

GIẢI PHÁP THIẾT KẾ BIỆN PHÁP THI CÔNG TƯỜNG TẦNG HẦM BẰNG CÔNG NGHỆ CỌC CẮT KHUYẾT

DESIGN SOLUTIONS CONSTRUCTION MEASURES OF BASEMENT WALL USING SECANT-PILE TECHNOLOGY

Lại Tiến Phong¹, Nguyễn Đình Dinh², Nguyễn Đông Phong³, Lê Anh Dũng⁴
^{1,2,3,4} Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Email: ¹ phong.lt@cdec-ibst.vn, ² dinh.nd@cdec-ibst.vn

³ phong.nd@cdec-ibst.vn, ⁴ dung.la@cdec-ibst.vn

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses3-4>

TÓM TẮT: Ngày nay các công trình có một hay nhiều tầng hầm phục vụ nhu cầu để xe tăng vọt tạo nên nhu cầu phát triển nhiều công nghệ thi công tường tầng hầm để phù hợp với từng điều kiện địa chất khác nhau theo vị trí công trình và công năng công trình. Ngoài ra việc các công trình cần đẩy nhanh tiến độ thi công, đảm bảo chất lượng thi công đòi hỏi các công nghệ thi công phát triển không ngừng. Bài báo đưa ra một số kinh nghiệm trong công tác lập thiết kế biện pháp thi công đảm bảo an toàn cho kết cấu công trình, tối ưu trong chi phí và đảm bảo tiến độ thi công công trình.

TỪ KHÓA: Biện pháp thi công, công nghệ thi công tường tầng hầm.

ABSTRACTS: Nowadays, projects have one or more basements to serve the skyrocketing demand for parking, creating a need to develop many basement wall construction technologies to suit different geological conditions depending on the project location and location construction function. In addition, the need to speed up construction progress and ensure construction quality requires continuously developing construction technologies. The article presents some experiences in designing construction methods to ensure the safety of construction structures, optimize costs and ensure construction progress..

KEYWORDS: Construction methods, construction technology of basement walls.

1. GIỚI THIỆU

Tường cọc Secant là tường chắn được xây dựng để giữ đất trước khi đào. Bức tường được hình thành bằng cách xây dựng xen kẽ các cọc sơ cấp và thứ cấp, trong đó các cọc thứ cấp cắt một phần vào hai bên của các cọc sơ cấp để tạo thành một cấu trúc không thấm nước liên tục. Tường secant pile thường được sử dụng để thay thế cho tường vây nơi dự đoán có vật cản hoặc trong các dự án tầng hầm đô thị nơi không gian bị hạn chế. So với tường vây, chúng có thể linh hoạt về hình dạng và cung cấp hoạt động tương đối nhỏ gọn so với thiết bị cần thiết để hỗ trợ thiết bị lưu thông và giữ bentonite.

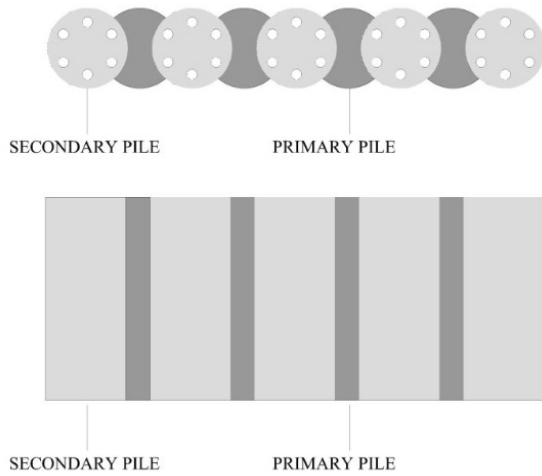
Tường secant pile là phương pháp thi công phần ngầm khá phổ biến trên thế giới, tuy nhiên tại Việt Nam phương pháp này chưa thực sự phổ biến.

