

## Phân tích ứng xử hố đào sâu sử dụng ringbeam đường kính lớn

Võ Nhật Hoàng<sup>1\*</sup>, Huỳnh Quốc Thiện<sup>2</sup>, Huỳnh Thị Thúy Thùy<sup>3</sup>, Lại Văn Quý<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Học viên cao học, Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại Học Bách Khoa – Đại Học Quốc Gia TP.Hồ Chí Minh.

<sup>2</sup>Đại học Duy Tân, Đà Nẵng.

<sup>3</sup>Đại Học Bách Khoa – Đại Học Quốc Gia TP.Hồ Chí Minh.

<sup>4</sup>Giảng viên, Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại Học Bách Khoa – Đại Học Quốc Gia TP.Hồ Chí Minh.

### TỪ KHOÁ

Ringbeam đường kính lớn  
Hố đào sâu

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày, phân tích ứng xử hố đào sâu sử dụng ringbeam đường kính lớn kết hợp với hệ giàn bê tông cốt thép cho biện pháp thi công đào mở bottom – up. Số liệu quan trắc thực tế của một dự án hố đào sâu 5 tầng hầm ở khu vực địa chất quận 1, thành phố Hồ Chí Minh, chiều sâu đào đất 20,75 m móng đại trà và 26,65 m vị trí hố pít so với mặt đất tự nhiên được sử dụng cho mục tiêu nghiên cứu. Phân tích phần tử hữu hạn được sử dụng, bằng việc kết hợp phân tích kết cấu hệ ringbeam bằng phần mềm kết cấu Etabs 2021 và phân tích ứng xử của đất nền bằng phần mềm Plaxis 2D 2020 tác giả đánh giá chuyển vị nội lực kết cấu chắn giữ hố đào bao gồm tường vây, hệ giàn bê tông cốt thép và ringbeam. Kết quả phân tích phần tử hữu hạn được so sánh với số liệu quan trắc thực tế theo từng giai đoạn thi công. So sánh cho thấy rằng có thể sử dụng kết hợp mô phỏng độ cứng kết cấu ringbeam và hệ giàn cho nội lực phù hợp với quan trắc, ngoài ra chuyển vị tường chắn từ phân tích Plaxis 2D cũng cho kết quả tương tự.

### KEYWORDS

Large Diameter Ringbeam  
Excavation

### ABSTRACT

This paper presents and analyzes the behavior of deep excavation employing large diameter ringbeam combining with reinforced concrete truss system for bottom-up method. Field monitoring data of a 5-basement deep excavation in the geological area of District 1, Ho Chi Minh City, excavated depth of 20.75 m at main foundations and 26.65 m at pit foundation below ground surface level, were used for the studied objective. Finite element analysis was employed, by combining the structural analysis of the ringbeam system by the structural software Etabs 2021 and the behavior analysis of the soil layers by Plaxis 2D 2020 model, the author evaluated the displacement and internal force of the retaining structures including diaphragm wall, reinforced concrete truss system and ringbeam. The results of the finite element analysis were compared with the field observation at each excavation stages. The comparison showed that combination of ringbeam structural stiffness simulation and behaviour of soil layers totally consistent with observations, in addition, retaining wall displacement from 2D Plaxis analysis also gave similar results.

### 1. Giới thiệu

Trong những thập kỷ gần đây cùng với sự phát triển ngày càng nhanh của nền kinh tế, quỹ đất cho nhu cầu sử dụng tại các khu vực trung tâm thành phố lớn ngày càng ít đi dẫn đến nhiều công trình ngầm có tầng hầm sâu được xây dựng như nhà ga ngầm, metro, tầng hầm chung cư cao tầng, khu thương mại để đáp ứng nhu cầu đi lại, gửi xe, kinh doanh. Để tận dụng tối đa không gian ngầm thì việc tăng số lượng tầng hầm của công trình là cần thiết. Đặc biệt ở những quận trung tâm thành phố như quận 1, quận 3, các tầng hầm thường có chiều sâu lớn. Những tầng hầm này được xây dựng trong tầng cát dày, nhiều công trình lân cận, do đó việc lựa chọn kết cấu chắn giữ cũng như biện pháp thi công là rất quan trọng nhằm giảm thiểu rủi ro ảnh hưởng đến công trình lân cận, đảm bảo an toàn cho hố đào sâu về

yêu cầu kỹ thuật cũng như tiến độ thi công. Những giải pháp kết cấu chắn giữ mới rất được quan tâm, đặc biệt là việc bố trí thiết kế lỗ mở lớn nhằm tạo không gian thuận lợi cho việc thi công đào đất, đẩy nhanh tiến độ thi công. Trên thế giới tác giả Jian Jia (2010) [1], Jian Jia (2019) [2] cũng đã có nghiên cứu và đánh giá về Ringbeam đường kính lớn áp dụng cho thi công hố đào sâu của công trình thực tế Shanghai Tower, China.

Trong bài báo này tác giả trình bày một giải pháp mới của hệ kết cấu chắn giữ hố đào sâu, ringbeam đường kính lớn 50 m kết hợp hệ giàn bê tông cốt thép. Từ số liệu quan trắc thực tế của dự án, phân tích phần tử hữu hạn được áp dụng để mô phỏng ứng xử hệ kết cấu này. Đây là một tài liệu tham khảo tốt cho các dự án tương tự khi áp dụng giải pháp này ở Việt Nam. Hình 1 thể hiện vị trí dự án ở thành phố Hồ Chí Minh.

\*Tác giả liên hệ: vnhoang.sdh20@hcmut.edu.vn

Nhận ngày 15/11/2021, sửa xong ngày 28/12/2021, chấp nhận đăng 01/04/2021

Lonk DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2022.321>



Hình 1. Vị trí các dự án quận 1, TP HCM.

**Cơ sở lý thuyết phân tích**

Mô hình Mohr Coulomb (MC) và mô hình Hardening Soil (HS) là 2 mô hình nền được sử dụng phổ biến trong phân tích hố đào sâu. Mô hình MC là mô hình đàn hồi lý tưởng đơn giản hóa đường công ứng suất biến dạng của đất bằng một đường thẳng tuyến tính với độ dốc chính là module đàn hồi E. Mô hình MC sử dụng tiêu chuẩn phá hoại của Mohr-Coulomb. Giá trị module E nhập vào Plaxis chính là module đàn hồi cho cả lớp đất không phụ thuộc vào trạng thái ứng suất của đất và xem như là hằng số không đổi trong cả lớp đất. Thường chọn module cát tuyến tương tự như E<sub>50</sub> trong mô hình HS.

