# NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG ÁP DỤNG MÓNG CỌC CHẾ TẠO SẴN KÍCH THƯỚC LỚN CHO NHÀ NHIỀU TẦNG TẠI TP. HỒ CHÍ MINH

**NGUYỄN BẢO VIỆT***

***Applicability of large prefabricated piles for high-rise building in HCM city.***
***Abstract:*** *Bored pile foundation normally is used for most high-rise buildings in HoChiMinh city as well as the other big cities in Vietnam. Generally, construction of bored piles makes a lot of soil trashes which are big problems for not only the site but also for the environment. Recently, large prefabricated piles with high bearing capacity, short time in construction and almost no trash is applied for several structures with high efficiency. This paper studies applicability of large prefabricated pile foundation for high-rise buildings of 15~30 storeys with typical soil strata of HoChiMinh city. The results show that large prefabricated piles is an alternative approach with bored piles for foundation of high-rise building in most of studied cases.*
***Keywords:*** *large prefabricated piles, high-rise buildings, applicability, typical soils of HoChiMinh city.*

## 1. GIỚI THIỆU

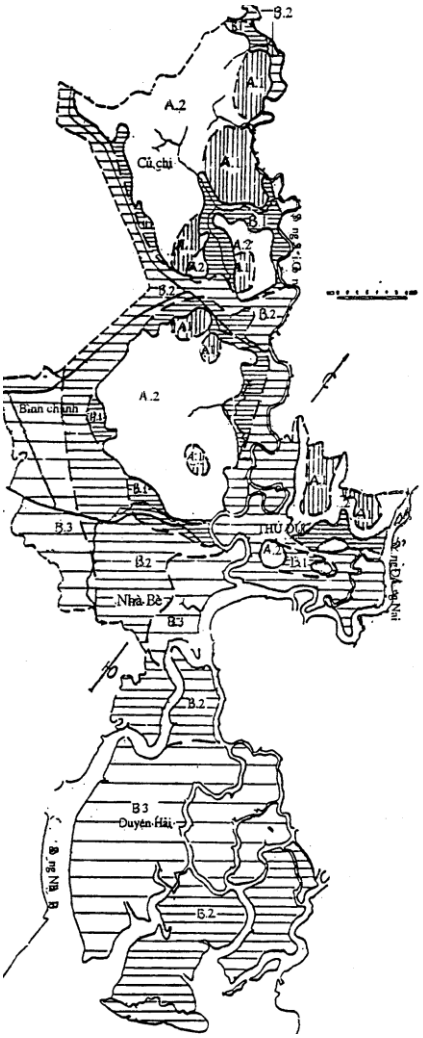
Ngày nay, cùng với sự phát triển của kinh tế, sự phát triển của đô thị và dân cư đô thị đặc biệt tại các thành phố lớn của Việt Nam như TP. Hồ Chí Minh tăng tốc rất nhanh. Để đáp ứng nhu cầu nhà ở của người dân, rất nhiều nhà cao tầng đang được mọc lên. Các tòa nhà này với chiều cao lớn, tải trọng nhiều đòi hỏi phải được đặt trên một nền móng vững chắc. Cho đến nay, móng cọc khoan nhồi là loại được sử dụng nhiều nhất cho các công trình cao tầng. Phải nói rằng cọc khoan nhồi có sức chịu tải rất cao do có kích thước, chiều dài lớn với mũi cọc có thể được đặt vào các lớp đất tốt sâu phía dưới đúng theo mong muốn của thiết kế. Tuy nhiên, cọc khoan nhồi cũng có một số nhược điểm của nó như việc thi công tạo ra quá nhiều mùn đất, thời gian thi công khá lâu khi phải khoan lỗ, đổ bê tông và chờ bê tông đủ cường độ. Các công trường trong quá trình thi công cọc khoan nhồi hầu hết đều như ruộng bùn do dung dịch khoan cũng như bùn đất lấy từ hố khoan lên. Với điều kiện mặt bằng thi công như vậy thì tất cả các hoạt động trên công trường sẽ bị ảnh hưởng và thời gian thi công có thể sẽ bị kéo dài. Thêm nữa việc tạo ra một khối lượng lớn các bùn đất đó vừa có tác động xấu đến môi trường cộng thêm phần kinh phí để xử lý bùn đất đó.

