

# Tường cừ Larsen hai lớp cho hố đào sâu

## Double-Layer Larsen sheep for deep excavation

> TS NGUYỄN NGỌC THẮNG

Bộ môn Xây dựng dân dụng và công nghiệp,  
Trường Đại học Thủy Lợi, Email: thangnn@tlu.edu.vn

### TÓM TẮT:

Thi công tầng hầm nhà cao tầng bằng phương pháp thi công đào mở kết hợp với hệ thống chống giữ hố đào phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: chiều sâu hố đào, đặc điểm địa chất công trình, địa chất thủy văn, điều kiện kỹ thuật, năng lực thi công ... Trong nghiên cứu này, các tác giả giới thiệu tính toán bằng phần mềm Plaxis cho bài toán hố đào sâu có sử dụng hệ kết cấu tường chắn đất cừ Larsen được bố trí hai lớp để tăng cường độ cứng và ổn định cho tường trong bài toán phân tích số cụ thể. Số liệu phân tích trong bài báo này lấy từ dự án thi công thực tế tại công trình Viện Hàn lâm Khoa học xã hội Việt Nam, Đống Đa, Hà Nội.

**Từ khóa:** Hố đào sâu; tường chắn đất; cừ Larsen; ổn định; tầng hầm nhà cao tầng

### ABSTRACT:

Construction of high-rise basements by open excavation construction method combined with anti-holding system depends on many factors such as: depth of excavation, geological characteristics of the project, hydrogeology, technical conditions, construction capacity ... In this study, the authors introduced Plaxis software calculations for the deep excavation problem using a two-layer Larsen to enhance the rigidity and stability of the walls in a specific numerical analysis problem. The analysis data in this article is taken from the actual construction project at the Vietnam Academy of Social Sciences, Dong Da, Hanoi.

**Keywords:** Deep excavation; soil retaining wall; Larsen sheet pile; stability; high-rise building basement

### 1. GIỚI THIỆU

Vấn đề quan trọng trước khi đào là thiết kế kết cấu chắn giữ thành hố đào. Thực tế chứng tỏ rằng công nghệ thi công và trình tự xây dựng có ảnh hưởng lớn đến trị số và đặc trưng phân bố nội lực trong kết cấu chắn đất và chuyển vị của chúng. Khi chọn kết cấu tường chắn thích hợp và trình tự thi công đúng đắn sẽ giảm thiểu nội lực và chuyển vị của tường [1, 2].

Tường chắn hố đào sâu có các loại chủ yếu sau: (1) Tường chắn bằng xi măng đất trộn ở tầng sâu: Trộn cường chế đất với xi măng thành cọc xi măng đất, sau khi đóng rắn lại sẽ thành tường chắn có dạng bản liên khối đạt cường độ nhất định, dùng cho loại hố đào có độ sâu 3 - 6m; (2) Cọc bản thép: dùng thép máng, thép sắp ngửa móc vào nhau hoặc cọc bản thép khóa miệng bằng thép hình với mặt cắt chữ U và chữ Z. Dùng phương pháp đóng hoặc rung để hạ chúng vào trong đất, sau khi hoàn thiện nhiệm vụ chắn giữ, có thể thu hồi sử dụng lại, dùng cho loại hố móng có độ sâu từ 3 - 10m. (3) Cọc bản bê tông cốt thép có mặt cắt chữ U, C... dài 6 - 20m, sau khi đóng cọc xuống đất, trên đỉnh cọc đổ một đầm mũ bằng bê tông cốt thép để đặt thanh chống hoặc thanh neo, dùng cho loại hố móng có độ sâu 3 - 15m; (4) Tường chắn bằng cọc khoan nhồi: đường kính 600 - 1000mm, cọc dài 15 - 30m, làm thành tường chắn theo kiểu hàng cọc, trên đỉnh cũng đổ đầm vòng bằng BTCT, dùng cho loại hố móng có độ sâu 6 - 13m, có khi đến 25m. (5) Tường liên tục trong đất: sau khi đào thành hào móng thì đổ bê tông, làm thành tường chắn đất bằng bê tông cốt thép có cường độ tương đối cao, dùng cho hố móng có độ sâu 10m trở lên hoặc trong trường hợp điều kiện thi công tương đối khó khăn. Có thể làm tường bằng kết cấu tấm BTCT lắp ghép. (6) Giếng chìm và giếng chìm hơi ép: trên mặt đất hoặc trong hố đào nông có nền được chuẩn bị đặc biệt, ta làm tường vây cả công trình để hở ở phía trên và phía dưới. Phía bên trong công trình (trong lòng của giếng) đặt các máy đào đất, và dùng cần trục để chuyển đất đào được ra khỏi giếng. Cũng có thể đào đất bằng phương pháp thủy lực. Dưới tác dụng của lực trọng trường (trọng lượng bản thân của giếng) công trình sẽ hạ sâu vào đất. Để giảm lực ma sát ở mặt ngoài giếng có thể dùng phương pháp xói thủy lực, làm lớp vữa sét quanh mặt ngoài giếng và đất, sơn lên mặt ngoài lớp sơn chống ma sát v.v...Sau khi giếng đã hạ đến độ sâu thiết kế sẽ thi công bịt đáy và làm các kết cấu bên trong từ dưới lên trên: cột, sàn, móng thiết bị [2, 3, 4].