Mô hình HS là mô hình đàn dẻo tái bền mô tả quan hệ ứng suất - biến dạng là một đường hyperbolic theo đề xuất của Duncan và Chang (1991) và bộ module E<sup>ref</sup><sub>50</sub>, E<sup>ref</sup><sub>ur</sub>, E<sup>ref</sup><sub>oed</sub> là module cát tuyến, module đỡ tải và module tiếp tuyến từ thí nghiệm nén cố kết ở giá trị tham chiếu P<sub>ref</sub>, thường sử dụng P<sub>ref</sub>=100 kN/m<sup>2</sup>. Ngược lại mô hình MC, module E<sub>50</sub><sup>ref</sup> là module tham chiếu với giá trị P<sub>ref</sub>. Module E<sub>50</sub> tại các vị trí khác trong lớp đất sẽ được xác định thông qua hàm mũ phụ thuộc vào σ<sub>3</sub>, công thức (1) và (2).

Mô hình HS phù hợp với ứng xử đỡ tải của bài toán hố đào sâu hơn mô hình MC vì có module đỡ tải E<sub>ur</sub>, vì vậy lựa chọn mô hình HS cho bài toán phân tích hố đào sâu là hoàn toàn phù hợp.

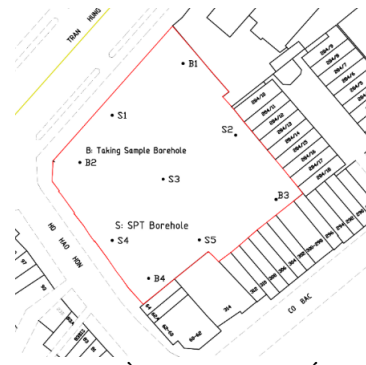
$$E_{50} = E_{50}^{ref} \left( \frac{c \cos \phi + \sigma_3 \sin \phi}{c \cos \phi + P_{ref} \sin \phi} \right)^m \tag{1}$$

$$E_{ur} = E_{ur}^{ref} \left( \frac{c \cos \phi + \sigma_3 \sin \phi}{c \cos \phi + P_{ref} \sin \phi} \right)^m \tag{2}$$

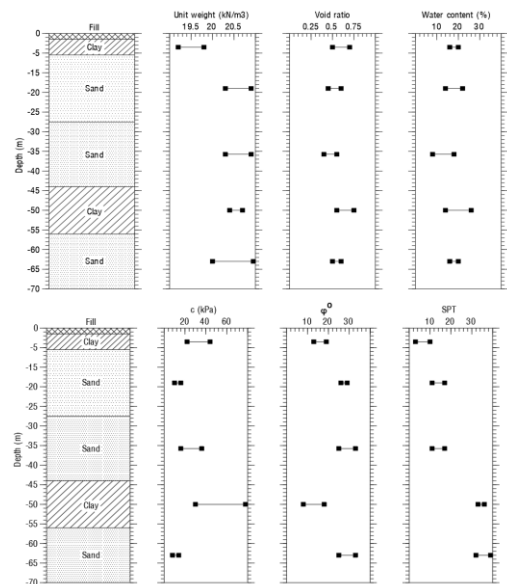
Trong đó: σ<sub>3</sub>=(1-sinφ)σ<sub>1</sub> là ứng suất chính theo phương ngang và m là hàm số mũ thể hiện sự biến thiên module E<sub>50</sub> theo σ<sub>3</sub>. [3]

**2. Địa tầng khu vực**

Địa tầng khu vực gồm 8 lớp được thể hiện như Hình 4. Trong đó tầng cát có chiều dày từ 35 - 40 m nằm ở độ sâu từ -5,5 m đến -44,0 m. Mặt bằng các hố khoan khảo sát địa chất của dự án được bố trí như Hình 2, Hình 3 thể hiện các thông số địa chất đặt trưng của các lớp.



Hình 2. Mặt bằng khảo sát địa chất dự án.



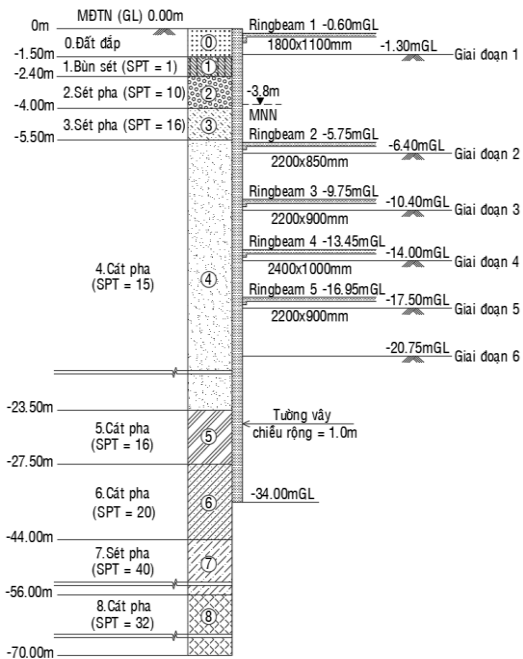
Hình 3. Thông số địa chất điển hình của các lớp đất.

**3. Thông tin dự án**

Dự án căn hộ cao cấp ALPHA 3 được xây dựng tại số 289 Trần Hưng Đạo, Quận 1, Thành Phố Hồ Chí Minh có quy mô 5 tầng hầm và 36 tầng cao trên khu đất có diện tích 4068 m<sup>2</sup>.

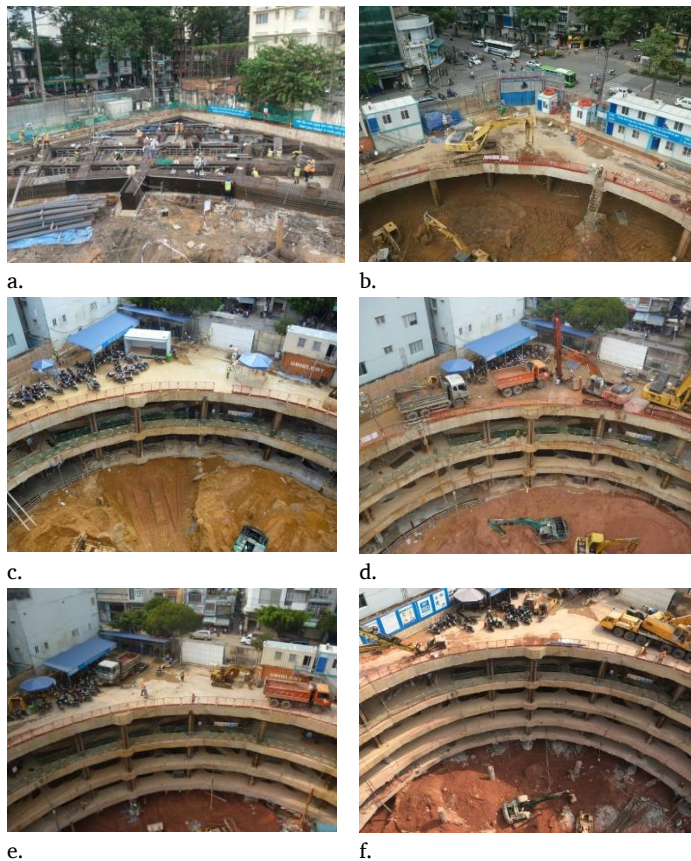
Dự án được thi công theo biện pháp bottom-up, sử dụng tường vây D1000 dài 34 m, chiều sâu đào móng đại trà -20,75 mGL. Mặc cất thi công tầng hầm được thể hiện trong Hình 4. Quá trình thi công tầng hầm gồm 6 giai đoạn được tổng hợp ở Bảng 1. Kết quả quan trắc theo từng giai đoạn thi công được thể hiện trong mục 5.

