

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG**

---

**NGUYỄN TRỌNG KỲ**

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BIỆN PHÁP THI  
CÔNG HỐ ĐÀO SAU ĐẾN ĐỘ LÚN CÔNG TRÌNH  
LÂN CẬN Ở HẢI PHÒNG**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT XÂY DỰNG CÔNG  
TRÌNH DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP**

**CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH DD&CN**

**MÃ SỐ: 14.18.20.80.18**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:  
PGS.TS.NGUYỄN ĐỨC NGUÔN**

**Hải Phòng, 2017**

## LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên tôi xin gửi tới các thầy: PGS.TS Nguyễn Đức Nguôn, Ban chủ nhiệm khoa Sau đại học, Ban giám hiệu trường Đại học Dân Lập Hải Phòng lời chúc sức khỏe và lời cảm ơn chân thành nhất. Các thầy đã hướng dẫn, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu và làm luận văn.

Trong thời gian làm luận văn, tôi luôn cố gắng để tránh những sai sót, nhưng điều đó vẫn có thể xảy ra trong luận văn này. Rất mong được sự góp ý của các thầy cô và bạn đọc.

Xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, tháng      năm 2016

Tác giả luận văn

**Nguyễn Trọng Kỳ**

## LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan luận văn thạc sỹ này là công trình nghiên cứu khoa học độc lập của tôi. Các số liệu khoa học, kết quả nghiên cứu của luận văn là trung thực và có nguồn gốc rõ ràng.

**TÁC GIẢ LUẬN VĂN**

**Nguyễn Trọng Kỳ**

## DANH MỤC BẢNG, BIỂU

<b>Số hiệu bảng, biểu</b>	<b>Tên bảng, biểu</b>
<i>Bảng 1.1</i>	<i>Thống kê 1 số công trình có tầng hầm ở Hải Phòng</i>
<i>Bảng 2.1</i>	<i>Các thông số kiểm soát được và không kiểm soát được</i>
<i>Bảng 2.2</i>	<i>Xác định những nhà nào cần đưa vào danh sách quan sát đo đạc, theo dõi cứu</i>
<i>Bảng 2.3</i>	<i>Các đặc tính cơ lý của các lớp đất</i>
<i>Bảng 2.4</i>	<i>Trị số EJ của ngôi nhà</i>
<i>Bảng 3.1</i>	<i>Số liệu đất nền</i>
<i>Bảng 3.2</i>	<i>Số liệu tường cừ thép</i>
<i>Bảng 3.3</i>	<i>Số liệu “tường trong đất”</i>
<i>Bảng 3.4</i>	<i>Số liệu kết cấu chống đỡ - sàn BTCT</i>

## DANH MỤC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

<b>Số hiệu hình</b>	<b>Tên hình</b>
<i>Hình 1.1</i>	<i>Không gian tầng hầm</i>
<i>Hình 1.2</i>	<i>Thi công Top – Down phần ngầm</i>
<i>Hình 1.3</i>	<i>Đồng thời với phần ngầm hai tầng dưới thuộc phần thân tòa nhà này cũng đang được thi công</i>
<i>Hình 1.4</i>	<i>Trình tự phương pháp thi công Top – Down</i>
<i>Hình 1.5</i>	<i>Hệ thống cột chống Kingpost</i>
<i>Hình 1.6</i>	<i>Các giai đoạn thi công tầng hầm phương pháp đào mở</i>
<i>Hình 1.7</i>	<i>Sự cố nước bùn cát chảy vào đáy hố móng</i>
<i>Hình 1.8</i>	<i>Hầm móng của công trình Pacific 5 tầng hầm</i>
<i>Hình 1.9</i>	<i>Sự cố tầng hầm Pacific 5 tầng hầm</i>
<i>Hình 1.10</i>	<i>Sạt lở đường Lê Văn Lương – Hà Đông – Hà Nội</i>
<i>Hình 1.11a</i>	<i>Ổn định tường bằng neo trong đá</i>
<i>Hình 1.11b</i>	<i>Ổn định tường bằng phương pháp Top – Down</i>
<i>Hình 1.11c</i>	<i>Ổn định tường bằng thanh chống</i>
<i>Hình 1.12</i>	<i>Một số loại ván cừ thép hình</i>
<i>Hình 1.13</i>	<i>Giữ ổn định hố đào bằng hệ chống thép hình</i>
<i>Hình 1.14</i>	<i>Giữ ổn định hố đào bằng hệ cọc xi măng đất</i>
<i>Hình 1.15</i>	<i>Giữ ổn định hố đào bằng hệ cọc xi măng đất</i>
<i>Hình 1.16</i>	<i>Neo trong đất</i>
<i>Hình 1.17</i>	<i>Giữ ổn định tườngbarrete bằng neo trong đất</i>
<i>Hình 2.1</i>	<i>Quan hệ độ lún nhà với thông số m đối với các loại kết cấu</i>
<i>Hình 2.2</i>	<i>Mô hình nhà và hố đào</i>
<i>Hình 2.3a</i>	<i>Không có chuyển vị</i>

