



Tác giả chính :
Yahya Ndoye

Đơn vị công tác : Bộ phận Xúc tiến Kinh doanh Quốc tế, Công ty Giken, Nhật Bản

Email: yndoye@giken.com

Yahya Ndoye là Kỹ sư dự án tại Giken Ltd, Nhật Bản. Ndoye đến Nhật Bản năm 2017 theo chương trình JICA ABE và theo học Chương trình Cao học Quốc tế về Khoa Kỹ thuật Xây dựng và Môi trường, Đại học Saitama. Tại GIKEN Ltd, anh là thành viên của Nhóm Xúc tiến Kinh doanh Quốc tế, phụ trách lục địa Châu Phi và trợ lý cho Giken Châu Âu. Ngoài ra, anh còn phụ trách Tổ chức Phát triển Công nghiệp Liên hợp quốc (UNIDO); Thị trường toàn cầu của LHQ; Nền tảng Thúc đẩy Công nghệ Bền vững (STePP) và cuộc họp B2B với chính quyền các nước đang phát triển tại Văn phòng Nội các của Chính phủ Nhật Bản trong Hội thảo Giảm thiểu Rủi ro Thiên tai. Anh đã thiết kế nhiều dự án quy hoạch xây dựng phức tạp ở Nhật Bản bằng cách sử dụng máy Giken Silent Piler.

<https://doi.org/10.15625/vap.2021.0014>

Công nghệ ép cọc không chiếm diện tích thi công của GIKEN: Hệ thống G.R.B

Yahya Ndoye, Haruna Hayashi & Takuya Funahara

International Business Promotion Section, Giken Ltd, Tokyo, Japan

TÓM TẮT:

Ngày nay, cùng với sự phát triển đô thị, hoạt động xây dựng và cải tạo cơ sở hạ tầng thường xuyên phải đối mặt với vấn đề thiếu không gian xây dựng. Một số công trình bị chậm tiến độ và đôi khi mâu thuẫn phát sinh từ việc sử dụng hiện trường và trang thiết bị xây dựng. Nhằm khắc phục những vấn đề trên, Giken Ltd, một nhà chế tạo của Nhật Bản, đã phát triển dòng máy xây dựng hiện đại được đặt tên là "Silent Piler" với mục đích thi công hạ cọc thép vào lòng đất mà không gây ra tiếng ồn đồng thời giảm rung chấn. Ngoài những ưu điểm nêu trên, Giken cũng đã phát triển một công nghệ mới được gọi là Hệ thống Giken Reaction Base (GRB) cho phép tiến hành thi công không chiếm dụng diện tích khi xây dựng. Với hệ thống GRB, máy Silent Piler có thể di chuyển trên đỉnh hàng cọc hoàn thành và tận dụng phản lực từ những cọc này để tịnh tiến và thi công những cọc tiếp theo. Hệ thống GRB có thể giảm đáng kể diện tích xây dựng đồng thời vẫn giúp tối thiểu hóa những ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường xung quanh. Hơn thế nữa, vào tháng 4 năm 2020, Giken đã công bố một thể hệ "Silent Piler" mới có tên gọi là "Smart Piler". Không những kế thừa tất cả những ưu điểm của dòng máy trước, Smart Piler đạt được tốc độ thi công hạ cọc nhanh hơn nhưng lại có trọng lượng máy nhẹ hơn đáng kể. Một kỹ thuật khác mà Giken muốn giới thiệu là Kết cấu Implant. Kết cấu Implant là một phương pháp sáng tạo trong kỹ thuật xây dựng tường chắn bằng cọc ống thép nhằm ứng phó với các thảm họa thiên nhiên do biến đổi khí hậu như lũ quét và sóng thần. Kết cấu Implant có thể trở thành một bức tường vững chãi có thể thay thế tường chắn bằng đất hoặc bê tông vốn không đủ chắc chắn trước các điều kiện thời tiết cực đoan. Cuối cùng là, mỗi cọc đơn lẻ đều có thể được giám sát trong quá trình hạ cọc, từ lực ép, mô men xoắn của mũi khoan và thời gian ép bằng cách sử dụng Hệ thống Giám sát Press-in của Giken.

