

# **ĐÁNH GIÁ VÀ LỰA CHỌN LOẠI MÔ HÌNH TOÁN PHÙ HỢP CỦA PLAXIS TRONG TÍNH TOÁN THIẾT KẾ HỒ MÓNG SÂU**

ThS. Lê Phương Bình  
Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Thành Phố Hồ Chí Minh

**TÓM TẮT:** Công trình ngầm hoặc một phần công trình ngầm thường phải đặt sâu vào trong đất nền vốn có sự biến đổi rất phức tạp. Ngoài những tác động thông thường như những công trình nằm trên mặt đất, công trình loại này còn phải chịu nhiều tác động phức tạp khác từ nền đất. Thiết kế và thi công công trình loại này phải được xem xét đặc biệt. Nghiên cứu đánh giá các mô hình toán của Plaxis - một chương trình thương mại khá phổ biến trong phân tích các bài toán liên quan đến địa kỹ thuật - từ đó lựa chọn ra loại mô hình toán phù hợp dùng để mô phỏng các bài toán liên quan đến hồ móng sâu là nội dung chủ yếu của đề tài. Bên cạnh đó, việc xác định các thông số đầu vào cho hai mô hình Mohr - Coulomb và Hardening Soil cũng được xem xét.

## **1. GIỚI THIỆU**

Công trình ngầm và các phần công trình mà đòi hỏi trong quá trình thi công một lượng đất lớn được đào bỏ (công trình hồ móng) đã trở nên rất phổ biến ở nước ta. Công trình hồ móng mang một số đặc điểm nổi bật như sau: là loại công việc tạm thời; đang có xu hướng phát triển theo hướng độ sâu lớn, diện tích rộng. Ngày nay, các công trình lớn, công trình cao tầng và siêu cao tầng lại nằm tập trung chủ yếu ở các thành phố có mật độ xây dựng cao, dân cư đông đúc, điều kiện thi công khó khăn. Do đó yêu cầu về không chế chuyển vị của đất, của tường vây trong quá trình đào móng phải được đảm bảo nghiêm ngặt. Về mặt thiết kế và thi công các công trình ngầm cần phải được phân tích và xem xét đặc biệt để đảm bảo công trình có thể làm việc được một cách bình thường và không ảnh hưởng hoặc làm hư hại các công trình lân cận trong quá trình thi công nó.

Tiêu chuẩn thiết kế của một số quốc gia, đặc biệt là các nước phát triển đã đề cập đến nguyên tắc tính toán thiết kế các công trình ngầm. Các nhà khoa học trên thế giới cũng có rất nhiều những nghiên cứu liên quan đến các vấn đề về tương tác giữa đất và các công trình ngầm, các loại mô hình tính toán áp lực đất tác dụng lên tường chắn và công trình ngầm. Một số nghiên cứu tiêu biểu: Helmut F. Schweiger (2007) [2]; Lambe. T.W (1970) [3]; T.Schanz

and P.A.Vermeer. (1998) [8].

Plaxis - một chương trình thương mại khá phổ biến trong phân tích các bài toán liên quan đến địa kỹ thuật chứa đựng nhiều loại mô hình toán khác nhau. Mỗi mô hình toán sẽ phù hợp với những nội dung phân tích cũng như những loại đất nền khác nhau. Việc nghiên cứu, đánh giá các mô hình toán trong Plaxis nhằm tìm ra loại mô hình phù hợp, giúp cho quá trình tính toán, thiết kế và thi công hồ móng sâu là thật sự cần thiết.

## **2. CÁC MÔ HÌNH TOÁN CỦA PLAXIS**

### **2.1. Mô hình Linear Elastic**

Mô hình đàn hồi tuyến tính là mô hình đặc tính đất cơ bản nhất mà ngày nay vẫn được sử dụng trong các ứng dụng liên quan đến địa kỹ thuật, mô hình này tuân theo định luật Hook về đàn hồi tuyến tính đẳng hướng. Các thông số của mô hình này gồm 2 thông số: module đàn hồi E và hệ số Poisson  $\nu$ . Cặp thông số này được sử dụng để mô phỏng đặc tính của đất ở những điều kiện đặc biệt. Mô hình được sử dụng chủ yếu để mô phỏng các loại kết cấu cứng trong đất (ví dụ: Móng bê tông, sàn bê tông, cọc bê tông,...).