Bài báo giới thiệu và trình bày công nghệ thi công cọc khoan nhồi Secant pile để làm tường biện pháp thi công phần ngầm.

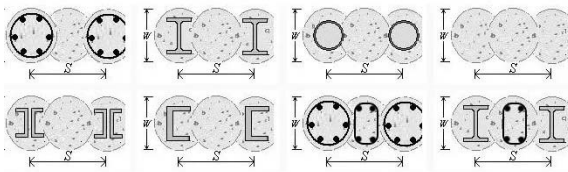
2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

2.1. Giới thiệu phương pháp thi công cọc Secant pile

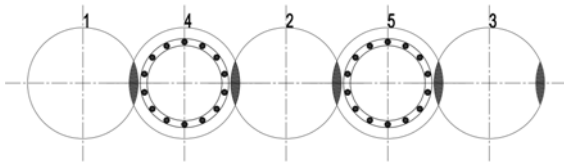
Tường Secant pile được hình thành bằng cách xây dựng các cọc bê tông không cốt thép (cọc sơ cấp - primary pile) và các cọc bê tông cốt thép (cọc thứ cấp - secondary pile) giao nhau. Các cọc secant pile thứ cấp (secondary pile) được gia cố bằng cốt thép hoặc dầm thép và được thi công bằng cách khoan. Các cọc sơ cấp được lắp đặt trước với các cọc thứ cấp được xây dựng ở giữa các cọc sơ cấp sau khi cọc sơ cấp có đủ cường độ. Cọc chồng lên nhau thường theo thứ tự 5-8 cm.



Hình 1. Hình ảnh minh họa tường Secant pile



Hình 2. Một số loại tường secant pile thông thường



Hình 3. Mặt cắt một đoạn tường điển hình và trình tự thi công các cọc điển hình cho một đoạn tường



Hình 4. Hình ảnh minh họa tường Secant pile sau khi hoàn thiện

2.1.1. Các bước để thực hiện công nghệ cọc khoan nhồi Secant pile

Bước 1: Chuẩn bị mặt bằng thi công, tập kết vật tư, máy móc...

Bước 2: Chuẩn bị máy khoan, máy phát điện...

Bước 3: Định vị lỗ khoan, thi công tường dẫn.

- Công đoạn này đặc biệt quan trọng do các cọc cần được cắt xuyên vào nhau để đảm bảo tính kín khít của hệ tường sau khi thi công, do đó thông thường khi thi công, đơn vị thi công sẽ tạo hệ tường dẫn để định vị lỗ khoan khi thi công;



Hình 5. Hình ảnh minh họa thi công tường dẫn



Hình 6. Hình ảnh thực tế tường dẫn sau khi thi công

Bước 4: Hạ ống vách.

- Tương tự như phương pháp thi công cọc khoan nhồi truyền thống, cần hạ ống vách (ống casing) để định hình lỗ khoan cọc.

- Khác với phương pháp thi công cọc khoan nhồi truyền thống, phương pháp thi công cọc secant pile cần đặt ống vách (casing) dài bằng chiều dài cọc (công nghệ full casing) do đó ống vách đặc thù cần dày hơn so với khi ống vách thông thường cho cọc khoan nhồi.

- Trong một số trường hợp, người ta có thể vừa hạ ống vách, vừa khoan tạo lỗ bằng máy chuyên dụng.

Bước 5: Khoan tạo lỗ cọc chính (cọc không có cốt thép) bằng máy khoan chuyên dụng.



Hình 7. Hình ảnh minh họa cho công tác khoan tạo lỗ cọc chính (cọc không có cốt thép)

Bước 6: Vệ sinh thổi rửa lỗ khoan, đổ bê tông cọc chính.

Bước 7: Khoan tạo lỗ cọc cắt khuyết (cọc có cốt thép hoặc dầm thép) bằng máy khoan chuyên dụng.