Hình ảnh các giai đoạn thi công thực tế được tổng hợp trong Hình 5. Chu kỳ quan trắc tương ứng các giai đoạn thi công đào đất được tổng hợp Bảng 1. Hình 5.a dự án đào giai đoạn đầu tiên -1,3 mGL thi công hệ ringbeam 1, Hình 5.b Đào đất giai đoạn 2 tới cao độ -6,40 m thi công hệ ringbeam 2, Hình 5.c Đào đất giai đoạn 3 tới cao độ -10,40 m thi công hệ ringbeam 3, Hình 5.d Đào đất giai đoạn 4 tới cao độ -14,00 m thi công hệ ringbeam 4, Hình 5.e Đào đất giai đoạn 5 tới cao độ -17,50 m thi công hệ ringbeam 5, Hình 5.f đào đất đến cao độ đáy móng -20,75 m và thi công móng.



Ghi chú: GL cao độ mặt đất tự nhiên

Hình 4. Mặt cắt thi công dự án ALPHA 3.



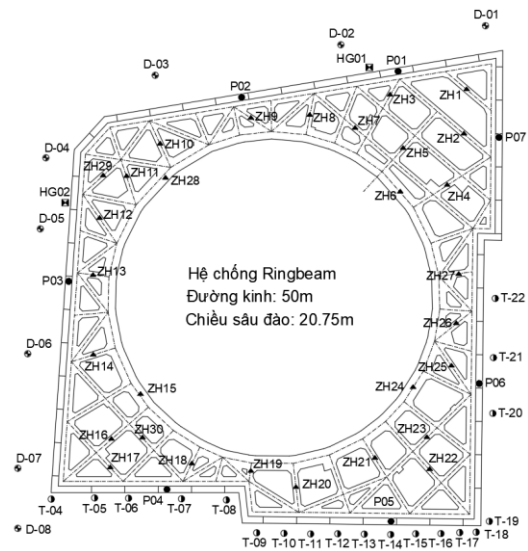
Hình 5. Hình ảnh thực tế đào đất theo từng giai đoạn thi công.

Bảng 1. Trình tự thi công dự án Alpha 3.

Trình tự thi công	Ngày hoàn thành
1 Đào đất -1,30 mGL, thi công hệ giàn Ringbeam 1 tại -0,6 mGL	15/11/2017 (Chu kỳ 7)
2 Đào đất -6,40 mGL, thi công hệ giàn Ringbeam 2 tại -5,75 mGL	01/12/2017 (Chu kỳ 16)
3 Đào đất -10,40 mGL, thi công hệ giàn Ringbeam 3 tại -9,75 mGL	20/12/2017 (Chu kỳ 27)
4 Đào đất -14,00 mGL, thi công hệ giàn Ringbeam 4 tại -13,45 mGL	08/01/2018 (Chu kỳ 35)
5 Đào đất -17,50 mGL, thi công hệ giàn Ringbeam 5 tại -16,95 mGL	05/02/2018 (Chu kỳ 45)
6 Đào đất đáy móng đại trà -20,75 mGL	13/05/2018 (Chu kỳ 76)

#### 4. Các kết quả quan trắc

Dự án Alpha 3 là công trình đầu tiên ở Việt Nam áp dụng giải pháp kết cấu chắn giữ hố đào sử dụng ringbeam đường kính lớn. Để kiểm soát chặt chẽ ứng xử hố đào và đảm bảo an toàn cho công trình lân cận trong quá trình đào đất, công tác quan trắc được trú trọng, nhà thầu bố trí rất nhiều điểm quan trắc bao gồm quan trắc đo chuyển vị tường vây bằng ICL (P), chuyển vị đỉnh tường vây bằng máy toàn đạc (P), cao độ mực nước ngầm ngoài hố đào (HG), ứng suất hệ giằng (ZH), lún nền đường (D), lún nghiêng công trình lân cận (T). Mặt bằng bố trí các điểm quan trắc được thể hiện trong Hình 6. Chu kỳ quan trắc 3 lần 1 tuần.



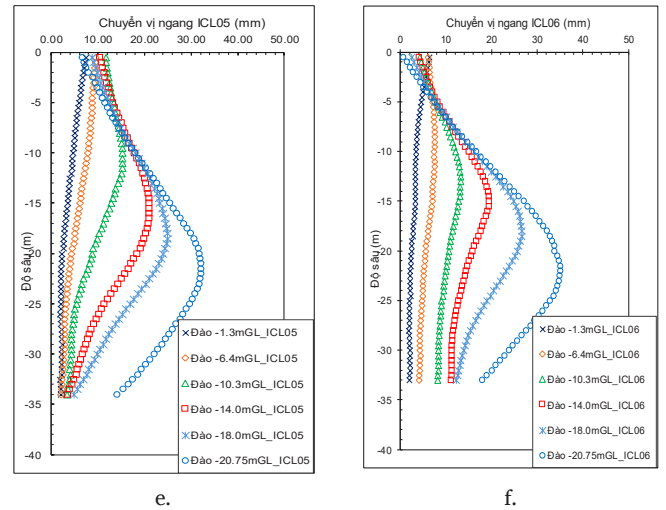
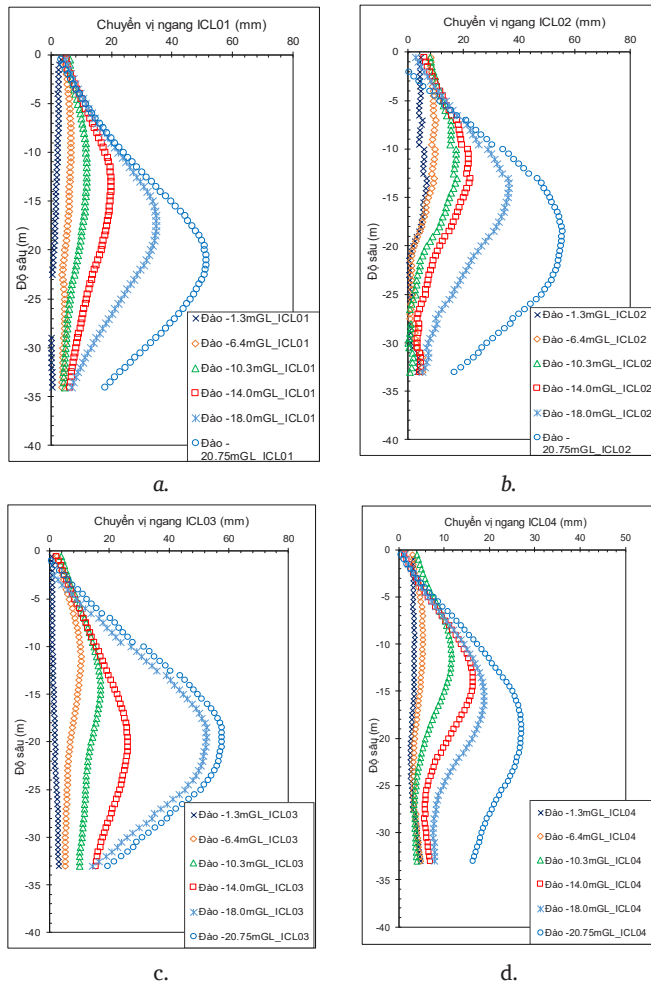
Hình 6. Mặt bằng bố trí các điểm quan trắc.