Từ khóa: Hệ thống GRB, Kết cấu Implant, Smart Piler

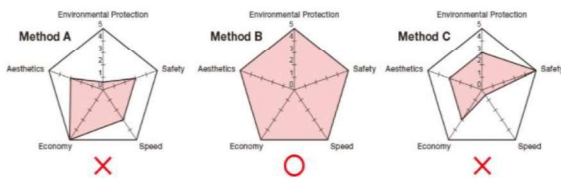
1. Phương pháp Press-in

Phương pháp PRESS-IN là một công nghệ thi công hạ cọc mới dựa trên nguyên lý ép cọc Press-In. Phương pháp này sử dụng vật liệu cọc là các loại cọc chế tạo sẵn (cọc thép, cọc bê tông). Cọc được đưa vào lòng đất bằng cách sử dụng lực ép tĩnh. Phương pháp này được thực hiện bởi thiết bị hạ cọc của Giken có tên là Silent Piler. Silent Piler tận dụng phản lực sinh ra từ các "cọc phản lực", là những cọc đã được ép vào đất, phản lực này tác động lên chân kẹp của máy, để thi công các cọc tiếp theo. Những phương pháp hạ cọc truyền thống như phương pháp búa rung hoặc búa đóng được xem là vấn đề vì chúng tác động tiêu cực đến môi trường xung quanh do phát sinh tiếng ồn và độ rung. Phương pháp cọc khoan nhồi gây xáo trộn lớn đối với nền đất nên cũng có hại cho môi trường. So với các phương pháp thô sơ này, phương pháp

Press-in có ưu điểm là thân thiện với môi trường. Kích thước của máy Silent Piler tương đối nhỏ so với những thiết bị khác. Đặc tính nhỏ gọn là yếu tố tiên quyết khi phát triển dòng máy Silent Piler để có thể ứng dụng trong nhiều điều kiện khác nhau. Thiết kế nhỏ gọn cho phép thiết bị có thể tiếp cận các hiện trường khắc phục thiên tai, các hầm chui xe dưới lòng đất, công trình tu sửa cầu khẩn cấp hay các hiện trường xây dựng bị hạn chế tĩnh không.

Nguyên lý Press-in bao gồm năm nguyên tắc chính như sau:

1. Bảo vệ môi trường: Vì phương pháp Press-In không gây ra tiếng ồn và rung chấn nên có thể xem là phương pháp xây dựng thân thiện với môi trường và đáp ứng được mong muốn của cộng đồng.
2. An toàn: Nhờ vào việc thiết bị kẹp chặt hàng cọc hoàn thành nên khả năng bị lật là rất thấp. Hơn nữa, phương pháp này không cần dùng sàn đạo nên cũng không đòi hỏi nhiều nhân công.
3. Tốc độ: Công việc xây dựng được hoàn thành trong khoảng thời gian ngắn nhất có thể.
4. Tính kinh tế: Máy Silent Piler nhỏ và gọn, cũng như không yêu cầu hệ phụ trợ. Kết quả là giảm được diện tích chiếm dụng khi thi công và không gây cản trở giao thông.
5. Tính thẩm mỹ: với tính ưu việt của Phương pháp Press-In, cọc được hạ vào lòng đất mà vẫn tôn trọng môi trường và không làm ảnh hưởng đến các hệ thống ngầm hiện hữu.



Hình 1. Năm nguyên lý trong xây dựng

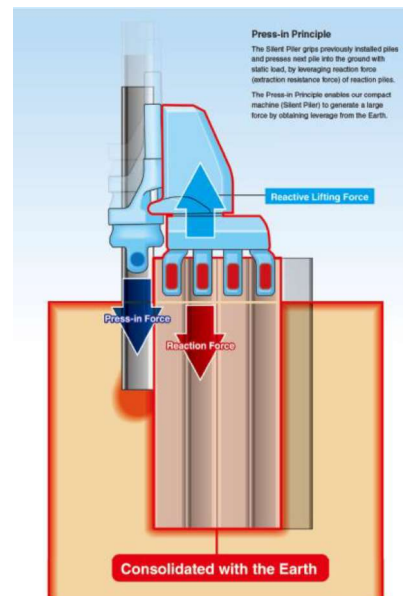
Năm Nguyên tắc là 5 yếu tố thiết yếu mà mỗi phương pháp xây dựng cần đạt được. Có thể hình dung bằng cách chấm điểm trên biểu đồ radar ngũ giác. Có thể tìm ra phương pháp thi công tốt nhất một cách khách

quan bằng cách so sánh độ lớn và độ tiệm cận của các hình ngũ giác đều với ngũ giác chuẩn.