Hình 8. Hình ảnh minh họa cho công tác khoan tạo lỗ cọc cắt giữa (cọc có cốt thép)

Bước 8: Hạ lồng cốt thép - thổi rửa lại lỗ khoan lần 2 (Nếu cần).



Hình 9. Hình ảnh minh họa cho công tác hạ lồng cốt thép

Bước 9: Hạ ống Tremie – đổ bê tông cọc.

Bước 10: Rút ống vách thép, lặp lại quá trình cho đến khi hoàn thiện.



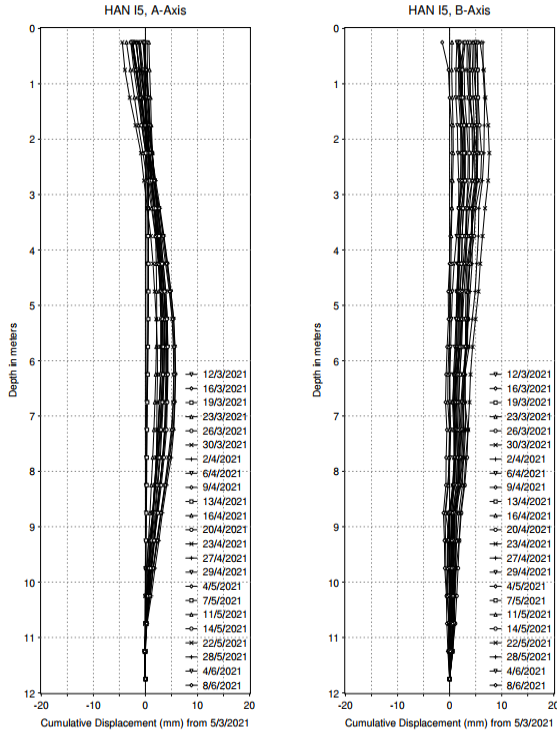
Hình 10. Hình ảnh thực tế của tường Secant Pile sau khi hoàn thiện

2.1.2. Một số yêu cầu kỹ thuật đặc biệt của cọc cắt khuyết

a. Thiết bị khoan

- Công nghệ khoan không sử dụng dung dịch giữ thành công nghệ full casing;

- Thiết bị khoan sử dụng trong thi công phải đảm bảo moment xoắn đầu khoan tối thiểu 360 kN.m khi khoan cắt để đảm bảo không gây phá vỡ thành vách xung quanh.



Hình 11. Hình ảnh thực tế của bình đồ chuyển vị tường Secant pile

b. Ống vách

- Sử dụng công nghệ full casing;
- Loại ống vách được áp dụng (tạm thời): Sử dụng ống vách bằng thép;
- Phạm vi hạ ống vách: đối với cọc Secant Pile sử dụng công nghệ full casing, chiều dài ống vách tối thiểu được hạ đảm bảo cao độ đáy ống vách tối thiểu bằng cao độ mặt sàn tầng hầm sâu nhất, ngoài ra cao độ hạ ống vách cần xét đến các trường hợp sau đây:

+ Trường hợp 1: Toàn bộ chiều dài hố khoan không gặp lớp địa chất là đá: ống được hạ đảm bảo đáy ống vách được hạ đến đáy cọc.

+ Trường hợp 2: Hố khoan gặp lớp địa chất là đá khi chưa khoan đến cao độ kết thúc cọc: cao độ đáy ống vách cầm đến mặt đá.

+ Trường hợp 3: Hố khoan gặp lớp địa chất là đá và quá trình khoan gặp hang Karster: Ống vách cần được hạ xuyên qua hang Karster, đáy ống vách được hạ đến mặt lớp đá ngay dưới đáy hang Karster.

+ Điều kiện kiểm tra khoan gặp lớp địa chất là đá: Máy khoan có mômen xoắn đầu khoan từ 360kN.m trở lên xoay ép vách liên tục trong vòng

05 phút nhưng vách không đi xuống hoặc quá trình khoan lấy được mẫu lõi khoan là đá.