##### 4.1. Chuyển vị tường vây

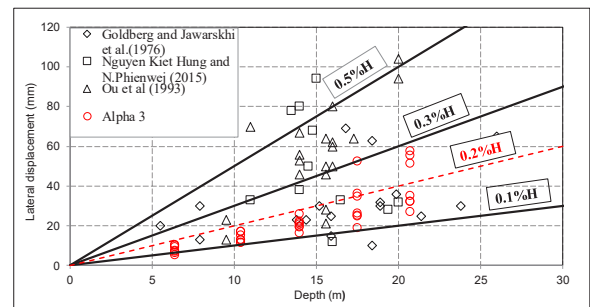
Chuyển vị tường vây theo giai đoạn thi công tại 6 điểm quan trắc được tổng hợp ở Hình 7. Trong đó, chuyển vị ngang lớn nhất của tường vây lớn nhất là 55,5 m được ghi nhận tại điểm P03 (Hình 7c),

điểm P03 nằm ngay giữa cạnh dài của hố đào, cũng là vị trí tại mặt cắt nguy hiểm nhất của hố đào. Càng về vị trí góc chuyển vị tường vây ghi nhận được càng nhỏ, điều này cho thấy sự ảnh hưởng rõ rệt của hiệu ứng góc của hố đào. Cụ thể điểm ghi nhận chuyển vị tường vây nhỏ nhất là P04, chuyển vị ngang đo đạt được là 27,1 mm (Hình 7.d). Trong nghiên cứu này tác giả sử dụng bài toán 2D phân tích biến dạng phẳng do đó để tránh ảnh hưởng hiệu ứng góc đến bài toán phân tích, điểm P03 được chọn để so sánh kết quả phân tích 2D với kết quả quan trắc thực tế.

Chuyển vị của tất cả các điểm quan trắc theo độ sâu đào đất của tất cả các giai đoạn thi công được tổng hợp và so sánh với giá trị tham khảo của những nghiên cứu trước đây ở Hình 8. Kết quả cho thấy rằng chuyển vị nằm trong phạm vi của các dự án tầng hầm trong quá khứ, xu hướng là chuyển vị ghi nhận được nhỏ hơn các giải pháp kết cấu thông thường đã sử dụng trong quá khứ như hệ giằng thép hình hoặc sàn tầng hầm. Cụ thể chuyển vị tường vây nằm trong phạm vi 0,1 %H đến 0,3 %H với giá trị trung bình của các điểm chuyển vị là 0,2 %H, với H là chiều sâu hố đào. So với các giá trị phổ biến của các dự án trước đây 0,3 %H – 0,5 %H dựa án này cho chuyển vị nhỏ hơn, điều này cho thấy hiệu quả rõ rệt của hệ kết cấu chắn giữ hố đào này có độ cứng lớn có thể làm giảm chuyển vị tường chắn.



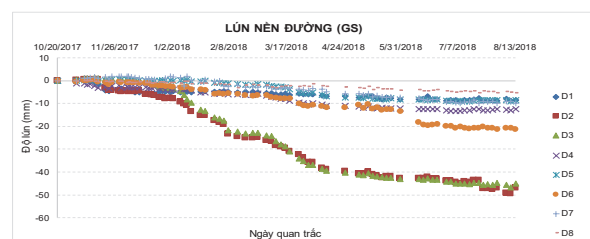
Hình 7. Chuyển vị tường vây các điểm quan trắc. [4]



Hình 8. Chuyển vị tường vây công trình với các nghiên cứu trước đây, Goldberg and Jaworski [5], Hung, N. K. and N. Phienweij [6], Ou et al [7].

#### 4.2. Lún nền

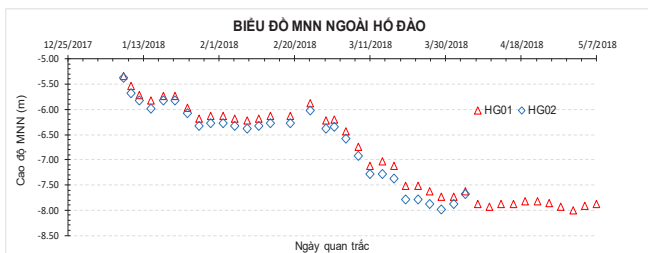
Để quan trắc lún nền xung quanh công trình các điểm quan trắc được lắp đặt trên mặt đất. Tổng cộng có 8 điểm quan trắc được lắp đặt ký hiệu từ D1 đến D8, độ lún được ghi nhận liên tục theo chu kỳ 3 lần tuần. Kết quả quan trắc cho thấy điểm D2 và D3 có độ lún lớn nhất, vị trí điểm D2 và D3 cũng nằm tại trung điểm cạnh dài hố đào gần với điểm có chuyển vị ngang tường vây lớn nhất, điều này khá phù hợp với kết quả chuyển vị ngang tường chắn, chuyển vị ngang tường chắn có mối tương quan với độ lún nền xung quanh.



Hình 9. Độ lún nền lân cận các giai đoạn thi công.