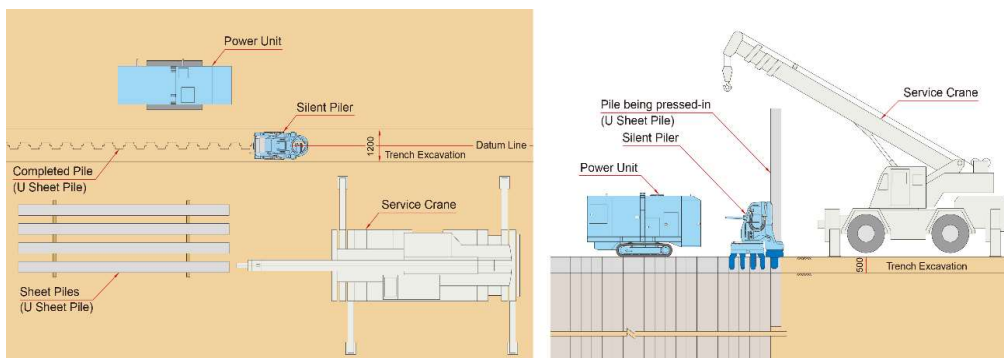
1.1. Máy Ép cọc Silent Piler

Silent Piler là thiết ép cọc ứng dụng Phương pháp Press-In. Máy Silent Piler kẹp chặt hàng cọc hoàn thành và tận dụng phản lực sinh ra để đứng vững, di chuyển về phía trước và thi công các cọc tiếp theo. Dựa trên nguyên lý này, cọc có thể được ép vào lòng đất bằng một lực tĩnh mà không gây ra tiếng ồn và độ rung. Máy Silent Piler được thiết kế dung ép cọc ván thép (các dòng máy Silent Piler, Crush Piler, Zero Piler, v.v.) và cọc ống thép (Gyropiler).

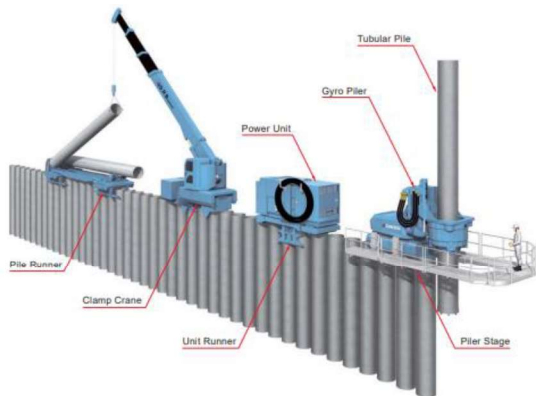
1.2. Power Unit – Bộ nguồn



Hình 2. Nguyên lý hoạt động phương pháp Press-in Bộ nguồn giúp duy trì hoạt động của Silent Piler. Hai thiết bị này được kết nối thông qua một ống đàn hồi. Bộ nguồn tạo ra lực thủy tĩnh cho phép Silent Piler di chuyển về phía trước, tự đứng vững và thi công hạ cọc. Bộ nguồn mới nhất được thiết kế dựa trên quy cách thân thiện với môi trường và được trang bị động cơ diesel thể hệ mới. Hệ thống cũng đạt tiêu chuẩn khí



Hình 3. Hệ thống thiết bị ép cọc



Hình 4. Hệ thống GIKEN G.R.B nhìn từ mặt ngoài

thải mới nhất EEC97/68EC Stage IIIA và EPA/CARB Tier 3.