**Hình 1:** Tường cừ Larsen hố đào sâu

Từ loại tường chắn loại (1) và (2), các loại tường chắn còn lại thường được sử dụng khi thi công hố đào và nhiều trường hợp còn làm tường vĩnh cửu cho công trình ngầm. Kết cấu tường chắn giữ hố đào sau có thể phân loại theo: Phương thức đào hố; Đặc điểm chịu lực và chức năng kết cấu [5, 6].

## 2. TÍNH CỬ LARSEN BẰNG PHẦN MỀM PLAXIS

### 2.1. Giới thiệu phần mềm Plaxis

Sự phát triển của PLAXIS được khởi đầu từ 1987 tại Đại học công nghệ Delft - Hà Lan, là một phần mềm chuyên dụng phân tích nền móng, địa kỹ thuật; mô hình phần tử xây dựng theo phương pháp PTHH với việc tích hợp một số các dạng mô hình đất nền từ đơn giản đến phức tạp. Kết quả tính của PLAXIS cho phép xác định trạng thái ứng suất - biến dạng của kết cấu tường chắn, đất nền xung quanh và các quá trình tương tác giữa đất nền, kết cấu công trình ngầm [7, 8].

### 2.2. Các mô hình nền trong Plaxis

Mô hình nền đơn giản và thông dụng trong Plaxis: Mô hình đàn hồi tuyến tính, tuân theo định luật Hooke về đàn hồi tuyến tính đẳng hướng; Mô hình Mohr - Coulomb: dựa trên ý tưởng của quy luật cơ bản đàn hồi dẻo với trạng thái ứng suất của một điểm nằm trong mặt ngưỡng là đàn hồi thuần túy, thường dùng để tính toán gần đúng ứng xử ở các giai đoạn đầu của nền đất [9]. Ngoài ra còn một số mô hình nền dựa trên lý thuyết đàn hồi dẻo để mô phỏng ứng xử của nền như mô hình Hardening Soil: sử dụng mô đun biến dạng thứ cấp E50 để mô phỏng các ứng xử của cát, sỏi và sét quá cố kết; mô hình Soft Soil: dùng mô hình đất Cam-clay để mô phỏng ứng xử của đất yếu như sét cố kết bình thường và than bùn và mô hình Soft Soil Creep là mô hình đất yếu có kể tới yếu tố nhớt, dùng mô phỏng ứng xử của đất yếu theo thời gian [10].

### 2.3. Tường cử Larsen và thanh chống

Trong Plaxis V8.2, tường cử Larsen được mô hình hóa bằng phần tử tấm, Plates, đàn hồi tuyến tính. Ứng xử của các phần tử tấm thông qua thông số mô đun đàn hồi vật liệu, độ cứng chống nén dọc trục, độ cứng chống uốn, hệ số Poisson. Sự tương tác giữa tường và đất được mô phỏng bằng mặt tiếp xúc, Interfaces, dùng để mô hình hóa sự trượt giữa đất và kết cấu tấm [11]. Thanh chống được mô hình hóa bằng phần tử neo, Fixed- End Anchor, dạng đàn hồi; các tham số như góc nghiêng, ứng lực trước của thanh được thiết lập khi khai báo phần tử [10, 11].