### 4.3. Quan trắc mực nước ngầm

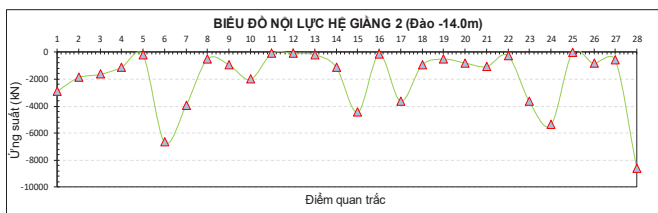
Mực nước ngầm bên ngoài tường vây được quan trắc để kiểm soát chặt chẽ việc hạ mực nước ngầm bên trong hố đào, tránh sự ảnh hưởng việc hạ mực nước ngầm quá mức làm lún và gây nguy hiểm đến công trình lân cận. Hình 10 thể hiện cao độ mực nước ngầm bên ngoài hố đào trong suốt thời gian thi công đào đất. Kết quả cho thấy mực nước ngầm giảm từ độ sâu -5,5 m xuống độ sâu -8,0 m khi đào đất đến cao độ đáy móng. Kết quả này cho thấy việc hạ nước ngầm bên trong hố đào cũng có ảnh hưởng đến mực nước ngầm bên ngoài hố đào do chân tường vây cắm trong lớp cát. Do đó trong thi công tầng hầm công tác hạ mực nước ngầm rất quan trọng, cần được quan trắc và kiểm soát kỹ càng.



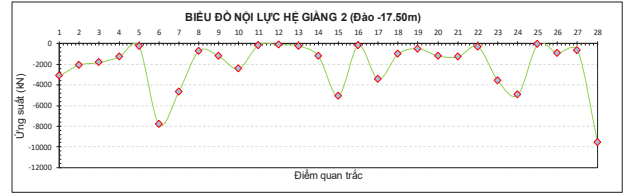
Hình 10. Mực nước ngầm bên ngoài hố đào.

### 4.4. Ứng suất hệ giằng

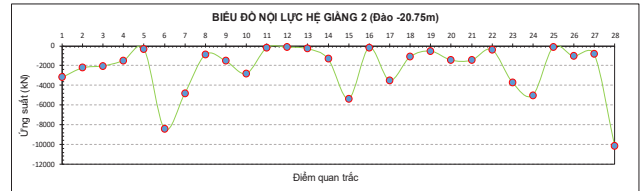
Nội lực hệ ringbeam trong quá trình thi công được quan trắc nhằm theo dõi đánh giá nội lực trong kết cấu chắn giữ. Mỗi hệ chống được bố trí từ 26 đến 30 điểm đo ứng suất khác nhau tại các vị trí đo khác nhau. Nếu khả năng làm việc vượt quá khả năng chịu lực thì đơn vị thi công sẽ có biện pháp gia cường, xử lý kịp thời để đảm bảo an toàn cho công trình trong suốt quá trình thi công. Các biểu đồ ứng suất hệ giằng được thể hiện từ Hình 11 tới Hình 18. Hình 11 tới Hình 13 là biểu đồ ứng suất hệ giằng 2, được đo qua 3 giai đoạn thi công: giai đoạn đào -14,0 m, -17,5 m, -20,75 m, Hình 14, 15 là biểu đồ ứng suất hệ giằng 3 qua 2 giai đoạn: đào -17,5 m, -20,75 m, tương tự Hình 16, 17 là biểu đồ ứng suất hệ giằng giai đoạn đào -17,5 m, -20,75 m, còn lại Hình 18 là biểu đồ ứng suất hệ giằng 5 đào đất tới cao độ -20,75 m.



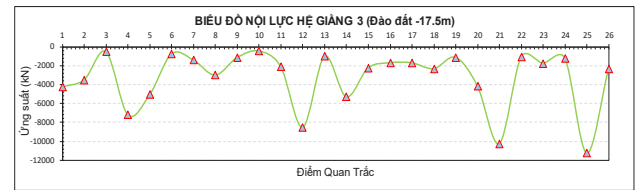
Hình 11. Ứng suất các điểm hệ giằng 2 giai đoạn đào -14,0m.



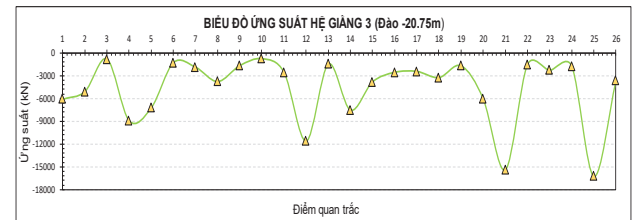
Hình 12. Ứng suất các điểm hệ giằng 2 giai đoạn đào -17,5m.



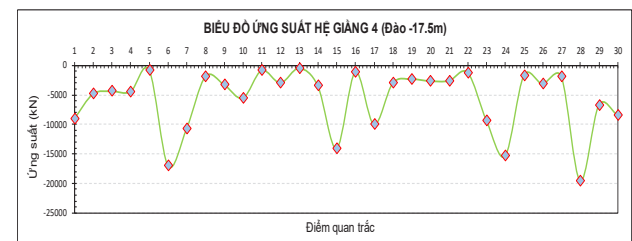
Hình 13. Ứng suất các điểm hệ giằng 2 giai đoạn đào -20,75m.



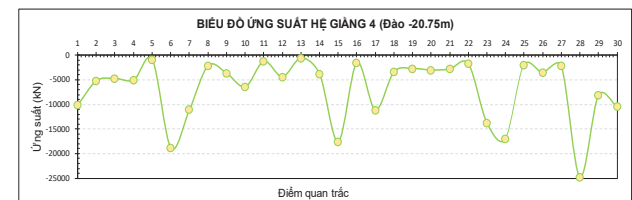
Hình 14. Ứng suất các điểm hệ giằng 3 giai đoạn đào -17,5m.



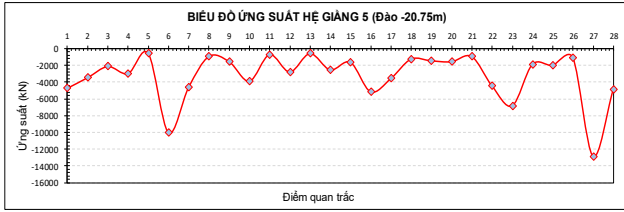
Hình 15. Ứng suất các điểm hệ giằng 3 giai đoạn đào -20,75m.



Hình 16. Ứng suất các điểm hệ giằng 4 giai đoạn đào -17,5m.



Hình 17. Ứng suất các điểm hệ giằng 4 giai đoạn đào -20,75m.



Hình 18. Ứng suất các điểm hệ giằng 5 giai đoạn đào -20,75m.