2. Hệ thống Giken Reaction Base (G.R.B)

G.R.B là công nghệ thi công đặc biệt trong đó tất cả các thiết bị như Silent Piler, cầu kẹp, bộ nguồn, ray vận chuyển cọc (Pile Runner) đều được đặt và di chuyển trên đỉnh của hàng cọc hoàn thành. Từ đó tạo thành một dây chuyền thi công như trong Hình 4 và Hình 5. Hệ thống này được sử dụng tại những khu vực công trường thường bị va chạm nhau.

(1) Cầu kẹp (Clamp Crane)

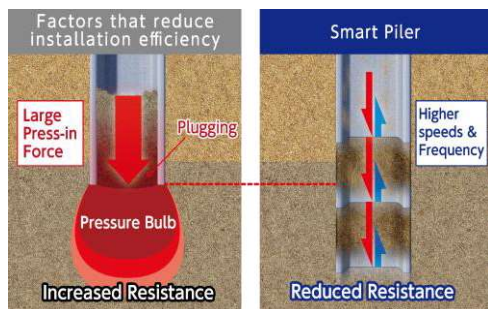
Trong hệ thống Giken GRB, cần cầu có thể được đặt trên đỉnh hàng cọc hoàn thành. Khi đó nó trở thành cầu kẹp. Cầu kẹp đã được phát triển để đáp ứng cho cả cọc ván thép và cọc ống thép.

(2) Ray vận chuyển cọc (Pile runner)

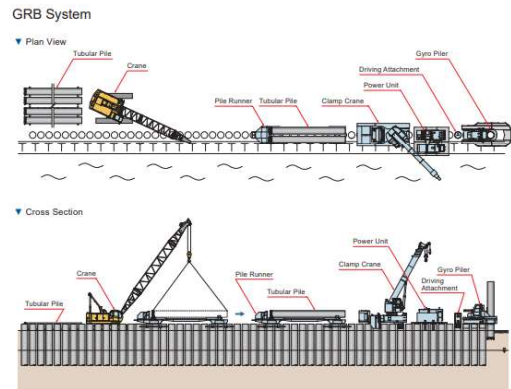
Khi sử dụng hệ thống G.R.B, ngay cả các cọc sắp được thi công cũng được vận chuyển đến vị trí máy Silent Piler bằng ray vận chuyển cọc. Pile runner di chuyển trên cọc bằng một hệ ray. Thông thường, hệ ray này chỉ gồm cọc ván loại U đặt trên đỉnh hàng cọc kèm theo một động cơ hoạt động như một đầu máy. Thường thì chỉ cần hai thanh cọc ván là đủ để làm tạo ra một hệ ray.

(3) Unit runner

Bộ nguồn thông thường hoạt động trên một hệ thống bánh xích. Tuy nhiên, khi diện tích thi công bị giới hạn, bộ nguồn cũng có thể được đặt trên đỉnh hàng cọc hoàn thành



Hình 6. Bầu đất áp lực - Giken Smart Piler với tốc độ và tần suất cao



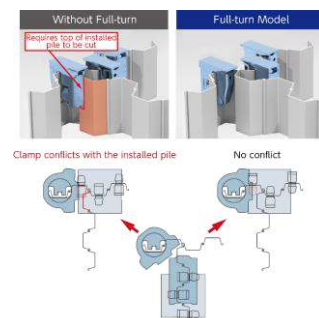
Hình 5. Hệ thống GIKEN GRB chiều đứng và ngang

để tiết kiệm không gian và như thế hệ G.R.B đã được hoàn thiện.

Để bộ nguồn có thể đứng và tự hành trên đỉnh cọc, hệ thống bánh xích được thay thế bằng hệ chuyên chở bộ nguồn. Hệ thống GRB bao gồm Silent Piler ở phía trước, bộ nguồn t làm nguồn điện, cầu kẹp (Clamp Crane) để hạ cọc và Ray vận chuyển cọc (Pile Runner) để chở cọc từ bãi vật liệu. Hệ G.R.B không yêu cầu hệ phụ tạm hay đường tránh ngay cả ở điều kiện nền đất không ổn định, trong không gian hẹp, trên mặt nước, trên mái dốc và trong các điều kiện địa không gian hạn chế khác do phạm vi cần thiết cho thiết bị hoạt động bị thu hẹp xuống chỉ bằng với bề rộng của máy.