- Cao độ đỉnh ống vách: Cao hơn mặt đất hoặc mực nước cao nhất tối thiểu 0,3m.

- Đường kính của ống vách: Bằng đường kính cọc.

- Bề dày của vỏ ống vách: Từ 16mm trở lên.

- Biện pháp nối ống vách (nếu cần) và độ đồng trục của các đoạn ống vách sau khi được nối: Nối ống bằng phương pháp nối hàn.

- Các sai số về kích thước ống vách: Đường kính trong của ống vách hoặc lớn hơn bằng đường kính cọc nhưng không vượt quá 10cm.

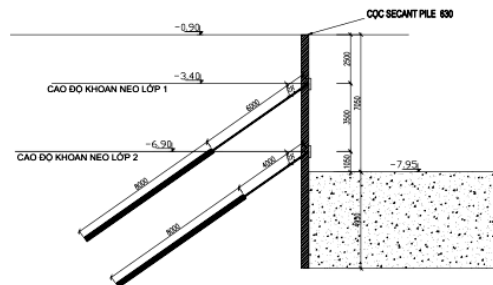
- Biện pháp định vị ống vách khi thi công trên cạn: Định vị bằng máy toàn đạc. Tim cọc được xác định bằng 4 tim mốc kiểm tra được đóng bằng các cọc tiêu thép D14, chiều dài cọc 1,5m vuông góc với nhau và cách đều tim cọc một khoảng cách bằng nhau. Trước khi hạ casing cho mỗi lỗ khoan cần phải gửi 4 cọc mốc vuông góc và thẳng hàng với nhau cách tim cọc 2 - 2,5m để hạ casing đúng vị trí. Sau khi hạ xong casing dùng 4 mốc gửi kết hợp với máy toàn đạc để kiểm tra lại tim cọc.

- Sai số về vị trí, độ nghiêng và cao độ của ống vách (nếu cần): ống vách được hạ xuống với sai số về tâm cọc không được quá 25mm.

- Chỉ dẫn về thiết bị hạ ống vách vào trong đất, như thiết bị thủy lực, máy khoan.

2.1.3. Tính toán định hướng biện pháp thi công tường secant pile

Ví dụ tính toán với tường secant pile D630a580 kết hợp với neo đất



Hình 12. Mặt cắt hố đào

- Tường vây được cấu tạo bởi các cọc khoan nhồi đường kính 630mm giao nhau độ dài 12m, thép được bố trí cách cọc để thuận tiện cho việc thi công neo.

- Điều kiện địa chất giả thuyết sử dụng trong tính toán gồm 09 lớp địa chất trong đó 05 lớp đất

(Bao gồm lớp san lấp) và 04 lớp đá với chiều sâu ~ 50m như sau:

+ Lớp 1: Đất san lấp: Sét pha lẫn gạch vỡ, dăm sạn, phế thải xây dựng, bùn ao và hữu cơ. Bề dày lớp dao động từ 1,60m đến 3,50m. Bề dày trung bình 2,13m;

+ Lớp 2a: Sét pha xám đen, xám ghi, trạng thái dẻo chảy, xen kẹp bùn sét pha, lẫn hữu cơ; Bề dày lớp dao động từ 0,30m đến 1,90m. Bề dày trung bình 1,40m;

+ Lớp 2b: Sét pha xám nâu, xám ghi, trạng thái dẻo cứng, lẫn hữu cơ; Lớp này có bề dày 1,70m;

+ Lớp 3: Cát hạt trung màu xám ghi, kết cấu chặt vừa, lẫn sạn sỏi: Bề dày lớp dao động từ 1,80m đến 1,90m. Bề dày trung bình 1,85m;