Hình 2.3b	Có chuyển vị nền
Hình 2.4	Mô hình nhà và hố đào (không cùng 1 tỉ lệ)
Hình 2.5	Dầm bán vô hạn chịu tải trọng tập trung ở đầu dầm
Hình 2.6	Dầm bán vô hạn chịu mô men tập trung ở đầu trái
Hình 2.7	Dầm bán vô hạn chịu 2 lực ngược chiều ở đầu và cuối
Hình 2.8	Dầm bán vô hạn chịu biến dạng góc ở đầu trái
Hình 2.9	Dầm bán vô hạn chịu mô men ngược chiều nhau ở đầu trái
Hình 2.10	Dầm bán vô hạn chịu biến dạng đường thẳng ở đầu trái
Hình 2.11	Dầm bán vô hạn chịu biến dạng góc ngược chiều nhau ở một đầu dầm
Hình 2.12	Dầm bán vô hạn chịu tải trọng phân bố đều
Hình 2.13	Dầm bán vô hạn chịu tải trọng phân bố đều, biến dạng góc và độ võng
Hình 2.14	Chuyển vị tại góc tọa độ
Hình 2.15	Lưới phần tử hữu hạn
Hình 2.15a	Phần tử tam giác 6 nút
Hình 2.15b	Phần tử tam giác 15 nút
Hình 2.15c	Điểm ứng suất của phần tử 6 điểm nút
Hình 2.15d	Điểm ứng suất của phần tử 15 điểm nút
Hình 3.1	Biểu đồ so sánh độ lún công trình theo phương pháp dầm trên nền đàn hồi
Hình 3.2	Mô hình bài toán
Hình 3.3	Lưới phần tử hữu hạn
Hình 3.4	Lưới biến dạng khi đào xuống đáy hố móng
Hình 3.5	Biểu đồ so sánh độ lún công trình theo phương pháp

	<i>phần tử hữu hạn</i>
<i>Hình 3.6</i>	<i>Biểu đồ so sánh độ lún công trình theo phương pháp dầm trên nền đàn hồi</i>
<i>Hình 3.7</i>	<i>Biểu đồ so sánh độ lún công trình theo phương pháp PTHH</i>
<i>Hình 3.8</i>	<i>Biểu đồ so sánh độ lún công trình theo phương pháp dầm trên nền đàn hồi</i>
<i>Hình 3.9</i>	<i>Biểu đồ so sánh độ lún công trình theo phương pháp PTHH</i>

## MỞ ĐẦU

### 1. Lý do chọn đề tài

Trong điều kiện tốc độ xây dựng phát triển như hiện nay ở Hải Phòng tình trạng xây chen và thi công hố đào sâu diễn ra rất phổ biến. Ở Hải Phòng đã mọc lên nhiều nhà cao tầng có 1 đến 1 vài tầng hầm. Xung quanh các công trình này có nhiều nhà thấp tầng, loại kết cấu thường là tường gạch chịu lực dưới móng băng, khung bê tông cốt thép...trên nền đất yếu hoặc các công trình đường xá, hạ tầng. Ảnh hưởng của việc thi công hố đào sâu đến công trình lân cận là đáng kể. *Việc đảm bảo mức độ an toàn, tránh cho các công trình lân cận xảy ra sự cố khi thi công hố đào sâu là một việc làm cần thiết, đòi hỏi phải có những nghiên cứu thiết thực. Hầu hết sự cố gây ra là do ảnh hưởng của hố đào lên chuyển vị của công trình lân cận, đặc biệt là yếu tố độ lún.*

Bài toán hố đào tương đối phức tạp, chủ đầu tư không nắm được quá trình, quy trình thi công hố đào. Cơ quan nhà nước cũng chưa có những cụ định cụ thể, chưa có những hướng dẫn về quản lý chất lượng thi công hố đào nhằm hạn chế ảnh hưởng của hố đào đến công trình lân cận.

Việc nghiên cứu về vấn đề Sự cố công trình xây dựng phân ngầm và phòng ngừa sự cố đã có nhiều tác giả nghiên cứu như PGS. TS. Nguyễn Bá Kế, TS. Trịnh Việt Cường, PGS. TS. Lê Kiều, TS. Trần Quang Luận, TS. Nguyễn Hồng Sinh, TS. Lê Văn Pha...