### **2.2. Mô hình Mohr - Coulomb (MC)**

Mô hình Mohr - Coulomb là mô hình gần đúng về mối quan hệ của đất. Đây là mô hình

đàn hồi - thuần dẻo dựa trên cơ sở định luật Hook kết hợp với tiêu chuẩn phá hoại Mohr - Coulomb. Trong mô hình đàn hồi - thuần dẻo, biến dạng và tốc độ biến dạng được phân tích thành hai thành phần: phần đàn hồi và phần thuần dẻo. Định luật Hook được sử dụng để thể hiện mối quan hệ giữa gia tăng ứng suất và biến dạng. Mô hình gồm 5 thông số cơ bản: module đàn hồi  $E$ , hệ số Poisson  $\nu$ , lực dính của đất  $c$ , góc ma sát trong  $\varphi$  và góc nở của đất  $\psi$ .

**Ưu điểm của mô hình Mohr - Coulomb (Possibilities and advantages):** Simple and clear model (elastic perfectly - plastic model); First order approach of soil behaviour in general; Suitable for many practical applications; Limited numbers and clear parameters; Good representation of failure behaviour (drained); Dilatancy can be included.

**Khuyết điểm của mô hình Mohr - Coulomb (Limitations and disadvantages):** Isotropic and homogenous behaviour; Linear elastic behaviour until failure; No stress - dependent stiffness; No distinction between primary loading and unloading or reloading; Dilatancy continues for ever (no critical void).

### 2.3. Mô hình Hardening - Soil (HS)

Mô hình Hardening - Soil là mô hình đường đàn dẻo loại Hyperbolic. Đây là mô hình đất tiên tiến sử dụng lý thuyết dẻo thay vì lý thuyết đàn hồi, có xét đến đặc tính chảy của đất và biến phá hoại. Mô hình có thể mô phỏng cả sự tăng bền do ứng suất tiếp và ứng suất pháp. Khi chịu tác dụng của ứng suất lệch sơ cấp, đất sẽ giảm độ cứng đồng thời phát triển biến dạng dẻo. Quan hệ giữa biến dạng dọc trục và ứng suất lệch có thể được mô tả bằng một đường Hyperbol. Mô hình này có thể khắc phục được nhược điểm của mô hình Mohr - Coulomb trong mô tả ứng xử của đất nền khi làm việc chịu tải - dỡ tải - gia tải lại. Các thông số của mô hình gồm:  $E_{50}^{ref}$ : module cát tuyến (secant stiffness) xác định từ thí nghiệm nén 3 trục với áp lực bùồng  $P^{ref}$  ở cấp tải bằng 50% cường độ phá hoại;  $E_{oed}^{ref}$ : module tiếp tuyến (tangent stiffness) xác định từ thí nghiệm nén 1 trục không nở hông (Oedometer) tại mức áp lực bằng  $P^{ref}$ ;  $E_{ur}^{ref}$ : module ở đường dỡ tải - gia tải lại (unloading - reloading);  $m$ : hệ số mũ chỉ sự phụ thuộc của module biến dạng vào trạng thái ứng suất của phần tử đất;  $p^{ref}$ : áp lực bùồng

( $\sigma_3$ ) khi thí nghiệm nén 3 trục, Plaxis lấy mặc định bằng 100kPa;  $K_o^{NC}$ : tỉ lệ ứng suất;  $\nu_{ur}$ : hệ số poisson giai đoạn làm việc dỡ tải - gia tải lại, Plaxis lấy mặc định bằng 0.2.

Tuy nhiên, hạn chế của mô hình là không giải thích được sự giảm bền do đặc tính chảy của đất. Nó là mô hình tăng bền đẳng hướng, nên không mô phỏng được các bài toán tải trọng tuần hoàn và đặc tính cản chấn, cũng như đặc tính bất đẳng hướng của đất (Brinkgreve, 2002)

### 2.4. Mô hình đất mềm - Soft Soil model (SS)

Mô hình Soft Soil là loại mô hình đất sét (Cam - clay) được dùng chủ yếu cho các trường hợp cố kết của đất sét, than bùn. Các thông số chủ yếu của mô hình Soft Soil gồm: chỉ số nén điều chỉnh; chỉ số trương nở điều chỉnh; lực dính  $c$ , góc ma sát trong  $\varphi$ ; góc giãn nở  $\psi$