Với kích thước lên tới *1,2m*, sức chịu tải cho phép của một cọc đúc sẵn có thể đạt tới *8'000kN* hoàn toàn đủ khả năng để nâng đỡ các tòa nhà cao tầng có tải trọng lớn. Phương án này chính là một giải pháp có thể tránh được các hệ lụy về bùn đất thải cũng như giảm thời gian thi công cũng như giá thành công trình so với phương án cọc khoan nhồi.

Việc nghiên cứu tính khả thi của biện pháp móng cọc chế tạo sẵn kích thước lớn cho nhà cao tầng là hoàn toàn cần thiết. Tuy nhiên hiện

* *Trường Đại học Xây dựng*
*Tel: 0982220703*
*Email: nbviet.huce@gmail.com*

tại mới có một số ít nghiên cứu, công bố về đề tài này. Tính khả thi của việc sử dụng cọc vuông đặc cho các công trình cao tầng tại Hà Nội đã được nghiên cứu trong đó có đề cập tới một công trình thực tế cao 20 tầng đã ứng dụng thành công loại móng này [3].




*Hình 1: Bản đồ phân vùng địa tầng khu vực TP. Hồ Chí Minh (theo [22])*

Với các tiền đề như vậy, bài báo này đi vào nghiên cứu tính khả thi của cọc chế tạo sẵn kích thước lớn cho móng các tòa nhà 15~30 tầng trên các loại địa tầng điển hình của thành phố Hồ Chí Minh.

## 2. ĐIỀU KIỆN ĐỊA CHẤT TP. HỒ CHÍ MINH

Thành phố Hồ Chí Minh nằm trong vùng chuyển tiếp giữa miền Đông Nam Bộ và đồng bằng sông Cửu Long có độ cao 5~10m so với mực nước biển.

Lãnh thổ thành phố Hồ Chí Minh được cấu tạo bởi các trầm tích Kainozoi (Neogen - Đệ tứ), sắp xếp trên móng cứng Mezozoi ở độ sâu 300~350m tại Bình Chánh, nâng lên 100~150m ở sông Sài Gòn rồi nhanh chóng đạt tới 50~20m ở Thủ Đức và lộ ra trên mặt địa hình ở Long Bình (Thủ Đức).[2]

Cấu trúc địa chất lãnh thổ thành phố Hồ Chí Minh tương đối phức tạp, đặc biệt là ở phần trên của mặt cắt. Dựa trên đặc điểm phân bố không gian và thành phần có thể chia lát cắt của trầm tích khu vực TP. Hồ Chí Minh thành hai phần. Phần trên cấu tạo chủ yếu từ các trầm tích mềm dính với bề dày 10-30m và phần dưới cấu tạo từ các trầm tích mềm rời phân bố bắt đầu từ độ sâu 10-30m.

Các trầm tích có tuổi, nguồn gốc, thành phần vật chất và trạng thái khác nhau, phân bố ở những điều kiện khác nhau, vì thế ảnh hưởng của chúng tới sức chịu tải của móng cọc cũng rất khác nhau. Như vậy trong vùng ảnh hưởng của chúng sẽ có mặt chủ yếu đất đá của các tầng Trảng Bom, Thủ Đức, Củ Chi, Bình Chánh, Cần Giờ và các trầm tích Holoxen trên.

Hình 1 thể hiện sự phân bố của các loại địa tầng chính của TP. Hồ Chí Minh với các mô tả và đặc tính của từng lớp đất của địa tầng trong Bảng 1.

