamashita, Takeshi Yamada & Masaaki Kakurai. Simplified method for analyzing piled raft foundations. Proc. 3<sup>rd</sup>. Int geotech seminar on deep foundations on bored and Auger piles, 19-25 October. 1998.
4. Olikyun Kwon et al. Load sharing ratio of raft in piled footing on granular soil by model test. Proc 16<sup>th</sup> Int conf. Soil Mech. Found. Eng.
5. N. Miura et al. Piled raft system in soft clay - Improvement of soft ground, edited by Norihiko Miura and Demmes T.Bevgad, 1999, pp. 183-195.
6. TRẦN QUANG HỘ, Tập bài giảng giải pháp nền móng hợp lý, chương móng bè – cọc.