### 2.5. Mô hình từ biến của đất mềm - Soft Soil creep (SSC)

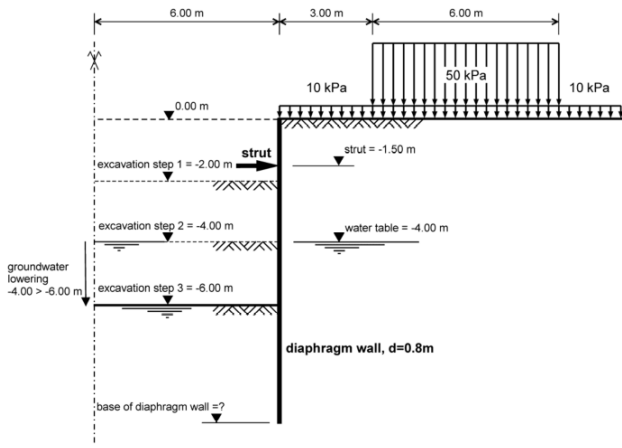
Mô hình Soft Soil Creep là mô hình được phát triển để phân tích các bài toán liên quan đến các vấn đề lún của móng. Trong đó, có khả năng xét đến ảnh hưởng của các yếu tố như: hiện tượng từ biến và giảm ứng suất trong quá trình làm việc của đất nền - vấn đề mà các mô hình trước đó như HS không thể xét đến. Các thông số chủ yếu của mô hình SSC cũng giống như của mô hình SS: chỉ số nén điều chỉnh; chỉ số trương nở điều chỉnh; lực dính  $c$ , góc ma sát trong  $\varphi$ ; góc giãn nở  $\psi$ .

## 3. VÍ DỤ SỐ

### 3.1. BÀI TOÁN 01: THIẾT KẾ HỐ MÓNG SÂU VỚI HỆ CHỐNG GỒM MỘT TẦNG CHỐNG [2]

Một hố đào có kích thước: chiều sâu 6m & bề rộng 12m với một tầng chống ở độ sâu -1.5m. Tải trọng thường xuyên tác dụng ở khắp bề mặt với cường độ 10kN/m<sup>2</sup> và tải trọng 50kN/m<sup>2</sup> tác dụng trên phạm vi rộng 6m và cách mép hố đào 3m. Mực nước ngầm ở độ sâu -4m cách mặt đất tự nhiên.

Các thông số mô hình của đất nền gồm có: dung trọng tự nhiên  $\gamma_{unsat} = 19 \text{ kN.m}^3$ ; dung trọng bão hòa  $\gamma_{sat} = 20 \text{ kN/m}^3$ ; module đàn hồi  $E_{ref} = 30000 \text{ kN/m}^2$ ; hệ số Poisson  $\nu = 0.3$ ; lực dính  $c = 10 \text{ kN/m}^2$ ; góc ma sát trong  $\varphi = 27.5^\circ$ ; Góc trương nở  $\psi = 0^\circ$



**Hình 1.** Thông số hình học và các giai đoạn đào hố móng

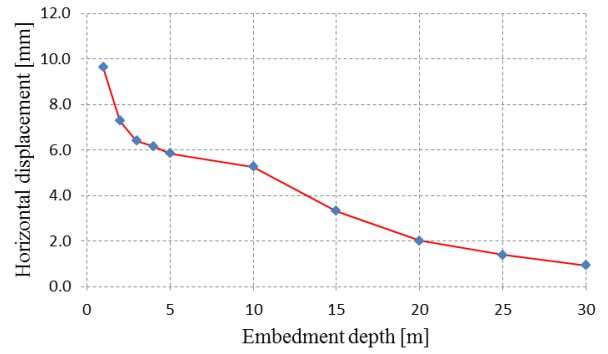
Tường chắn dày 800mm có các thông số mô hình như sau:  $EA = 2.4 \times 10^7$  kN/m;  $EI = 1.28 \times 10^6$  kNm<sup>2</sup>/m; trọng lượng tường  $w = 19.3$  kN/m hệ số Poisson  $\nu = 0.18$

Thanh chống (Strut) có các đặc trưng như sau:  $EA = 2.4 \times 10^7$  kN/m; bước chống  $L_s = 1$  m.