**Bảng 1: Mô tả các địa tầng chính khu vực TP. Hồ Chí Minh (theo [22])**

| Loại địa tầng | Mô tả | Phân bố |
|---|---|---|
| A1 | Lớp 1: Sét, sét pha tầng Củ Chi, Thủ Đức, bề dày hơn 10m, B=0,1, Ro = 2,5~3,0 kG/cm$^2$.<br>Lớp 2: Sét, sét pha tầng Trảng Bom, bề dầy 5m, B=0,15, Ro = 3,0~5,0kG/cm$^2$<br>Lớp 3: Cát, cuội sỏi Trảng Bom chặt, dày 10~30m, SCT lớn | Chiếm diện tích tương đối rộng ở bắc Thủ Đức, bắc Củ Chi và một phần nhỏ ở trung tâm thành phố. |
| A2 | Lớp 1: Sét, sét pha tầng Bình Chánh, bề dày hơn 10m, B=0,7, Ro = 1,5-2,0 kG/cm$^2$.<br>Lớp 2, Lớp 3: giống A1 | Bao gồm phần lớn diện tích trung tâm thành phố, tây bắc Củ Chi. |
| B1 | Lớp 1: Bùn hữu cơ hiện đại, tầng Cần Giờ, bề dày tới 10m, B=1,7.<br>Lớp 2: Sét, sét pha tầng Trảng Bom, bề dầy trên 10m, Ro = 3,0~5,0kG/cm$^2$<br>Lớp 3: Cát, cuội sỏi Trảng Bom phía dưới, dày 10~30m, SCT lớn | Khu B chiếm toàn bộ diện tích huyện Duyên Hải, Nhà Bè, Bình Chánh, nam Thủ Đức, tây nam Củ Chi và dọc ven sông Sài Gòn |
| B2 | Lớp 1: Bùn hữu cơ hiện đại, tầng Cần Giờ, bề dày tới 20m, B=1,7.<br>Lớp 2, Lớp 3: giống B1 | |
| B3 | Lớp 1: Bùn hữu cơ hiện đại, tầng Cần Giờ, bề dày tới 30m, B=1,7.<br>Lớp 2, Lớp 3: giống B1 | |

## 3. MÓNG CỌC CHẾ TẠO SẴN

Móng cọc đã được sử dụng từ rất sớm khoảng 1200 năm trước với sự khởi nguồn từ việc sử dụng các cây gỗ sẵn có trong tự nhiên trong việc đóng xuống nền đất để chống đỡ tải trọng của công trình. Móng cọc bê tông cốt thép được dùng ở Việt Nam từ những năm đầu thế kỷ 20 nhưng bắt đầu phổ biến vào những năm 60 rồi bùng nổ vào những năm 90 thế kỷ trước. Tuy nhiên lúc đó, các cọc bê tông chế tạo sẵn này hầu hết đều có kích thước nhỏ, sức chịu tải bé nên chỉ thích hợp cho các công trình thấp tầng.

Tuy nhiên gần đây, do sự phát triển của công nghệ, các thiết bị thi công hạ cọc với năng lực lớn đã xuất hiện để thi công các cọc có kích thước sức chịu tải cao. Với đường kính cọc có thể lên tới 1,2m, sức chịu tải cho phép của một cọc có thể đạt tới 8'000kN. Do đó, chúng hoàn toàn có thể được sử dụng để chống đỡ các công trình cao tầng có tải trọng lớn.

Để nghiên cứu tính ứng dụng của cọc chế tạo sẵn tại khu vực TP. Hồ Chí Minh, một số giả thiết được đưa ra như sau:

a) Công trình được giả định có số tầng là *15, 20, 25, 30*;

b) Tổng tải trọng đứng quy đổi trung bình tính cho 1 tầng sàn là *15kPa*, riêng sàn tầng hầm có giá trị là *60kPa*;

c) Tác động của tải trọng gió và động đất lên kết cấu móng được coi bằng *50%* tổng tải trọng do tải trọng đứng gây ra.

d) Khoảng cách giữa các cọc tối thiểu là *4* lần đường kính cọc.

e) Độ mảnh của cọc, *L/d*, tối đa là *70*;

f) Một số tính chất cơ lý cũng như chiều dày của các lớp đất đặc trưng được tham khảo từ tài liệu [2] với các giá trị được trình bày trong Bảng 1.

Từ các giả thiết a), b) và c), tổng tải trọng đứng tác dụng lên móng, p, có thể được ước tính theo công thức sau đây:

$p = 1,5(15n + 60)$ (1)

Trong đó: $n$ = số tầng.