Trong nội dung luận văn này tác giả nghiên cứu ảnh hưởng của các loại đất và các loại tường gia cố vách hố đào như: tường cừ thép, tường bê tông cốt thép thi công Top - Down, các loại đất nền điển hình tại Hà Nội để có đánh giá được đầy đủ hơn. Đồng thời tác giả luận văn đã cố gắng sưu tầm kết quả đo thực tế để so sánh với kết quả tính toán lý thuyết.

### 2. Các cơ sở để nghiên cứu



- ✓ Một số loại đất khu vực Hải Phòng;
- ✓ Số liệu quan trắc lún công trình thực tế;
- ✓ Loại kết cấu chắn giữ thành hố đào.

### **3. Mục tiêu nghiên cứu**

- ✓ Nghiên cứu các yếu tố trên nhằm tìm ra giải pháp hạn chế ảnh hưởng của hố đào sâu tới công trình lân cận;
- ✓ Đưa ra các biện pháp đảm bảo an toàn cho các công trình lân cận.

### **4. Nhiệm vụ nghiên cứu**

- ✓ Nghiên cứu ảnh hưởng của địa chất khu vực xây dựng đến công trình lân cận;
- ✓ Nghiên cứu chuyển vị của tường chắn thành hố đào tường cừ thép hình và tường trong đất ảnh hưởng đến công trình lân cận trên cơ sở điều kiện địa chất và biện pháp thi công cụ thể;
- ✓ Kiểm tra so sánh với kết quả đo đạc công trình thực tế.

### **5. Phương pháp nghiên cứu**

- ✓ Phương pháp nghiên cứu được sử dụng cho luận văn:
- ✓ Phương pháp nghiên cứu lý thuyết;
- ✓ Phương pháp phân tích đánh giá;
- ✓ Phương pháp lấy ý kiến chuyên gia: Trực tiếp hoặc gián tiếp thông qua các báo cáo khoa học của những chuyên gia, những nhà khoa học hoạt động trong lĩnh vực nghiên cứu;
- ✓ So sánh giữa kết quả tính toán lý thuyết và đo đạc thực tế.

### **6. Giới hạn nghiên cứu**

Trong phạm vi luận văn chỉ giới hạn nghiên cứu ở việc tìm hiểu và phân tích ảnh hưởng của biện pháp thi công hố đào sâu tới một số công trình nhà tường gạch chịu lực trên nền móng băng, các công trình giao thông và hạ tầng khu vực Hải Phòng.

## **7. Đóng góp của luận văn**

- ✓ Đưa ra nguyên tắc, phương pháp tính toán độ lún của công trình lân cận khi thi công hố đào sâu có xét đến ảnh hưởng của các dạng kết cấu chắn giữ vách hố đào khác nhau và các dạng địa chất điển hình khu vực Hải Phòng;
- ✓ Đề xuất, kiến nghị giải pháp chắn giữ hố đào sâu trên địa bàn Hải Phòng;
- ✓ Kết quả nghiên cứu của luận văn có thể áp dụng cho các nhà thiết kế và quản lý đô thị.