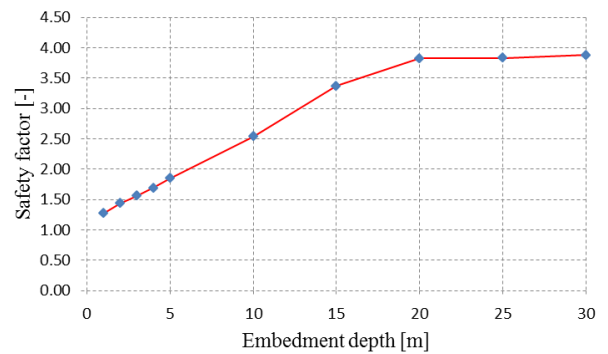
Bài toán được tiến hành phân tích bằng phần mềm Plaxis, trong đó mô hình vật liệu sử dụng là Mohr - Coulomb, loại vật liệu là drained. Các Phase tiến hành mô hình trong Plaxis bao gồm:

- Phase 1: Thi công tường chắn
- Phase 2: Đặt tải trọng tác dụng ở mặt đất
- Phase 3: Đào đất lần 1 từ cao trình  $\pm 0.000$  đến cao trình  $-2.000$
- Phase 4: Đặt hệ chống tại cao trình  $-1.500$
- Phase 5: Đào đất lần 2 từ cao trình  $-2.000$  đến cao trình  $-4.000$
- Phase 6: Hạ mực nước ngầm từ cao trình  $-4.000$  xuống cao trình  $-6.000$
- Phase 7: Đào đất lần 3 từ cao trình  $-4.000$  đến cao trình  $-6.000$
- Phase 8: Xác định hệ số an toàn FS (Chế độ phân tích phi/c reduction)

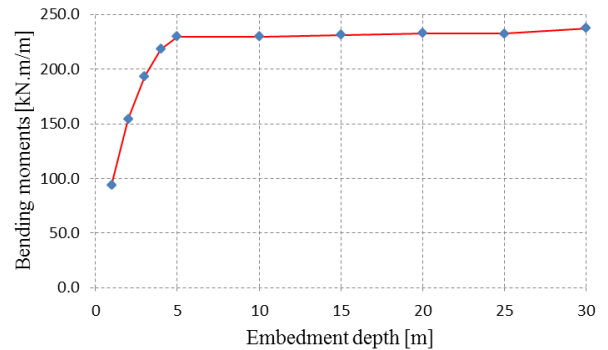
Tiến hành phân tích xác định ảnh hưởng của độ sâu chôn tường vào trong đất nền đến: (i) chuyển vị ngang tại đầu dưới của tường, (ii) moment uốn trong tường và (iii) hệ số an toàn FS về ổn định tổng thể hố đào. Kết quả phân tích được thể hiện trong các Hình 2, Hình 3, Hình 4.



**Hình 2.** Chuyển vị ngang của tường và độ sâu chôn tường



**Hình 3.** Hệ số an toàn về ổn định tổng thể và độ sâu chôn tường



**Hình 4.** Moment uốn và độ sâu chôn tường

Nhận xét:

- Căn cứ vào biểu đồ quan hệ giữa chuyển vị ngang ở đầu dưới của tường và độ sâu chôn tường vào trong đất (Hình 2) cho thấy khi độ sâu của tường chôn vào trong đất tăng thì chuyển vị ngang ở đầu dưới của tường sẽ giảm.
- Căn cứ vào biểu đồ quan hệ giữa hệ số an toàn về ổn định tổng thể hố đào và độ sâu chôn tường vào trong đất (Hình 3) cho thấy khi độ sâu của tường chôn vào trong đất tăng thì hệ số an toàn về ổn định tổng thể hố đào cũng sẽ tăng theo.

- Căn cứ vào biểu đồ quan hệ giữa moment uốn trong tường và độ sâu chôn tường vào trong đất (Hình 4) cho thấy khi độ sâu của tường chôn vào trong đất tăng thì moment uốn trong tường cũng sẽ tăng theo.