## 3. PHÂN TÍCH BÀI TOÁN TƯỜNG CỬ HAI LỚP TẠI DỰ ÁN VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC XÃ HỘI VIỆT NAM

### 3.1. Giới thiệu chung về dự án

Công trình công năng nhà ở chung cư được xây dựng tại Số 176 Thái Hà, quận Đống Đa, TP Hà Nội với quy mô chiều cao công trình gồm 13 tầng nổi và 02 tầng hầm, kết cấu bê tông cốt thép toàn khối, hệ khung cột kết hợp với lõi cứng chịu lực. Điều kiện địa chất gồm 8 lớp; lớp 1, đất lấp: Nền bê tông, cát, sét pha, bùn hữu cơ lẫn tạp chất, trạng thái không đồng nhất có bề dày từ 3,0m đến 4,3m. Lớp 2, đất sét pha, màu xám nâu, trạng thái dẻo mềm, bề dày từ 1,2m đến 2,5m. Lớp 3, đất sét pha, màu xám đen lẫn hữu cơ, trạng thái dẻo mềm - dẻo chảy, bề dày từ 3,5m đến 11m. Lớp 4: Đất cát pha, màu xám vàng, trạng thái dẻo, bề dày từ 3,3m đến 5,0m. Lớp 5: Đất sét, sét pha, màu xám vàng, nâu hồng, xám ghi, trạng thái dẻo cứng - nửa cứng, bề dày từ 4,8m đến 5,7m. Lớp 6: Cát hạt mịn, màu xám vàng, xám ghi, đôi chỗ kẹp sét, trạng thái chặt vừa - chặt, bề dày từ 16,2m đến 20,0m. Lớp 7: Cát hạt mịn - trung, màu xám ghi, đôi chỗ lẫn sạn, trạng thái chặt - rất chặt, bề dày từ 3,0m đến 4,0m. Lớp 8: Cuội sỏi nhỏ, đa màu, lẫn nhiều cát sạn, trạng thái rất chặt, bề dày lớp trong phạm vi khảo sát chưa xác định [12]. Giải pháp thi công phần ngầm sử dụng cử giữ thành vách được chia thành 8 bước lần lượt gồm bước 1: Thi công ép cử

Larsen IV. Bước 2: Đào đất đến cao độ -2,00m. Bước 3: Thi công hệ văng chống H300 lớp 1 cao độ -1,50m. Bước 4: Đào đất đến cao độ -5,00m. Bước 5: Thi công hệ văng chống H350 lớp 2 cao độ -4,50m. Bước 6: Đào đất đến cao độ -7,50m. Bước 7: Thi công hệ văng chống H350 lớp 3 cao độ -7,80m. Bước 8: Đào đất đến cos đáy đài -8,45m.

### 3.2. Mô hình bài toán cử Larsen bằng phần mềm Plaxis

Tường cử Larsen được mô hình hóa là đàn hồi tuyến tính. Trong phần mềm Plaxis V8.2, cấu trúc tường cử Larsen được mô hình hóa giống một tấm (Plates). Ứng xử của các phần tử tấm có độ cứng, độ cứng dọc trục, momen uốn tới hạn. Với trường hợp có 2 lớp cử Larsen đặt sát nhau, để đơn giản cho tính toán và vì đặt sát nhau nên có thể coi một cách gần đúng là lớp đất ở giữa không biến dạng, 2 lớp cử làm việc cùng nhau, cùng chuyển vị, cùng biến dạng. Khi mô phỏng trong phần mềm Plaxis có thể coi là 1 phần tử tấm với độ cứng bằng tổng độ cứng của 2 lớp cử. Sự tương tác giữa tường và đất được mô phỏng bằng mặt tiếp xúc (Interfaces). Nó có độ dày ảo, dùng để mô hình hóa sự trượt giữa đất và kết cấu tấm, ngăn cản dòng thấm vuông góc với phần tử kết cấu trong phần tích thấm và cố kết thấm. Dựa trên cơ sở báo cáo khảo sát địa chất của công trình, thông số của đất nền được mô phỏng bài toán hố đào bằng phần mềm Plaxis V8.2, trong Bảng 1 thông số của các lớp đất nền; cử Larsen FSP - IV và hệ thanh chống được mô phỏng trong Bảng 2.