Tổng tải trọng tác dụng lên móng của từng loại công trình được thể hiện trong Bảng 2.

**Bảng 2. Tổng tải trọng thẳng đứng tác dụng lên kết cấu móng**

| Công trình có số tầng | 15 | 20 | 25 | 30 |
|---|---|---|---|---|
| Tải trọng lên móng (kPa) | 427,5 | 540 | 652,5 | 765 |

**3.1. Sức chịu tải theo vật liệu**

Sức chịu tải cho phép của cọc bê tông cốt thép chịu nén theo vật liệu với tải trọng ngắn hạn có thể tính gần đúng theo công thức sau:

$[P]_{vl} \approx R_{b_sec}.F_c$ (2)

Trong đó:

$R_{b_sec}$ – Cường độ chịu nén tiêu chuẩn của bê tông cọc;

$F_c$ – Diện tích tiết diện ngang cọc.

Cọc bê tông dự ứng lực hiện tại được sản xuất đại trà trong nhà máy bởi khá nhiều nhà sản xuất. Chúng hầu hết đều thỏa mãn tiêu chuẩn liên quan hiện hành như: TCVN 7888 : 2008 "Cọc bê tông ly tâm ứng lực trước" và Tiêu chuẩn: JIS A5373 "Precast Prestressed concrete products".

Sức chịu tải theo vật liệu với tải trọng ngắn hạn theo tính toán cho cọc vuông với bê tông cấp độ bền B40 và theo quy cách của nhà sản xuất cọc Phan Vũ được liệt kê trong bảng 3 dưới đây.

**Bảng 1. Sức chịu tải theo vật liệu của cọc bê tông cốt thép (kN)**

| Cọc BTCT chế tạo sẵn (B40) | | | | Cọc tròn BT dự ứng lực (loại A, B95) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 35x35 | 40x40 | 45x45 | 50x50 | D500 | D600 | D700 | D800 |
| 3550 | 4640 | 5870 | 7250 | 5120 | 6878 | 8846 | 11030 |

**3.2 Sức chịu tải theo đất nền**

Dựa trên các giá thiết e) và g), sức chịu tải cho phép của cọc theo đất nền, $Q_a$, của cọc chế tạo sẵn có thể được tính theo công thức A.4 trong [1] như sau:

$$Q_a = \frac{q_p.A_p + u\sum f_i.l_i}{FS} \quad (3)$$

Trong đó: $q_p$ = Sức kháng mũi cọc được tra bảng phụ thuộc và độ sâu và loại đất;

$A_p$ = Tiết diện ngang của cọc;

$f_i$ = Sức kháng ma sát của đoạn cọc thứ *i* được tra bảng phụ thuộc và độ sâu và loại đất;

$l_i$ = Chiều dài đoạn thứ *i* của cọc;

$u$ = Chu vi tiết diện ngang cọc;

$FS$ = Hệ số an toàn tổng thể, trong trường hợp này lấy bằng *2*.

Kết quả tính toán sức chịu tải theo đất nền của một số loại cọc thông dụng được thể hiện trong bảng 4 dưới đây.

Để tiện lợi cho việc so sánh, đánh giá khả năng sử dụng cọc chế tạo sẵn cho các công trình cao tầng, sức chịu tải của cọc được thể hiện dưới dạng sức chịu tải trên *1* đơn vị diện tích như sau:

$$Q_{aua} = \frac{Q_a}{A_{\min}} \quad (4)$$

Trong đó:

$Q_{aua}$ = Sức chịu tải cọc trên 1 đơn vị diện tích;

$A_{min}$ = Diện tích tối thiểu cần có để bố trí 1 cọc;

Theo giả thiết d), diện tích tối thiểu, $A_{min}$, cần thiết để bố trí *1* cọc phụ thuộc vào kích thước của cọc và được xác định cho các loại cọc khác nhau ở bảng 5, kết quả tính $Q_{aua}$ được thể hiện trong bảng 6.