3. Giken Smart Piler

Điểm hạn chế chính của phương pháp Press-in là việc cọc bị kẹt trong quá trình thi công mà nguyên nhân là do sự hình thành “bầu đất áp lực” ở chân cọc. Để cải tiến máy ép cọc Silent Piler đáp ứng các điều kiện thi công phức tạp hơn và nền đất cứng, Giken Ltd đã ra mắt vào tháng 4 năm 2020 một dòng máy mới có tên là Smart Piler. Smart Piler là một phiên bản nâng cấp của Silent Piler dùng cho cọc ván thép chữ U. Ý tưởng chế tạo ra dòng máy này bắt nguồn từ một hiện tượng thực tế thường xảy ra trong quá trình ép cọc: sự hình thành bầu đất áp lực” ở mũi cọc từ đó gây cản trở cho quá trình hạ cọc, thậm chí là không thể thực hiện thi công ép cọc. Trong quá trình ép cọc, do lực ép tác dụng liên tục lên mũi cọc, nền đất xung quanh bị nén lại và ngày càng trở nên cứng chặt. Sự gia tăng áp lực lên bầu đất làm giảm mạnh lực truyền tại mũi cọc, gây cản



Hình 7. Tiết diện giữa cọc hoàn thành và giải pháp cho chân kẹp

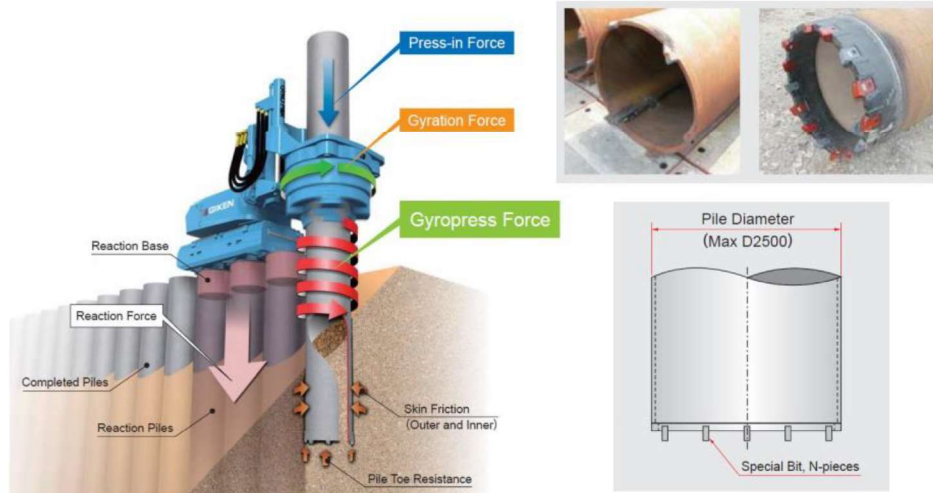
trở quá trình ép cọc và làm giảm hiệu suất thi công. Hiện tượng này, thường được gọi là “bầu áp lực” có thể gây biến dạng cọc và gây ra tình trạng máy bị nghiêng. Smart Piler được thiết kế để giải quyết những vấn đề này bằng cách tăng tốc độ ép cọc, cũng như độ nhạy trong chuyển động lên xuống của ngàm kẹp. Tốc độ hạ cọc đóng vai trò quyết định trong thi công ép cọc. Nhiều nghiên cứu khoa học đã cho thấy lực chịu tải dọc trục được giảm xuống khi tốc độ ép nhanh. Dựa trên nguyên tắc này, Smart Piler được thiết kế với tốc độ thi công nhanh, tăng độ lặp của chuyển động lên xuống của ngàm kẹp (Hình 6). Bằng cách lặp lại thao tác ép cọc với tốc độ cao tại tần suất không đổi, chướng ngại biến mất cùng với sự triệt tiêu bầu áp lực, nhờ đó cọc được ép xuyên qua đất bằng một lực ép tối thiểu. Ngoài ra, tốc độ quay, chuyển động đóng mở của chân kẹp, chuyển động tiến – lùi của ngàm kẹp đã được cải thiện đáng kể. Trọng lượng của Smart Pile SX1 là 3850 kg. Đây là trọng lượng máy thấp nhất được chế tạo kể từ khi Giken thành lập. Smart Piler có thể được vận chuyển cùng với bộ nguồn bằng một xe tải 15 tấn. Nhờ trọng lượng nhỏ nên khi vận hành chỉ cần cần cẩu cần dung để chuyển Smart Piler do đó