Kết quả quan trắc ứng suất cho thấy giá trị nội lực lớn nhất của ringbeam nằm ở 4 góc của hố đào và nhỏ nhất tại các vị trí giữa cạnh hố đào.

5. Tính toán, phân tích, đánh giá.

Sử dụng Plaxis 2D để phân tích, tính toán chuyển vị tường vây trong các giai đoạn. Mô hình HS được lựa chọn để phân tích ứng xử của các lớp đất. Thông số mô hình HS được xác định từ thí nghiệm trong phòng CD, CU, OED, DS và thí nghiệm hiện trường theo phương bán kính nghiệm như VST, SPT.

Đối với đất dính, sử dụng phân tích ứng suất tổng (Undrained B trong plaxis) với  $\varphi_u = 0$ , sức chống cắt không thoát nước  $c_u = S_u$ , được xác định từ thí nghiệm hiện trường hoặc thí nghiệm trong phòng. Giá trị độ cứng  $E_{50}$  được lấy theo giá trị  $S_u$  bảng 2.

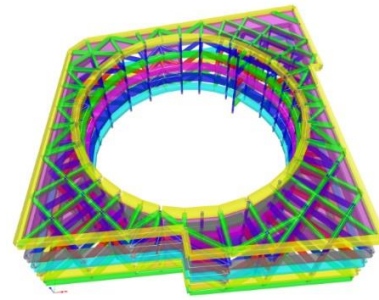
Với đất rời, sử dụng phân tích ứng drain không phát sinh áp lực nước lỗ rỗng thặng dư. Thông số sức chống cắt lấy từ thí nghiệm DS hoặc tương quan với N, giá trị độ cứng  $E_{50}$  lấy theo N.

Đối với các lớp sét khi sử dụng phân tích Undrained B với  $\varphi_u = 0$  hàm mô tả  $E_{50}$  bị suy biến, giá trị  $E_{50}$  không phụ thuộc vào  $\sigma_3$  và hàm số mũ m. Vì vậy giá trị  $E_{50}^{ref}$  nhập vào mô hình cũng chính là  $E_{50}$  của cả lớp không thay đổi theo độ sâu. Bảng số liệu sử dụng mô hình HS được thể hiện ở Bảng 2.

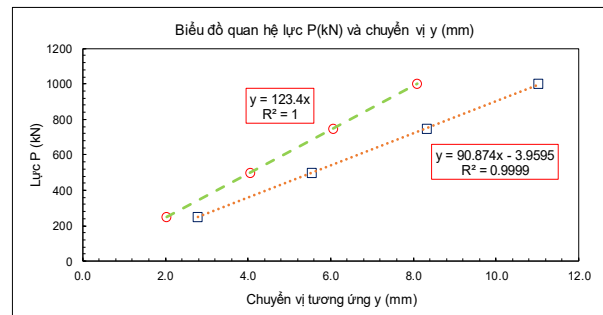
Để xác định độ cứng AE của thanh chống anchor trong mô hình Plaxis 2D, tác giả sử dụng mô hình kết cấu bằng Etabs như Hình 19.

Độ cứng AE được xác định theo quan hệ đàn hồi tuyến tính giữa lực P và chuyển vị tương ứng y từ mô hình Etabs tại vị trí mặt cắt tương ứng 2D của mô hình Plaxis. Hình 20 thể hiện quan hệ lực và chuyển vị tại giữa cạnh hố đào của hệ ring beam 5. Kết quả cho

thấy rằng quan hệ P và y là tuyến tính với hệ số tương quan R2 xấp xỉ 1.



Hình 19. Mô hình etabs tầng hầm tính toán độ cứng EA.



Hình 20. Biểu đồ quan hệ lực P và chuyển vị y.

Trong Plaxis hệ chống được mô hình bằng phần tử anchor fix độ cứng của anchor fix được xác định như sau :

Biến dạng anchor fix :

$$y = \frac{P}{EA \times L_{spacing}} \times L \Rightarrow EA = \frac{P}{y \times L_{spacing}} \times L$$

Trong đó :  $L_{spacing}$  - là khoảng cách các thanh chống

L- là chiều dài thanh chống

Chọn khoảng cách các thanh chống  $L_{spacing} = 1$  và chiều dài thành thanh chống  $L = 1$  nhập vào Plaxis. Thì quan hệ chuyển vị và lực là  $P = AE \times y$ , tương tự như kết quả Hình 20. Trong đó AE sẽ là hệ số góc của đường thẳng tuyến tính đã xác định. Tương tự đối với các hệ giằng chống còn lại, giá trị độ cứng cho mô hình Plaxis 2D được tổng hợp trong Bảng 3.

Bảng 2. Thông số địa chất sử dụng cho mô hình HS.

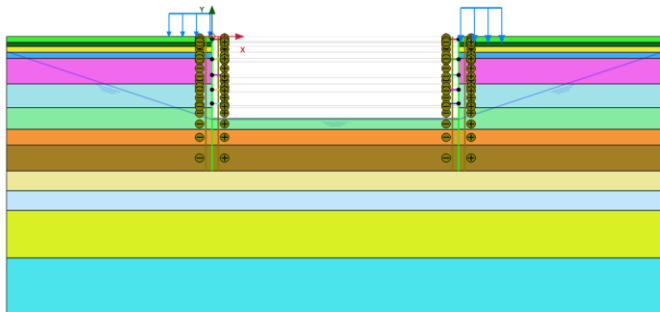
Lớp đất	Độ sâu (m)	SPT (N)	$\phi'$ (độ)	$c'$ (kPa)	$S_u$ (kPa)	$E_{50}^{ref}$	$E_{oed}^{ref}$	$E_{ur}^{ref}$	m
1. Bùn sét, dẻo mềm	1,5-2,5	0-1	-	-	13-16	$250S_u$	$\sim E_{50}^{ref}$	$\sim 3E_{50}^{ref}$	1
2. Á sét, dẻo mềm – dẻo cứng	2,5-4	1-4	-	-	35-45	$350S_u$			1
3. Á sét, dẻo cứng	4-5,5	3-10	-	-	40-50	$350S_u$			1
4. Á cát, kém chặt - chặt vừa	5,5-23,5	11-17	26-29	9-13	-	$2000Nf(z)$			0,5
5. Á cát, kém chặt - chặt vừa	23,5-27,5	11-17	27-28	11-13	-	$2000Nf(z)$			0,5
6. Á cát, kém chặt - chặt vừa	27,5-44	12-18	31-33	8-11	-	$2000Nf(z)$			0,5
7. Á sét, dẻo cứng	44-56	33-36	-	-	150-200	$500S_u$			0,75
8. Cát pha, chặt - chặt vừa	56-70	32-50	31-33	7-8	-	$2000Nf(z)$			0,5

$Nf(z)$  giá trị SPT theo độ sâu z [8] [9]

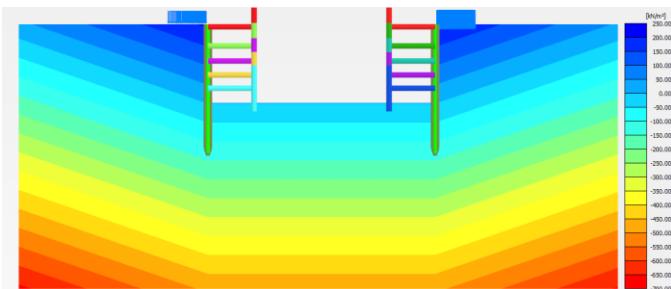
**Bảng 3.** Độ cứng thanh chống cho mô hình Plaxis 2D.