**Bảng 1** Thông số của các lớp đất nền

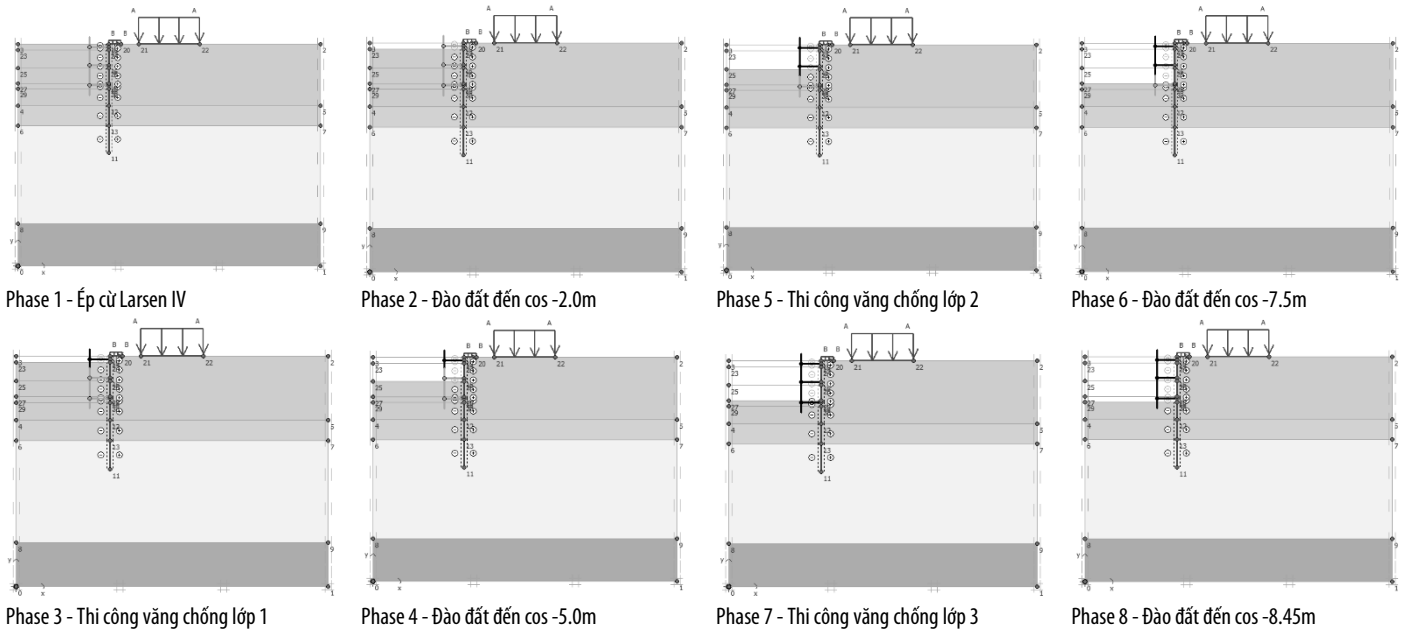
Lớp	Lớp 3	Lớp 4	Lớp 6	Lớp 7
Mô hình vật liệu	MC	MC	MC	MC
Ứng xử của vật liệu	UnDrained	Drained	Drained	Drained
Dung trọng tự nhiên $\gamma_{\text{unsat}}$	16.6	19.7	16.1	16.7
Dung trọng bão hòa $\gamma_{\text{sat}}$	16.8	20.3	19.19	20
Hệ số thấm $K_x = K_y$	-	1	1	1
Modul đàn hồi $E_0$	3150	6300	14850	23950
Hệ số Poisson $\nu$	0.35	0.3	0.3	0.3
Lực dính $c$	10.5	19	-	-
Góc nội ma sát $\phi$	5.17	19.45	32.32	39.73
Hệ số giảm ứng suất tiếp xúc $R_{\text{inter}}$	0.5	0.5	0.5	0.5