cũng nhỏ hơn, từ đó giảm chi phí vận chuyển. Smart Piler SX1 cũng được tự động hóa hoàn toàn. Chỉ cần bấm nút chân kẹp sẽ mở ra và nâng lên, khiến máy tiến về phía trước, sau đó chân kẹp hạ xuống và kẹp lại. Tính năng tự động hóa này có thể mô phỏng các công tác thi công tại bất kỳ loại hiện trường nào mà không đòi hỏi trình độ kinh nghiệm của người vận hành. Cuối cùng, khiên trước và yên máy của Smart Piler có hệ thống xoay 180 độ. Bằng cách xoay yên máy trong quá trình thi công góc, sự va chạm giữa cọc hoàn thành và chân kẹp đã được loại bỏ.

4. Vận hành ép cọc cắt - xoay

4.1. Cọc ống thép

Trong phương pháp ép, cọc ván ống thép là cọc thép đúc sẵn được sử dụng làm móng cọc chịu lực hoặc tường chắn, với đường kính cọc từ 500 đến 2500 mm. Một vòng thép có lưỡi vít được gắn vào mũi cọc ống nhằm mục đích khoan qua các chướng ngại vật dưới lòng đất như đá tảng, bê tông, v.v ... Cọc được hạ vào lòng đất bằng hai loại lực: Lực ép và Lực xoay (Hình 8). Số lượng các rang vít phụ thuộc vào đường kính cọc, giá trị N - SPT quy đổi của nền đất và kích thước



Hình 8. Phương pháp Gyro-Press

Bảng 1. Số lưỡi vít trên 1 vòng vít mũi cọc

Điều kiện địa chất	Bùn, cát và cuội sỏi, sét N-value ≤ 50 ĐK đá tảng < 100mm	Bùn, cát và cuội sỏi, sét N-value ≤ 200 ĐK đá tảng < 100mm	Bùn, cát và cuội sỏi, sét 200 ≤ N-value < 50 Đá gốc N-value ≤ 500 Bê-tông w/o cốt thép reinforcement bars	Đá tảng, đá gốc 500 ≤ N-value < 1,500
Đường kính cọc				
Ø 500mm	2	3	4	6
Ø 800 mm	3	4	6	8
Ø 900 mm	3	6	8	10
Ø 1,000 mm	4	6	8	10
Ø 1,200 mm	4	6	10	12
Ø 1,300 mm	5	8	10	14
Ø 1,400 mm	5	8	12	16
Ø 1,500 mm	5	8	12	16

của các chương ngại vật (Bảng 1). Bên trong lòng cọc ống, các ống thép nhỏ được đưa vào và hàn từ đỉnh cọc xuống chân cọc, sau đó được kết nối với hệ thống xói nước. Hệ thống xói nước bắn tia nước áp lực cao vào mũi cọc ống để ngăn hiện tượng đất bị dồn tắc gây khó khăn cho quá trình thi công cọc.

4.2. Gyro Piler

Gyropiler là máy ép cọc dùng cho cọc ống ván thép như đã nêu trên. Nó có cùng nguyên lý hoạt động giống như máy Silent Piler sử dụng cho cọc ván. Các chân kẹp của Gyro Piler mở rộng bên trong hàng cọc ống đã được hoàn thành để làm bộ phận lực cho máy, giúp máy tự lập, tự hành và thi công các cọc tiếp theo. Các thiết bị cơ bản cần thiết cho phương pháp này là máy ép cọc Gyro Piler, hệ thống xói nước có hoặc không có bộ nguồn với hệ điều phối khí, cần cẩu.