+ Lớp 4: Sét pha nâu đỏ, nâu vàng, xám trắng, trạng thái nửa cứng, lẫn dăm sạn, phong hóa sót. Bề dày lớp dao động từ 1,10m đến 1,70m. Bề dày trung bình 1,40m;

+ Lớp 5a: Đá sét kết, bột kết, cát kết xám ghi, nâu gụ, nâu tím, nâu hồng, phong hóa - nứt nẻ mạnh, đôi chỗ phong hóa hoàn toàn thành sét pha trạng thái cứng;

+ Lớp 5b: Đá sét kết, bột kết, cát kết xám ghi, nâu gụ, nâu tím, nâu hồng, phong hóa vừa đến mạnh, nứt nẻ mạnh;

+ Lớp 5c: Đá sét kết, bột kết, cát kết xám ghi, nâu gụ, nâu tím, nâu hồng, phong hóa vừa, nứt nẻ mạnh;

+ Lớp 5d: Đá sét kết, bột kết, cát kết xám ghi, nâu gụ, nâu tím, nâu hồng, phong hóa vừa, nứt nẻ vừa;

Vật liệu tường secant pile:

- Bê tông cấp B35 tương ứng mác M450. Cường độ bê tông tính toán theo mẫu lập phương 28 ngày: 19,0MPa. Tường vây đổ dưới nước nên cường độ và mô đun đàn hồi của bê tông tường bị giảm yếu so với đổ trên cạn. Theo tiêu chuẩn Việt Nam, cường độ thiết kế của bê tông đổ dưới nước phải kể đến hệ số điều kiện làm việc $\gamma_{1cb} = 0.85$, kể đến việc đổ bê tông trong khoảng không gian chật hẹp của hố, ống vách và nhân với hệ số $\gamma_{1cb} = 0.7$ khi đổ bê tông vào lòng hố khoan dưới dung dịch (tham khảo mục 7.1.9 TCVN 10304:2014). Như vậy, cường độ tính toán của bê tông chỉ bằng 60% cường độ bê tông trên cạn. Theo tiêu chuẩn Anh, cường độ thiết kế của bê tông đổ dưới nước lấy tối thiểu là 2/3 cường độ bê tông trên cạn (tham khảo mục 8.2.1, BS 8004-1986). Tuy nhiên, tham khảo một số tiêu chuẩn, với điều kiện công nghệ khoan hạ ống vách đến đáy hố khoan giúp hố khoan luôn sạch và không bị ảnh hưởng bởi dung dịch khoan và trong các dự án đã thực hiện chúng tôi thấy

cường độ bê tông thực tế đạt 80% cường độ tính toán đổ trên cạn (Mục 2.5.5, Code of Practice for Foundation của Hồng Kông, xuất bản 2004). Trong thiết kế này, chúng tôi chọn tính cường độ đổ dưới nước của tường vây bằng **80%** cường độ bê tông đổ trên cạn.

- Tường vây được mô hình dưới dạng plate và xem như dầm đàn hồi tuyến tính. Cường độ nén bê tông tính toán ở 28 ngày: $R_b = 0,8 \times 19,0 = 15,2$ Mpa;

- Mô đun đàn hồi của bê tông tuổi 28 ngày (tra bảng ứng với giá trị $R_b = 13.0$ MPa, thiên về an toàn ta lấy giá trị tương ứng bê tông cấp B22.5). $E_b = 28500$ MPa.

Thông số mô hình tường vây:

Bảng 1. Các thông số của tường vây

Thành phần	Thông số	Trị số	Đơn vị
Loại mô hình	<i>Material type</i>	Elastic	
Độ cứng dọc trục	<i>EA</i>	1,340E+07	kN/m
Độ cứng chống uốn	<i>EI</i>	3,020E+05	kN.m ² /m

Neo và bấu neo:

- Sàn tầng hầm, với độ cứng lớn theo phương ngang, giữ vai trò như các hệ giằng chống ngang vào tường vây với lực thiết kế 350 kN/neo.