**Bảng 2** Thông số cử Larsen FSP - IV và hệ thanh chống

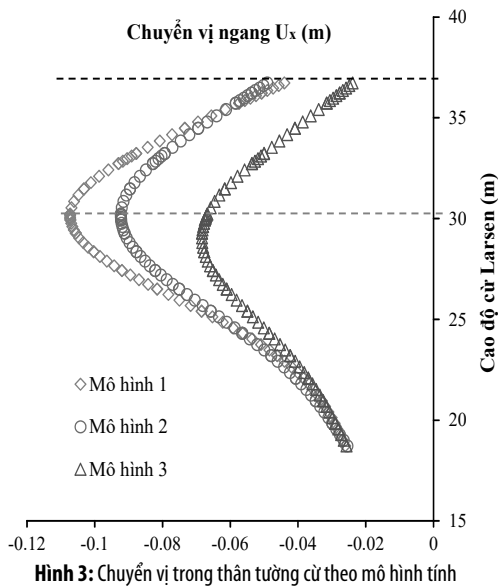
Tên cấu kiện	Thông số	Giá trị	Đơn vị
Cử larsen IV	Tính chất vật liệu	Elastic	
	Độ cứng chống nén	$5,1 \times 10^6$	kN/m
	Độ cứng chống uốn	$80 \times 10^3$	kN/m <sup>2</sup> /m
	Hệ số Poisson	0.3	
Thanh chống 1 H300x300x10x15	Tính chất vật liệu	Elastic	
	Độ cứng dọc trục	$2,4 \times 10^6$	kN/m
	Bước chống	15	m
Thanh chống 2 & 3 H350x350x12x19	Tính chất vật liệu	Elastic	
	Độ cứng dọc trục	$3,5 \times 10^6$	kN/m
	Bước chống	15	m

### 3.3. Mô phỏng thi công cử Larsen bằng phần mềm Plaxis

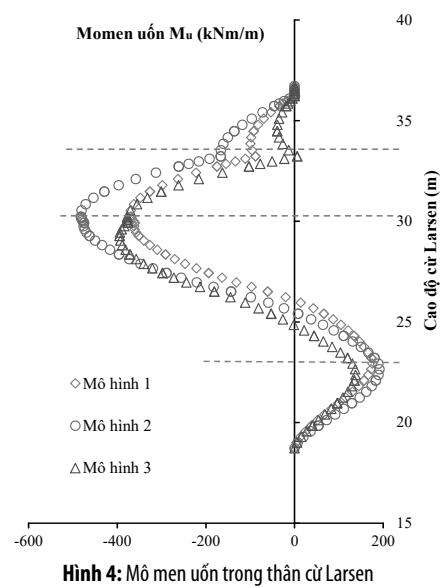
Trình tự 8 bước thi công được mô phỏng trong phần mềm Plaxis được minh họa trong Hình 2 dưới đây.



Hình 2: Mô phỏng số quy trình thi công tường cừ bằng Plaxis



Hình 3: Chuyển vị trong thân tường cừ theo mô hình tính



Hình 4: Mô men uốn trong thân cừ Larsen

#### 4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ NHẬN XÉT

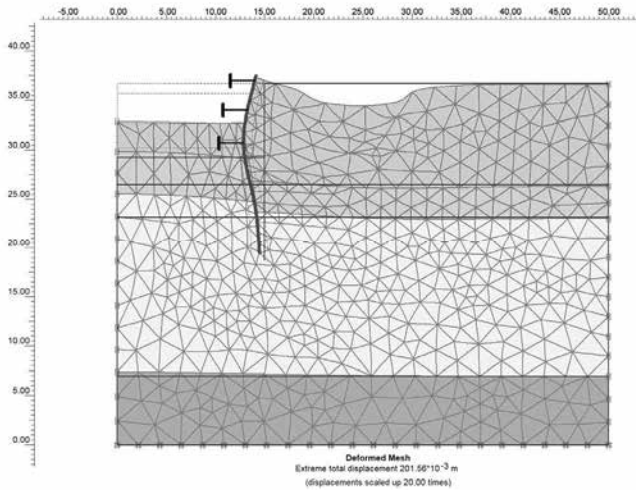
Hình 3, hình 4 dưới đây biểu diễn tổng hợp sự phân bố chuyển vị ngang và mô men uốn của tường cừ theo cao độ cho tương ứng các mô hình.