Vị trí	Phần tử		Độ cứng AE (kN/m)	
	L(m)	Lspacing (m)	Trái	Phải
Hệ chống 1	1	1	375940	186916
Hệ chống 2	1	1	123396	90736
Hệ chống 3	1	1	219780	93197
Hệ chống 4	1	1	272777	112740
Hệ chống 5	1	1	226091	86580

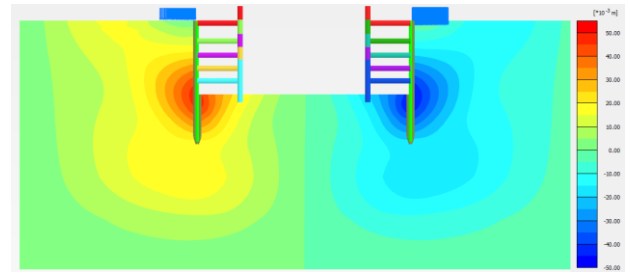
Từ thông số đầu vào đã được lựa chọn cho mô hình Plaxis. Hình 21 thể hiện mô phỏng Plaxis 2D theo trình tự thi công, kết quả phân tích mực nước ngầm và biến dạng được thể hiện lần lượt ở Hình 22 và Hình 23. Kết quả chuyển vị ngang tường vây theo từng giai đoạn thi công được so sánh với quan trắc thực tế (P03) ở Hình 24. Kết quả tính toán kết hợp giữa xác định độ cứng hệ ringbeam đường kính lớn bằng Etabs và mô phỏng ứng xử đất nền bằng Plaxis 2D cho kết quả giống với thực tế. Chuyển vị tính toán và quan trắc khá trùng khớp với nhau theo trình tự thi công và theo tất cả các vị trí theo độ sâu của tường vây. Kết quả nội lực từ hệ chống 1 đến hệ chống 5 được lấy từ mô hình Plaxis 2D gán vào các hệ giằng tương ứng trong mô hình Etabs (Hình 18, Hình 25.a) và kết quả nội lực điểm hình (Hình 25.b). Kết quả nội lực tính toán kết cấu cũng được so sánh với quan trắc thực tế từ Hình 26 đến Hình 29 cho giai đoạn đào đất nguy hiểm nhất -20,75 m.



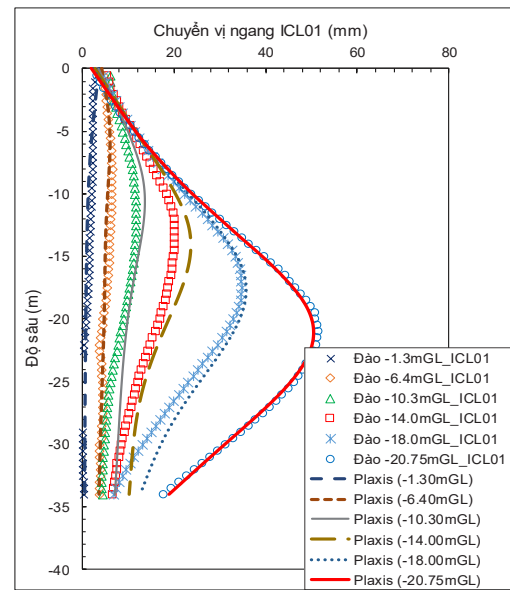
**Hình 21.** Mô hình Plaxis 2D các giai đoạn thi công.



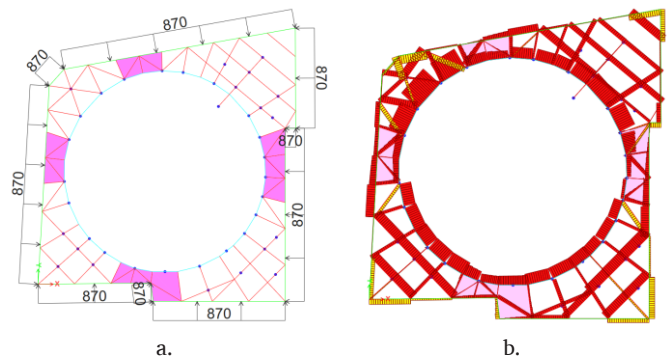
**Hình 22.** Kết quả MNN giai đoạn đào tới đáy móng.



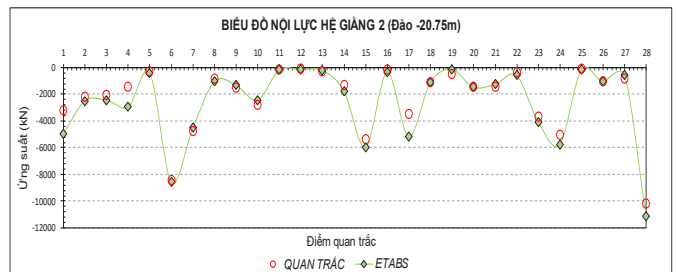
**Hình 23.** Kết quả phân tích biến dạng.



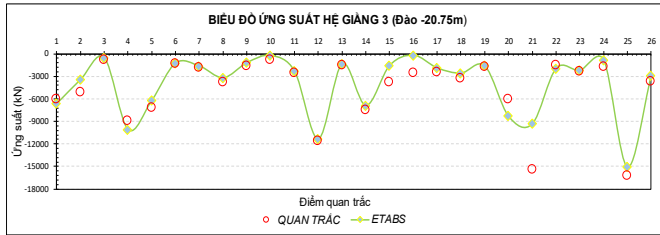
**Hình 24.** Kết quả chuyển vị quan trắc và tính toán Plaxis 2D.