Khi chọn độ sâu của tường chôn vào trong đất cần phải lưu ý đến nhiều yếu tố: (i) ổn định tổng thể của mái dốc hố móng. Phòng ngừa trường hợp tường vây có độ sâu chôn vào đất không đủ sẽ phát sinh trượt cục bộ ở một đoạn nào đó dưới chân tường rồi dẫn đến hình thành mặt trượt tổng thể; (ii) ổn định theo hướng dịch chuyển ngang của tường. Phòng ngừa trường hợp khi đào đến độ sâu nào đó sẽ làm cho lực chống hướng ngang không đủ dẫn đến làm đổ tường; (iii) bên cạnh các tiêu chí về ổn định cũng cần quan tâm đến tiêu chí về kinh tế. Cần chọn độ sâu chôn tường sao cho moment uốn trong tường nhỏ vì như vậy chúng ta có thể chọn tiết diện của tường nhỏ hơn hoặc có nhiều lựa chọn hơn về loại vật liệu.

Từ các phân nhận xét trên và căn cứ vào kết quả phân tích cho thấy trong trường hợp bài toán như trên có thể chọn độ sâu chôn tường dao động trong khoảng từ 4m-5m vì khi đó sẽ thỏa mãn được các tiêu chí về ổn định cũng như về kinh tế (trong nghiên cứu này không xét ảnh hưởng của nước ngầm đến tính ổn định của đáy hố đào do hiện tượng trời đất). Kết quả này cũng khá phù hợp với nghiên cứu theo Helmut F. Schweiger [2] khi ông tiến hành phân tích thiết kế dựa vào tiêu chuẩn Eurocode 7 theo các phương pháp từ DA1 đến DA3.

Qua đó chứng tỏ rằng mô hình Mohr - Coulomb có thể được sử dụng khá tốt trong các bài toán phân tích liên quan đến hố móng sâu.

### 3.2. BÀI TOÁN 02: BIỆN PHÁP THI CÔNG BOTTOM UP CHO CÔNG TRÌNH 4 TẦNG HẦM

Công trình Trung tâm Thương mại Văn phòng Hải Quân tọa lạc tại số 15 Lê Thánh Tôn, phường Bến Nghé, quận 1. Đây là công trình phức hợp bao gồm trung tâm thương mại, văn phòng, căn hộ cho thuê và khách sạn do Công ty TNHH MTV Dịch vụ và Du lịch Biển đảo Hải Thành làm chủ đầu tư, có quy mô gồm 4 tầng hầm và 25 tầng cao. Hòa Bình là nhà thầu chính, thi công phân hầm. Thời gian hoàn thành gói thầu dự kiến vào tháng 2 năm 2014.

Tường chắn dày 800mm có các thông số mô hình như sau:  $EA = 2.4 \times 10^7$  kN/m;  $EI =$

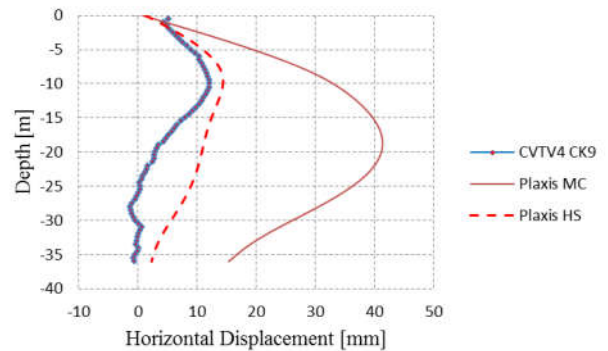
$1.28 \times 10^6$  kNm<sup>2</sup>/m; trọng lượng tường  $w = 20$  kN/m hệ số Poisson  $\nu = 0.2$

Thanh chống loại 1 có các đặc trưng như sau:  $EA = 3.65 \times 10^6$  kN/m; bước chống  $L_s = 6$ m.

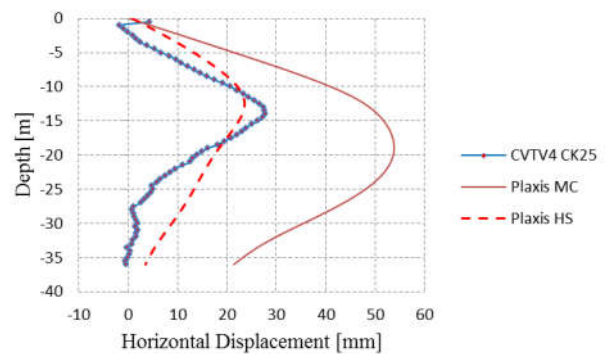
Thanh chống loại 2 có các đặc trưng như sau:  $EA = 7.3 \times 10^6$  kN/m; bước chống  $L_s = 6$ m.