Biểu đồ hình 3 cho thấy sự biến thiên chuyển vị ngang ở thân tường là khá đồng đều khi độ cứng cừ Larsen thay đổi, chuyển vị ở hai đầu tường khá nhỏ và đều cùng đạt giá trị lớn nhất ở độ sâu tương ứng xấp xỉ 30,0m (tương ứng cao độ đáy tầng hầm 3). Mặt khác từ đường cong biến dạng ở MH1 và MH2 cho thấy, khi độ cứng tăng lên gấp đôi nhưng chuyển vị ngang không thay đổi nhiều, giảm khoảng 16,3% giá trị cực đại; tuy nhiên trong MH3 khi bổ sung thêm kích chống các ở thanh văng, chuyển vị ngang đã giảm được so với MH2 là 34,9% và so với MH1 giá trị này giảm tới 56,9%.

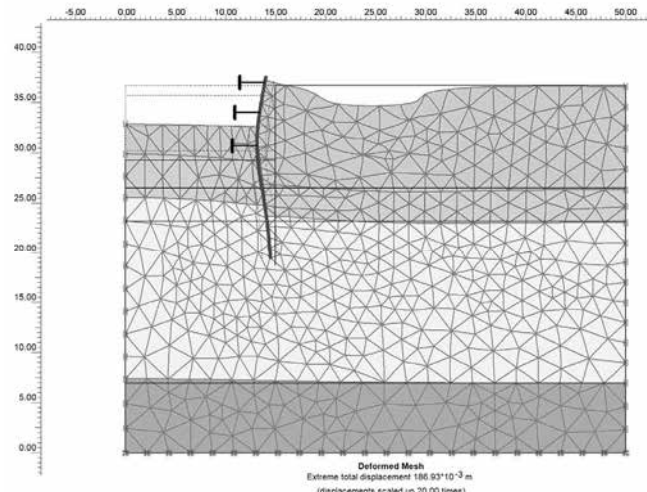
Hình 4 biểu diễn biến thiên mô men uốn  $M_u$  dọc theo thân tường cừ và cho thấy khi độ cứng tường cừ tăng lên mô men uốn

trong thân cừ Larsen cũng tăng theo; chênh lệch tăng khoảng 23,4% cho tương ứng cho giá trị lớn nhất ( $M_{umax}$ ) khi độ cứng cừ tăng lên hai lần ở MH2 so với MH1. Trong MH3, khi bổ sung thêm kích chống văng cho tường cừ 2 lớp, mô men uốn giảm xuống khá nhanh, giá trị mô men xấp xỉ trong trường hợp tường một lớp ở MH1, chênh lệch khoảng 2,3%. Điều này cho thấy vai trò rõ rệt của kích chống trong giảm mô men uốn cho tường cừ.

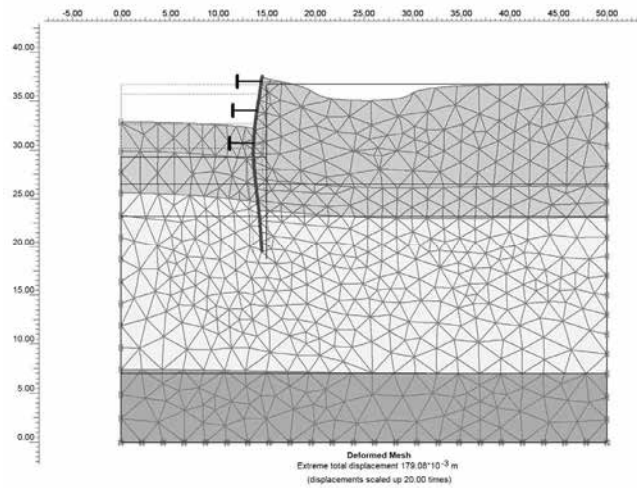
Giá trị cực đại chuyển vị ngang được thể hiện trong Bảng 3. Từ kết quả phân tích chuyển vị ngang cho thấy giải pháp tăng cường độ cứng của tường bằng sử dụng 2 lớp cừ Larsen là khá hiệu quả giữ ổn định cho tường, đặc biệt kết hợp dùng thêm kích chống văng, chuyển vị tuyệt đối lớn nhất của tường cừ Larsen chỉ còn 6,83cm. Trong khi đó Giá trị lớn nhất mô men uốn thân cừ ở 3 MH trong Bảng 4 cho thấy mô men uốn lớn nhất tại vị trí có chuyển vị ngang lớn nhất.