**Bảng 4. Sức chịu tải cho phép theo đất nền của một số loại cọc $Q_a$ (kN)**

| Loại địa tầng | D50 | D60 | D70 | D80 | 35x35 | 40x40 | 45x45 | 50x50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 2650 | 4540 | 6340 | 7940 | 1510 | 2070 | 2710 | 3370 |
| A2 | 2260 | 3510 | 5800 | 7320 | 1170 | 1680 | 2270 | 2880 |
| B1 | 2230 | 3480 | 4990 | 6270 | 1300 | 1810 | 2240 | 2840 |
| B2 | 1980 | 2830 | 4230 | 5400 | 810 | 1260 | 1890 | 2530 |
| B3 | 1340 | 2480 | 3910 | 4370 | 110 | 150 | 1150 | 1700 |

**Bảng 5. Diện tích tối thiểu cần thiết để bố trí *1* cọc $A_{min}$ ($m^2$)**

| Loại cọc | D50 | D60 | D70 | D80 | 35x35 | 40x40 | 45x45 | 50x50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diện tích tối thiểu, $A_{min}$ | 4,00 | 5,76 | 7,84 | 10,24 | 1,96 | 2,56 | 3,24 | 4,00 |

**Bảng 6. Sức chịu tải cho phép theo đất nền của một số loại cọc trên *1* $m^2$ $Q_{aua}$ ($kN/m^2$)**

| Loại địa tầng | D50 | D60 | D70 | D80 | 35x35 | 40x40 | 45x45 | 50x50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 663 | 788 | 809 | 775 | 770 | 809 | 836 | 843 |
| A2 | 565 | 609 | 740 | 715 | 597 | 656 | 701 | 720 |
| B1 | 558 | 604 | 636 | 612 | 663 | 707 | 691 | 710 |
| B2 | 495 | 491 | 540 | 527 | 413 | 492 | 583 | 633 |
| B3 | 335 | 431 | 499 | 427 | 56 | 59 | 355 | 425 |

Để đánh giá khả năng áp dụng móng cọc chế tạo sẵn cho các công trình cao tầng, tổng tải trọng tác dụng lên móng cần được so sánh với tổng sức chịu tải của cọc. Nói cách khác, tỷ số giữa sức chịu tải của cọc trên 1 đơn vị diện tích, $Q_{aua}$, và tải trọng tác dụng lên diện tích đó, $p$, thể hiện tính khả thi của phương án móng cọc. Tỷ số đó được gọi là hệ số khả thi, $R_{fea}$, và được xác định bằng công thức sau:

$R_{fea} = Q_{aua} / p$ (5)

Dựa trên giá trị $R_{fea}$, tính khả thi của phương án móng cọc có thể được chia làm 3 loại như sau: a) Tính khả thi cao, $R_{fea} \geq 1,0$; b) Tính khả thi trung bình, $1,0 > R_{fea} \geq 0,8$ và c) tính khả thi thấp, $R_{fea} < 0,8$.

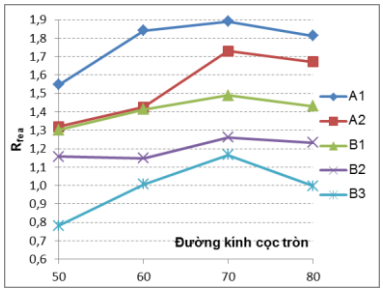
Kết quả tính toán hệ số khả thi, $R_{fea}$, cho các công trình quy mô 15, 20, 25, 30 tầng trên các loại địa tầng A1, A2, B1, B2, B3 đặc trưng của Thành phố Hồ Chí Minh được thể hiện ở Hình 2 cho móng cọc tròn và ở Hình 3 cho móng cọc vuông.

Đối với công trình 15 tầng, việc sử dụng móng cọc đúc sẵn có tính khả thi cao cho tất cả các loại địa tầng, $R_{fea} > 1,1$. Tuy nhiên có môt lưu ý là địa tầng B3 do có lớp đất yếu dày nên các phương án móng cọc có kích thước nhỏ đều không phù hợp. Với trường hợp này nên sử dụng loại cọc tròn D70.