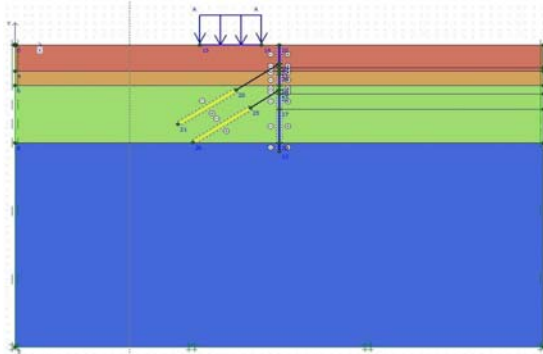
Bảng 2: Các thông số hình học của sàn tầng hầm

Sàn tầng hầm	Cao độ đỉnh sàn (m) (0.00 tương ứng với cao độ sàn F1 bên trong nhà – Cao độ 0.00 tại tầng trệt bằng cao độ quốc gia tại hòn đảo là +5,4)
F1	-0,050
B1	-4,300
B2	-7,950

Phụ tải mặt đất:

- Tải trọng xe tải lớn: 20 kPa.

- Tải trọng khu nhà hiện trạng: 10 kPa.

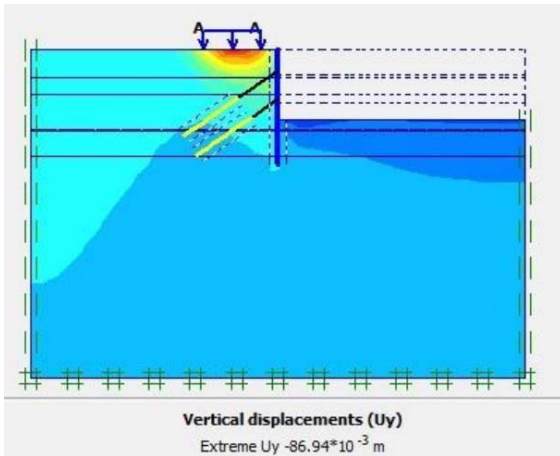


Hình 13: Mặt cắt tính toán tường vây

Trình tự thi công:

- Bước 1: Gia tải thi công.
- Bước 2: Thi công tường cọc D630.
- Bước 3: Đào đất đến cao trình -3,9m (sâu 3m so với mặt đất).
- Bước 4: Thi công hàng neo 1 tại độ sâu -3,4m.
- Bước 5: Đào đất đến cao trình -7,4m (sâu 6,5m so với mặt đất).
- Bước 6: Thi công hàng neo 2 tại độ sâu -6,9m.
- Bước 7: Đào đất đến cao trình đáy sàn B2-8,35m (sâu 7,45m so với mặt đất).

Kết quả tính toán:



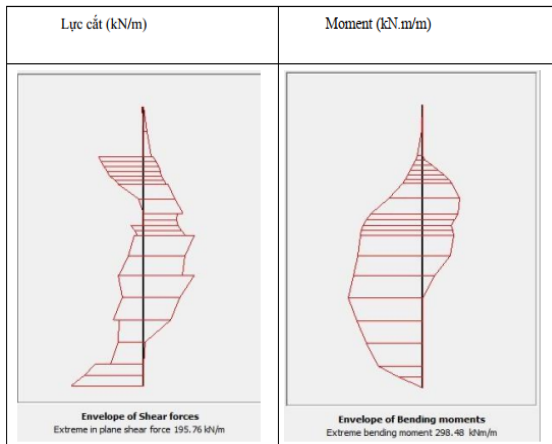
Hình 14. Chuyển vị đứng của nền

Chuyển vị đứng lớn nhất trong nền là 86,94mm.