Thanh chống loại 3 có các đặc trưng như sau:  $EA = 9.19 \times 10^6$  kN/m; bước chống  $L_s = 6$ m.

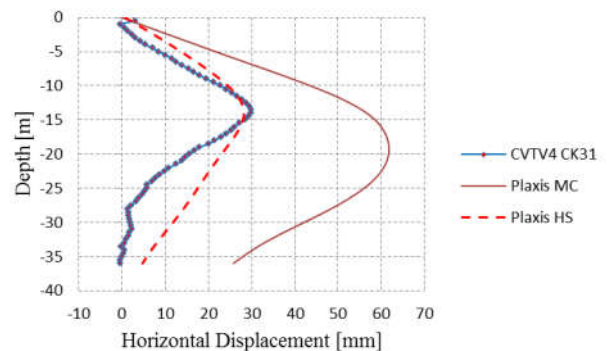
Tiến hành mô phỏng bài toán với hai mô hình Mohr - Coulomb và Hardening Soil thu được kết quả như sau:



**Hình 5.** Chuyển vị ngang và chiều sâu tường khi đào đến cao trình -10.200



**Hình 6.** Chuyển vị ngang và chiều sâu tường khi đào đến cao trình -13.400



**Hình 7.** Chuyển vị ngang và chiều sâu tường khi đào đến cao trình -16.050

#### Nhận xét:

Căn cứ vào biểu đồ quan hệ giữa chuyển vị

ngang và chiều sâu tường khi đào đến các cao trình khác nhau ở các Hình 5, Hình 6 và Hình 7 cho thấy, về hình dáng chuyển vị của tường vây khi mô phỏng bằng Plaxis theo cả hai mô hình đều phù hợp với thực tế quan trắc. Trong đó, mô phỏng theo mô hình HS cho kết quả tốt hơn so với mô hình MC.

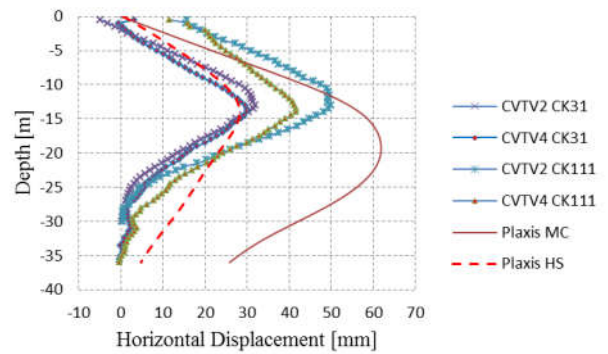
**Bảng 1.** Kết quả chuyển vị ngang lớn nhất của tường vây theo mô hình MC và HS so với kết quả quan trắc ứng với các giai đoạn đào khác nhau

Giai đoạn thi công	Chu kỳ quan trắc	Kết quả chuyển vị ngang lớn nhất (mm)			Sai lệch so với kết quả quan trắc %	
		Mô hình MC	Mô hình HS	Quan trắc	Mô hình MC	Mô hình HS
Đào đến -10.7m	CK9	41.39	14.40	12.16	240.33	18.42
Đào đến -13.9m	CK25	53.81	23.54	27.69	94.36	-14.97
Đào đến -16.05 m	CK31	61.78	28.18	29.88	106.79	-5.68

Từ kết quả phân tích ở Bảng 1 nhận thấy, chuyển vị ngang lớn nhất khi mô phỏng bằng Plaxis theo mô hình MC lớn hơn rất nhiều so với kết quả quan trắc thực tế ứng với thời điểm đào đến các cao trình khác nhau (-10.700; -13.900; -16.050). Theo tác giả sở dĩ có sự chênh lệch lớn như vậy là do hạn chế của mô hình MC là ứng xử đàn hồi không phản ánh đúng bản chất ứng xử thực tế của đất nền. Mô hình MC không thể hiện được quá trình làm việc đỡ tải - gia tải lại của nền trong quá trình thi công. Thêm vào đó số liệu số liệu quan trọng nhất cho bài toán hố móng sâu là module đàn hồi  $E_{ref}$  được lấy từ thí nghiệm nén 1 trục không nở hông có giá trị không đổi theo ứng suất hữu hiệu trong suốt quá trình chịu tải.