Mô hình 1



Mô hình 2



Mô hình 3

Hình 5: Biến dạng của hố đào ứng với các Mô hình khác nhau ở phase 8 Thi công đào đất tới đáy hầm

**Bảng 3.** Chuyển vị ngang cực đại  $U_{xmax}$  của cừ Larsen

Mô hình	$U_{xmax}$ (cm)	H (m)	$\Delta U_{xmax}$ (%)
MH1	10,72	30,22	-
MH2	9,22	29,90	16,3
MH3	6,83	29,40	34,9
		(MH1-MH3)	56,9

**Bảng 4.** Mô men uốn  $M_{umax}$  của cừ Larsen

Mô hình	$M_{umax}$ (kNm/m)	H (m)	$\Delta M_{umax}$ (%)
MH1	368,8	30,22	+2,3
MH2	481,7	30,22	+ 23,4
MH3	377,4	30,14	- 27,6

Hình 5 dưới đây biểu diễn chuyển vị ngang của tường cừ theo cao độ cho tương ứng các mô hình.

### 5. KẾT LUẬN

Sử dụng tường cừ 2 lớp khá hiệu quả trong việc tăng độ cứng và giảm chuyển vị ngang của tường cừ Larsen trong thi công hố đào sâu. Tuy nhiên khi độ cứng của tường tăng lên, mô men trong thân tường cũng tăng theo, do vậy cần kết hợp với việc sử dụng thêm kích chống văng để khống chế mô men uốn thân tường cừ.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Bá Kế (2013), Thiết kế và thi công hố móng sâu, Nhà Xuất bản xây dựng.
- [2] Nguyễn Bá Kế, 2012, Xây dựng công trình ngầm đô thị theo phương pháp đào mở. Nhà Xuất bản xây dựng.
- [3] Chang-Yu Ou, Deep Excavation - Theory and Practice.
- [4] Josep E. Bowles, Foundation Analysis and Design.
- [5] Chu Quốc Thắng, 2007, Phương pháp phần tử hữu hạn. Nhà Xuất bản Khoa học - Kỹ thuật.
- [6] Nguyễn Văn Quảng, 2010, Nền móng và tầng hầm nhà cao tầng, Nhà Xuất bản xây dựng, Hà Nội.
- [7] Phan Trường Thiệt, Lê Đức Thắng, 2007, Nền và móng, Nhà Xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- [8] Nguyễn Thế Phùng, 2018, Công nghệ thi công công trình ngầm bằng phương pháp tường trong đất, Nhà Xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [9] Nguyễn Việt Trung, Ng Thị Bạch Dương, 2010, Phân tích kết cấu hầm và tường cừ bằng phần mềm PLAXIS, Nhà Xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [10] Nguyễn Việt Trung, 2009, Phân tích kết cấu hầm và tường cừ bằng phần mềm Plaxis. Nhà Xuất bản Giao thông vận tải.
- [11] Nguyễn Quang Phích, Đỗ Ngọc Anh, 2012, Phương pháp số chương trình PLAXIS 3D & UDEC, Nhà Xuất bản xây dựng, Hà Nội.
- [12] Nguyễn Ngọc Thắng, 2021, Tính toán chống đỡ hố đào sâu trong thi công móng nhà nhiều tầng bằng tường cừ larsen hai lớp, Hội khoa học thường niên Đại học Thủy lợi.