Bảng 3. Ổn định tổng thể tường vây

Hệ số ổn định tổng thể (FS)	Giá trị cho phép	Đánh giá
1,864	1,40	OK

Bảng 4. Nội lực tường vây Secant pile



Bảng 5. Đánh giá chuyển vị ngang tường vây

Số thứ tự	Giá trị tính toán (mm)	Giá trị cho phép (mm)	Đánh giá
01	63,32	36 – 144	Ảnh hưởng trung bình

Bảng 6. Đánh giá lún nền lân cận

Số thứ tự	Giá trị tính toán (mm)	Giá trị cho phép (mm)	Đánh giá
01	90,0	> 75	Ảnh hưởng cao

Kết luận:

- Chuyển vị ngang của tường vây ở mức ảnh hưởng trung bình.
- Chuyển vị lún nền của tường vây ở mức ảnh hưởng cao.
- Thép tường vây đảm bảo khả năng chịu lực trong giai đoạn thi công.
- Hồ đào đảm bảo hệ số ổn định tổng thể cho phép.
- Biện pháp thi công đảm bảo yêu cầu kỹ thuật.

2.2. Phân tích ưu, nhược điểm của phương pháp thi công cọc cắt khuyết

2.2.1. Ưu điểm

- Có thể thi công và đào hồ ở những nơi có mực nước ngầm cao – do sử dụng công nghệ Full casing;
- Có thể được thiết kế với biến dạng và độ lún tối thiểu ở bên ngoài;
- Có thể mang tải trọng cao từ các cấu trúc xung quanh;
- Tăng tính linh hoạt trong căn chỉnh xây dựng;
- Ít rung động trong quá trình xây dựng, do cọc được khoan hoàn toàn suốt chiều dài cọc, không dùng gầu hay búa rung để tạo lỗ trong quá trình thi công;
- Rất hợp lý khi sử dụng trong công trình có địa chất đá phong hóa – loại địa chất khó thực hiện các phương án truyền thống như cừ Larsen hoặc tường vây D-wall.

2.2.2. Nhược điểm

- Dung sai độ thẳng đứng có thể khó đạt được đối với cọc sâu quá chiều dài một ống casing.
- Tường dễ bị thấm nước qua vị trí cắt khuyết giữa các cọc.

- Cọc cắt khuyết cần đảm bảo chiều sâu cắt giữa 2 cọc liền kề tối thiểu là 50mm để chia tải với cọc liền kề;

- Đất nền phải có khả năng trải dài giữa các khe hở nhỏ giữa các cọc. Do đó, cọc Secant Pile không được khuyến nghị cho đất cát không dính.

3. KẾT LUẬN

- Việc sử dụng cọc vây Secant pile trong biện pháp thi công phần ngầm là hoàn toàn khả thi và khuyến khích áp dụng trong điều kiện địa chất đặc thù, cụ thể như trong ví dụ trên – nền đất đá phong hóa, khó thực hiện các phương án truyền thống như cừ Larsen hoặc tường vây D-wall;

- Việc tính toán thiết kế cọc là hoàn toàn tường minh, tuy nhiên cần lưu ý khai báo đầy đủ thông số đầu vào cũng như quy đổi một số hệ số từ tường vây phẳng sang hệ cọc cắt khuyết;

- Khuyến nghị đưa công nghệ vào áp dụng nhiều hơn trong các công trình xây dựng dân dụng do các đặc tính ưu việt của công nghệ thi công, tuy nhiên tùy trong điều kiện địa chất mà TVTK lựa chọn loại hình cọc Secant Pile cho phù hợp với điều kiện địa chất nhằm tối ưu hóa chi phí cho nhà đầu tư cũng như đảm bảo yêu cầu về an toàn kỹ thuật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 10304:2014 *Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế.*
- [2] TCVN 5574:2018 *Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.*
- [3] *Code of Practice for Foundation 2017.*
- [4] BS 8004:1986 *British Standard Code of Practice for Foundations.*
- [5] <https://www.wikipedia.org/>