Cũng theo Bảng 1 cho thấy kết quả thu được về chuyển vị ngang lớn nhất của tường vây khi mô phỏng bằng Plaxis theo mô hình HS khá tốt so với kết quả quan trắc thực tế. Mô hình HS khắc phục được nhược điểm của mô hình MC về việc xét đến quá trình làm việc đỡ tải - gia tải lại trong quá trình thi công, do đó phản ánh gần đúng hơn với ứng xử làm việc thực tế của đất nền. Độ lớn về sự chênh lệch chuyển vị

ngang lớn nhất so với kết quả qua trắc thực tế lần lượt là 18.2% (khi đào đến cao trình -10.700); 1.97% (khi đào đến cao trình -13.900) và 5.68% (khi đào đến cao trình -16.050). Từ đó cho thấy sự phù hợp của mô hình HS trong việc mô phỏng các quá trình thi công đào đất cho các công trình ngầm.



**Hình 8.** Chuyển vị ngang và chiều sâu tường ứng với các giai đoạn thi công khác nhau của công trình

Kết quả của Hình 8 cho thấy chuyển vị ngang của tường vây tiếp tục phát triển trong quá trình thi công phần thân cho công trình, giá trị lớn nhất thu được tại thời điểm hoàn thành công trình là 50mm, sai lệch 23.56% so với kết quả mô phỏng bằng Plaxis theo mô hình MC. Từ đó cho thấy kết quả phân tích bằng Plaxis theo mô hình MC cho kết quả khá tốt với chuyển vị lớn nhất của tường vây.

#### 4. KẾT LUẬN

Việc tiên đoán được chuyển vị của tường vây trong từng giai đoạn thi công là điều rất cần thiết và quan trọng, điều đó đảm bảo rằng đơn vị thi công đã lựa chọn được phương án thi công phù hợp, cũng như chủ động phòng tránh và đối phó với những biến đổi phức tạp diễn ra trong quá trình thi công hố móng sâu.

Thông qua một số ví dụ phân tích ở trên cho thấy mô hình toán MC và HS là hai mô hình phù hợp trong việc tiên đoán chuyển vị cũng như phân tích ứng xử của hệ tường vây trong quá trình thi công. Trong đó, mô hình HS tỏ ra phù hợp hơn để tiên đoán chuyển vị của hệ tường vây trong quá trình thi công hố đào. Còn kết quả theo mô hình MC cũng khá gần với chuyển vị cuối cùng của hệ kết cấu tường vây. Do đó, cần kết hợp sử dụng hai mô hình này trong quá trình tính toán và thiết kế hố móng sâu nói chung và hệ tường vây nói riêng.

Chương trình Plaxis là công cụ hỗ trợ đắc lực không thể thiếu trong việc phân tích và thiết kế các hệ kết cấu, biện pháp thi công cho các công trình có sự tương tác với đất nền, đặc biệt là các hố đào sâu và công trình ngầm.

*Liên hệ:*

Tác giả: Lê Phương Bình – 0908520732

Đơn vị : ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP. HCM

Email: binhlp@hcmute.edu.vn

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Đỗ Đình Đức. "Thi công hố đào cho tầng hầm nhà cao tầng trong đô thị Việt Nam". Đại học Kiến Trúc Hà Nội. 2002.
- [2] Helmut F. Schweiger . "Modelling issues for numerical analysis of deep excavations". Institute for Soil Mechanics und Foundation Engineering Graz University of Technology, Austria, 2007.
- [3] Lambe. T.W "Braced excavations". Proc. ASCE speciality Conf. Ithaco. New York. 1970.
- [4] Nguyễn Bá Kế. "Hướng dẫn thiết kế và thi công kết cấu chắn giữ hố đào. Nguyên tắc chung". Viện khoa học công nghệ xây dựng. 2001.
- [5] Nguyễn Bá Kế. "Thiết kế và thi công hố móng sâu". Nhà xuất bản xây dựng Hà Nội. 2002.
- [6] Nguyễn Minh Tâm, Nguyễn Bửu Anh Thư. "Nghiên cứu phương pháp tính áp lực đất phù hợp cho tường vây hố đào sâu". Tạp chí KH-CN Xây dựng số 01/2014.
- [7] Plaxis Version 8 Manual
- [8] T.Schanz and P.A.Vermeer. "On the stiffness of Sand". Pre failure deformation behavior geomaterials, 383-387. 1998