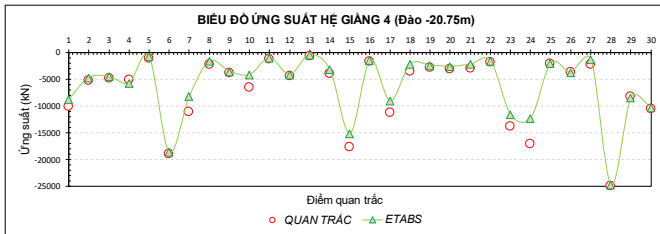
**Hình 25.** Gán áp lực đất (5.a) và kết quả từ mô hình Etabs (5.b).



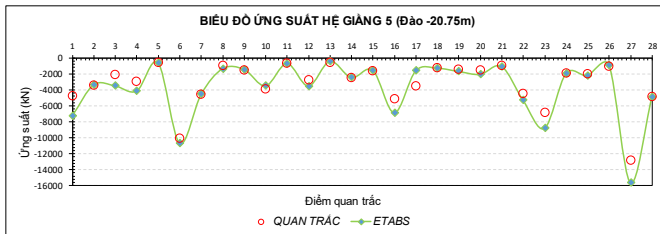
**Hình 26.** Kết quả chuyển vị quan trắc và tính toán Plaxis 2D.



Hình 27. Kết quả chuyển vị quan trắc và tính toán Plaxis 2D.



Hình 28. Kết quả chuyển vị quan trắc và tính toán Plaxis 2D.



Hình 29. Kết quả chuyển vị quan trắc và tính toán Plaxis 2D.

Giá trị ứng suất hệ giằng tính toán từ Etabs với áp lực ngang từ phần mềm Plaxis 2D so với giá ứng suất từ quan trắc thực tế ở giai đoạn đào đất -20,75 m được trình bày điển hình. Kết quả so sánh cho thấy rằng kết quả nội lực có sai lệch từ 20 % - 25 % cho hệ giằng 2, 3, từ 10 % - 15 % cho hệ giằng 4, từ 15 % - 20 % cho hệ giằng 5. Giá trị nội lực lớn tập trung ở 4 góc hố đào như Hình 25.b với giá trị lực dọc lớn nhất là 24737,3 kN. Giá trị moment rất nhỏ chỉ 225 kN.m điều đó cho thấy phương pháp sử dụng ringbeam làm hệ chống đã tối ưu được khả năng chịu nén của bê tông. Chuyển vị tường vây từ mô hình Plaxis 2D so với quan trắc thực tế cũng chỉ sai lệch từ 1 % - 5 % qua các giai đoạn thi công.

**Kết luận**

Nghiên cứu cho thấy hiệu quả của giải pháp kết cấu chắn giữ hố đào bằng ringbeam đường kính lớn thông qua số liệu quan trắc thực tế của dự án Alpha 3 với 5 tầng hầm chiều sâu đào đất móng đại trà -20,75 m. Phân tích số liệu quan trắc thực tế và mô phỏng phần tử hữu hạn sử dụng Plaxis 2D và Etabs tác giả rút ra một số kết luận như sau:

Giá trị chuyển vị ngang của tường vây nằm trong phạm vi 0,1 %H - 0,3 %H, giá trị chuyển vị trung bình 0,2 %H, với H là chiều sâu đào đất

Dùng ringbeam để làm hệ chống nhằm tối ưu được sự đối xứng hay dùng đường tròn để duy trì một độ lệch tâm nhỏ nhằm chuyển các giá trị moment thành lực nén trong ringbeam để tối ưu hóa khả năng chịu nén tốt nhất của bê tông

Sử dụng mô hình Hardening soil với giá trị độ cứng của đất cát dày khu vực dự án  $E_{50} = 2000N_{SPT}$  thay đổi theo độ sâu cho kết quả chuyển vị ngang tường vây phù hợp với quan trắc thực tế.

Sử dụng kết quả phần mềm phân tích kết cấu và phần mềm địa kỹ thuật Plaxis 2D để phân tích ứng xử hố đào sâu sử dụng ring beam đường kính lớn là đủ độ tin cậy, kết quả phù hợp với quan trắc thực tế. Quan hệ lực P (kN) và chuyển vị y (m) của hệ chống bằng ring beam kết hợp giàn bê tông cốt thép là tuyến tính. Giá trị độ cứng AE (kNm/m) của thanh chống trong mô hình Plaxis 2D được xác định từ quan hệ P và y.

Tất cả các dữ liệu quan trắc và hình ảnh thi công cung cấp một giải pháp kết cấu chắn giữ mới cho biện pháp thi công hố đào sâu trong khu vực xây chen, đảm bảo an toàn công trình lân cận, lỗ mở tròn lớn, thuận lợi cho việc thi công đào đất và đẩy nhanh tiến độ thi công tầng hầm. Có thể áp dụng cho các dự án mới trong tương lai ở Việt Nam

**Tài liệu tham khảo**

- [1]. Jian Jia, Xiaolin Xie, ChuanPing Liu, JieQun Zhai, Yu Zhang “Design and Research of Circular Diaphragm Wall for Deep Excavation of Shanghai Tower” *GeoShanghai 2010 International Conference*.
- [2]. Jian Jia, Jie-Qun Zhai, Ming-Guang Li, Lu-Lu Zhang and Xiao-Lin Xie “Performance of Large-Diameter Circular Diaphragm Walls in a Deep Excavation: Case Study of Shanghai Tower” *J. Aerosp. Eng., 2019, 32(5): 04019078*.
- [3]. Plaxis\_2D (2019). "Reference Manual", Plaxis BV, Amsterdam, The Netherlands".
- [4]. Hồ sơ biện pháp thi công, địa chất và dữ liệu quan trắc của dự án Alpha 3 tại Quận 1, TP Hồ Chí Minh.
- [5]. Goldberg, D. T., W. E. Jaworski and M. D. Gordon (1976). Lateral Support Systems and Underpinning, Volume III: Construction Methods, United States. Federal Highway Administration. Offices of Research and ...
- [6]. Hung, N. K. and N. Phienweij (2015). "Practice and experience in deep excavations in soft soil of Ho Chi Minh City, Vietnam." *KSCSE Journal of Civil Engineering* 20(6): 2221-2234.
- [7]. Ou, C.-Y., P.-G. Hsieh and D.-C. Chiou (1993). "Characteristics of ground surface settlement during excavation." *Canadian geotechnical journal* 30(5): 758-767.
- [8]. Quoc Thien Huynh, Van Qui Lai, Tirawat Boonyatee and Suraparb Keawsawaswong “Behavior of a Deep Excavation and Damages on Adjacent Buildings: A Case Study in Viet Nam” *Transportation Infrastructure Geotechnology*.
- [9]. Quoc Thien Huynh, Van Lai Qui, Viet Thai Tran, Minh Tam Nguyen “Back Analysis on Deep Excavation in the Thick Sand Layer by Hardening Soil Model” *ICSEA 2019 pp 659-668*.