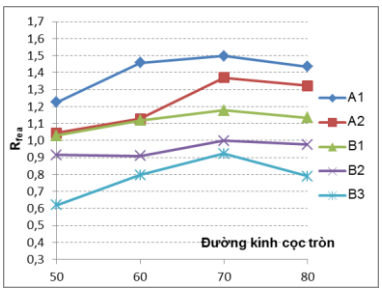
Khi số tầng của công trình tăng lên 20, tính khả thi đối với địa tầng B2 và B3 xuống mức trung bình $R_{fea} \approx 0,9 \sim 1,0$ các loại cọc nhỏ có

kích thước từ 35cm~60cm không còn phù hợp.

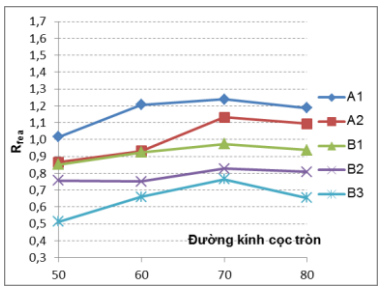
Khi công trình 25 tầng, chỉ địa tầng loại A1, A2 là có tính khả thi cao với loại cọc kích thước lớn D70, D80. Địa tầng loại B2, B3 có tính khả thi thấp với mọi loại phương án cọc nghiên cứu. Trong trường hợp công trình có số tầng 30, cao nhất trong nghiên cứu này, duy nhất địa tầng A1 có tính khả thi cao với loại cọc D60~80. Các địa tầng B2, B3 có tính khả thi thấp, A2, B1 có tính khả thi trung bình.



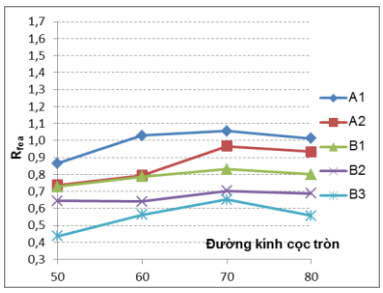

*(a) Nhà 15 tầng*




*(b) Nhà 20 tầng*




*(c) Nhà 25 tầng*

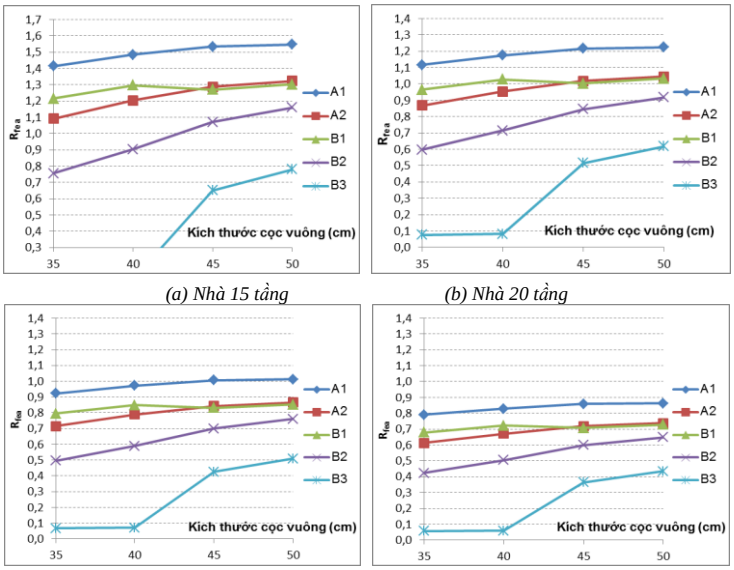



*(d) Nhà 30 tầng*

*Hình 2: Hệ số khả thi, $R_{fea}$, của phương án móng sử dụng cọc tròn ly tâm, ứng suất trước cho một số công trình cao tầng với các loại địa tầng khu vực TP. Hồ Chí Minh*

Trong nghiên cứu này có thể thấy, móng sử dụng cọc tròn D70 có tính khả thi cao nhất. Các loại cọc kích thước nhỏ hơn *50cm* không phù hợp với nền đất yếu B2, B3 nhưng khá phù hợp với các công trình có số tầng không quá cao khoảng 15~20 tầng. Địa tầng A1 là loại nền phù hợp nhất, có tính khả thi cao đối với các công trình cao tầng 15~30 trong phạm vi nghiên cứu.