5. Kết cấu Implant

5.1. Tổng quan

Sự nóng lên toàn cầu là sự nóng lên liên tục của trái đất do sự bành trướng và mất kiểm soát của quá trình công nghiệp hóa, đã được Liên Hiệp Quốc xác định là thách thức nghiêm trọng nhất trong thế kỷ này. Giken Ltd là một trong những nhà chế tạo hàng đầu đề xuất các giải pháp giảm thiểu tác động của thiên tai chủ yếu phát sinh từ sự nóng lên toàn cầu. Do đó, GIKEN đã đề xuất và hiện thực hóa một kỹ thuật với kết cấu sáng tạo được đặt tên là Kết cấu Implant. Kết cấu Implant là một bức tường cọc ván ống thép chắc chắn và bền vững được thi công hạ cọc bằng phương pháp Press-in (Hình 10).

Các cọc ống được cắm sâu vào lòng đất để tạo thành một cấu trúc hợp thể với lòng đất, do đó, trở thành một cấu trúc cực kỳ đàn hồi và vẫn duy trì được công năng của nó ngay cả trong các hiện tượng thiên tai khắc nghiệt như động đất hay sóng thần. Ở Nhật Bản, nhiều



Hình 9. Một đoạn đê sụp đổ trong thảm họa động đất sóng thần năm 2011



Hình 10. Công trình tường kết cấu Implant ở Iwata – Nhật Bản.

tuyến đê đã bị sụp đổ sau Thảm họa động đất sóng thần miền Đông Nhật Bản năm 2011. Hầu hết các đê này

có kết bệ móng bệ, có nghĩa là nằm trên mặt đất mà không hề có phân kết cấu trúc chìm trong lòng đất để giữ thăng bằng cho phần trên (Hình 9). Hơn nữa, những loại kết cấu này thường nặng và độ lún lớn. Tất cả các lý do trên làm cho móng trọng lực khó chống chịu đối với những tải trọng bên ngoài quá lớn. Trong khi đó thì kết cấu Implant có thể khắc phục được những vấn đề này.

5.2. Cơ chế

Sự khác biệt giữa kết cấu Implant của GIKEN và tường trọng lực thông thường đã được cụ thể hóa bằng cách sử dụng thử nghiệm tái hiện sóng thần. Các mô hình kết cấu Implant và kết cấu móng trọng lực (tường chìm bê-tông) dung trong thử nghiệm được thực hiện ở tỷ lệ 1/33.

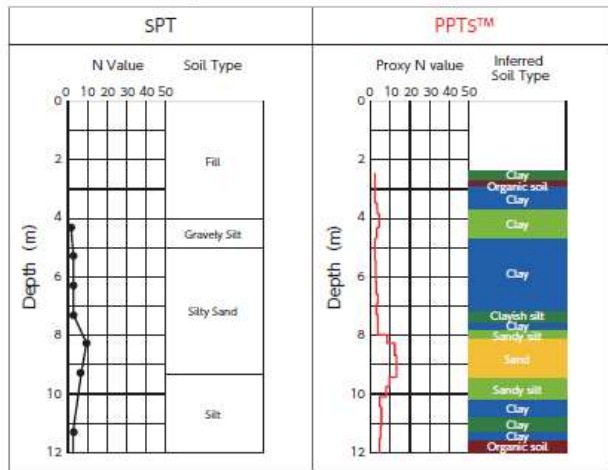
Kết cấu Implant	Độ bền	Độ đàn hồi	Diện tích xây dựng
	Cao	Cao	Nhỏ
Móng trọng lực	Thấp	Thấp	Lớn

5.3 Đặc tính chính của Kết cấu Implant:

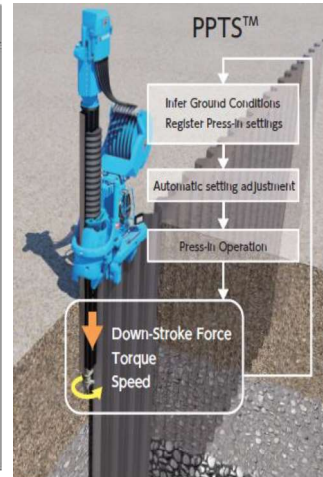
“Kết cấu trúc trọng lực” truyền thống có thể được xây dựng bằng cách sử dụng các vật liệu xây dựng phổ thông như là đất và bê-tông, với những kỹ thuật đơn giản như đắp đất. Tuy nhiên, kết cấu trọng lực lại đòi hỏi diện tích lớn và trình tự xây dựng phức tạp. Điều này dẫn đến khó khăn trong việc dỡ bỏ hoặc nâng cấp công trình, vì thế kết cấu trọng lực được thực hiện trên tư duy “Xây và Bỏ”. Trái lại, với kết cấu Implant, vật liệu chịu biến dạng cao được cắm trực tiếp vào lòng đất với diện tích quy trình xây dựng chiếm dụng tối thiểu và quy trình thi công đơn giản. Do đó, kết cấu Implant có thể dễ dàng được dỡ bỏ cắm sâu hay gia cố trong suốt vòng đời thiết kế theo tư duy thiết kế tái sử dụng và nâng cấp công trình”.

6. Hệ thống giám sát ép cọc Press-in

Máy ép cọc Silent Piler của GIKEN được trang bị công nghệ giám sát ép cọc toàn diện (Press-in Piling Total System [PPTSTM]), cho phép theo dõi các điều kiện nền đất cơ bản trong quá trình ép cọc nhằm thực hiện các phân tích tính toán. Dữ liệu ép cọc phản hồi trong quá trình ép cọc có thể được liên kết với dữ liệu lỗ khoan để tối ưu hóa lực ép, mô-men xoắn của mũi khoan, lực nhỏ, độ sâu giúp tối ưu điều kiện vận hành máy. Serie F của Giken Silent Pilers là thiết bị tự động hóa một phần cho phép lặp lại thao tác ép cọc tối ưu mà không phụ thuộc điều kiện hiện trường và kỹ năng người vận hành, do đó tối thiểu hóa lỗi do con người. Kể từ tháng 7 năm 2013, mức độ kiện toàn của các tuyến đê và chức năng của chúng khi trận động đất liên tục được quan trắc thông qua các trao đổi từ xa, dựa



Hình 11. Mối liên hệ giữa SPT và PPTS



Hình 12. Sơ đồ cơ chế PPTS

trên dữ liệu đo lường từ các thiết bị được lắp đặt bên trong thân đê.

7. Kết luận

Kể từ khi thành lập đến nay, Giken liên tục thử thách với các vấn đề trong ngành xây dựng và các phương pháp xây dựng thông qua triết lý “Cuộc cách mạng xây dựng” dựa trên nền tảng là năm nguyên tắc trong Nguyên lý Press-In. Giken ủng hộ và thúc đẩy cuộc Cách mạng Xây dựng nhằm thiết lập một tiêu chuẩn mới vượt qua quy ước truyền thống của ngành xây dựng. Giken cung cấp công nghệ tiên tiến bắt nguồn từ những nguyên tắc của Phương pháp Press-In ưu việt. "Cuộc Cách mạng xây dựng" sẽ giúp phá vỡ xiềng xích của các khái niệm cũ và đưa đến một thế giới quan mới của ngành xây dựng toàn cầu. Giken đã gặt hái thành công tại hơn 40 quốc gia và tiếp tục mở rộng trên toàn thế giới.

[10] Tsunenobu N. The Press-in Method with Augering – Augering Area in Relation to Retaining Wall Design 2019.

Tài liệu tham khảo

- [1] GIKEN Gyropress Method Brochure, 2009
- [2] GIKEN Website
- [3] IPA. 2017, Technical material on the use of piling data in the Press-in method, I. Estimation of subsurface information.
- [4] Ishihara, Y., Yasuoka H., and Shintaku, S. 2018. Application of Press-in Method to coastal levees in Kochi coast as countermeasures against liquefaction.
- [5] Kitamura, A. 2017. Construction Revolution. 216p., Diamond. (Japanese)
- [6] Naoki S. A Case Study of Design Change in the Press-in Method 2018
- [7] Press-in retaining structures: a handbook, First edition, 2016
- [8] Suzuki, N., Ishihara, Y. and Isobe, M. 216 pages. Experimental study on tsunami mitigation effect of breakwater with arrays of steel tubular piles.
- [9] Tomoyuki I. Use of the Gyropress Method in Tubular Pile Earth Retaining Walls for Foundation Works in Urban Area 2019