Đối với cọc vuông đặc, sức chịu tải theo vật liệu dễ dàng thỏa mãn điều kiện thi công khi lực ép hạ cọc bằng 2 lần sức chịu tải cho phép theo đất nền chỉ với bê tông cấp độ bền B40. Tuy nhiên cần lưu ý rằng, sức chịu tải theo vật liệu của các cọc tròn ly tâm ứng lực trước đều không thỏa mãn yêu cầu về khả năng chịu lực trong giai đoạn thi công trừ trường hợp cọc D50 hoặc địa tầng thuộc loại B2, B3. Do đó để đảm bảo tính khả thi của của phương án móng cho các địa tầng loại A1, A2, B1, cọc D60~80 cần có độ dày cọc lớn hơn hoặc bê tông có cường độ cao hơn. Thêm nữa, các thiết bị và phương án hạ cọc cũng cần được xem xét khi kích thước của cọc lớn, sức chịu tải cao.




*(a) Nhà 15 tầng* *(b) Nhà 20 tầng*

*(c) Nhà 25 tầng* *(d) Nhà 30 tầng*

*Hình 3: Hệ số khả thi, $R_{fea}$, của phương án móng sử dụng cọc vuông cho một số công trình cao tầng với các loại địa tầng khu vực TP. Hồ Chí Minh*

## 5. KẾT LUẬN

Tính khả thi của một số phương án móng cọc chế tạo sẵn bao gồm cả cọc vuông và cọc tròn ly tâm dự ứng lực đã được nghiên cứu cho các công trình cao tầng tại Thành phố Hồ Chí Minh. Từ kết quả phân tích, tính toán trong bài báo này, một số kết luận có thể được rút ra như sau:

- Công trình 15 tầng rất phù hợp với móng cọc chế tạo sẵn, riêng với địa tầng loại B3, cọc nên kích thước lớn D70.
- Khi công trình tăng lên 20 tầng, đối với địa tầng B2 và B3, tính khả thi xuống mức trung bình, các loại móng cọc nhỏ có kích thước từ 35cm~60cm không nên được sử dụng.
- Đối với công trình 25 tầng, địa tầng loại A1, A2 có tính khả thi cao với loại cọc kích thước lớn D70, D80. Địa tầng loại B2, B3 có tính khả thi thấp với mọi phương án cọc nghiên cứu.
- Trong trường hợp công trình có số tầng 30, duy nhất địa tầng A1 có tính khả thi cao với loại cọc D60~80. Các địa tầng B2, B3 có tính khả thi thấp, A2, B1 có tính khả thi trung bình.
- Cần lưu ý sức chịu tải theo vật liệu của các cọc tròn ly tâm ứng lực trước loại phổ thông đường kính lớn D60 trở lên đều khá nhỏ so với yêu cầu thi công bằng phương pháp ép thông thường trừ địa tầng thuộc loại B2, B3. Vì vậy, cần có các thiết kế riêng cho loại cọc này khi sử dụng chúng cho các công trình cao tầng.

Việc áp dụng móng cọc chế tạo sẵn tại những vùng địa tầng có lớp cát xen kẹp cần phải cân nhắc kỹ vì với địa tầng loại này việc hạ cọc xuyên qua lớp cát xen kẹp xuống lớp đất tốt phía dưới là khá khó khăn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Tiêu chuẩn Xây dựng TCXD 205-1998. *Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế*, 1998.

[2] Đoàn Thế Tường, Các dạng nền tại đô thị Hà Nội, TP.Hồ Chí Minh và đánh giá chúng phục vụ xây dựng công trình ngầm, Bài viết chuyên gia Công trình ngầm, 2008.

[3] Bao Viet NGUYEN, Large prefabricated pile foundation, a solution for high-rise buildings in Ha Noi, Proceedings of USMCA 2013 New Technologies for Urban Safety of Mega Cities in Asia, pp.1165-1171, (2013).

*Người phản biện:* PGS.TS. NGUYỄN BÁ KẾ