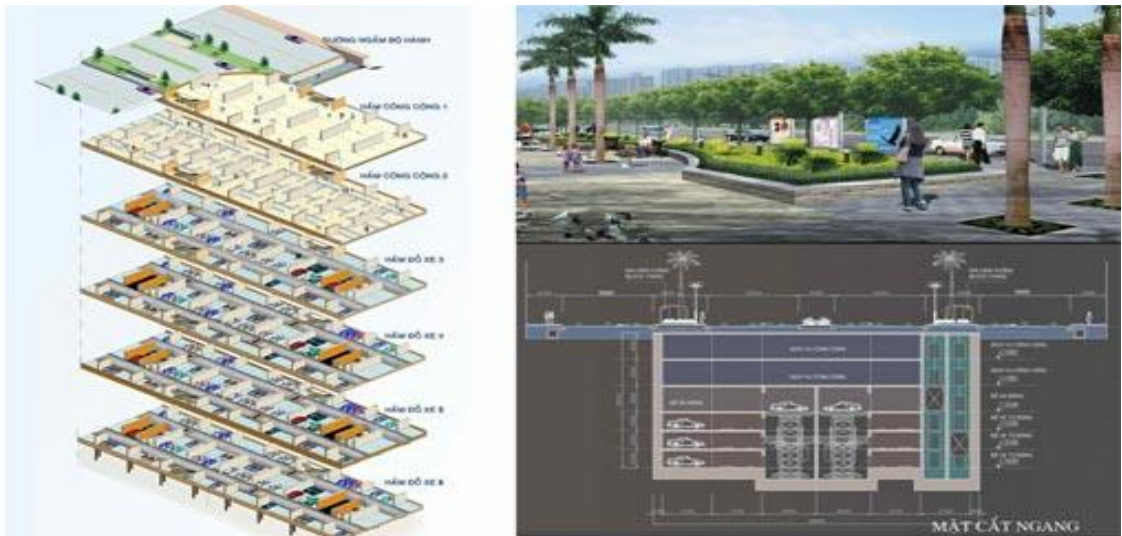
## CHƯƠNG I

# TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH THI CÔNG HỒ ĐÀO SÂU CỦA CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG

### 1.1. Tổng quan tình hình xây dựng nhà cao tầng có tầng hầm ở Hải Phòng

#### 1.1.1. Giới thiệu một số công trình có tầng hầm đã được thi công:

Trong thiết kế nhà cao tầng mới hiện nay ở Hải Phòng, hầu hết đều có tầng hầm để giải quyết vấn đề đỗ xe và các hệ thống kỹ thuật của toàn nhà. Phổ biến là các công trình cao từ 10 đến 30 tầng được thiết kế từ một đến hai tầng hầm để đáp ứng yêu cầu sử dụng của chủ đầu tư trong hoàn cảnh công trình bị khống chế chiều cao và khuôn viên đất có hạn... Việc xây dựng tầng hầm trong nhà cao tầng đã tỏ ra có hiệu quả tốt về mặt công năng sử dụng và phù hợp với chủ trương quy hoạch của thành phố. Tuy nhiên, đến nay vẫn chưa có báo cáo tổng kết về tình hình kinh tế - kỹ thuật cho các công trình trên địa bàn thành phố, cho dù các công trình cao tầng kết hợp tầng hầm đã trở nên rất phổ biến.



Hình 1.1: Không gian tầng hầm [8]

Bảng 1.1. Thống kê 1 số công trình có tầng hầm ở Hải Phòng [8]

<b>TT</b>	<b>Tên công trình</b>	<b>Quy mô công trình</b>	<b>Địa điểm công trình</b>
1	Chung cư SHP Plaza	Tòa nhà cao 28 tầng: - 2 tầng hầm - Tầng 1-6: Khu dịch vụ, nhà hàng, TTTM - Tầng 7-28: Khu căn hộ cao cấp	Ngô Quyền- Hải Phòng
2	Toà nhà MB Hải Phòng	Tòa nhà gồm 11 tầng nổi và 01 tầng hầm Tầng hầm : Diện tích 1.570 m <sup>2</sup>	Lê Hồng Phong-Hải Phòng
3	Khách sạn 5 sao Hilton và Trung tâm thương mại, căn hộ cao cấp	Tổng diện tích hơn 8.300 m <sup>2</sup> gồm 2 khối nhà là Khách sạn Hilton 5 sao và Trung tâm Thương mại, căn hộ cao cấp Gồm 4 tầng hầm và 22 tầng nổi với chiều cao của công trình là 89,9m	Hải Phòng
4	Dự án Khu liên hợp khách sạn Quốc tế 5 sao	7 tòa nhà cao 22 tầng Gồm 2 tầng hầm để xe	Lạch Tray-Hải Phòng
5	Dự án xây dựng Trụ sở làm việc Chi nhánh BIDV Đông Hải Phòng	Diện tích xây dựng là 1.194m <sup>2</sup> , tổng diện tích sàn xây dựng là 9.163m <sup>2</sup> , bao gồm 1 tầng hầm, 9 tầng nổi và 1 tầng kỹ thuật	Hải Phòng
6	Toà nhà 25 tầng VIPCO TOWER	Diện tích 1.148m <sup>2</sup> , Hai khối: 25 tầng + 5 hầm (gara ô tô bằng rô bốt tự động) và 17 tầng + 1 hầm	Hồng Bàng, Hải Phòng

### ***1.1.2. Các phương pháp thi công tầng hầm hiện nay:***

#### ***a. Thi công tầng hầm theo phương pháp Top – Down:***

Công nghệ thi công Top-down (từ trên xuống), tiếng Anh là Top-down construction method, là công nghệ thi công phần ngầm của công trình nhà, theo phương pháp từ trên xuống, khác với phương pháp truyền thống: thi công từ dưới lên.



*Hình 1.2. Thi công Top – Down phân ngầm [8]*



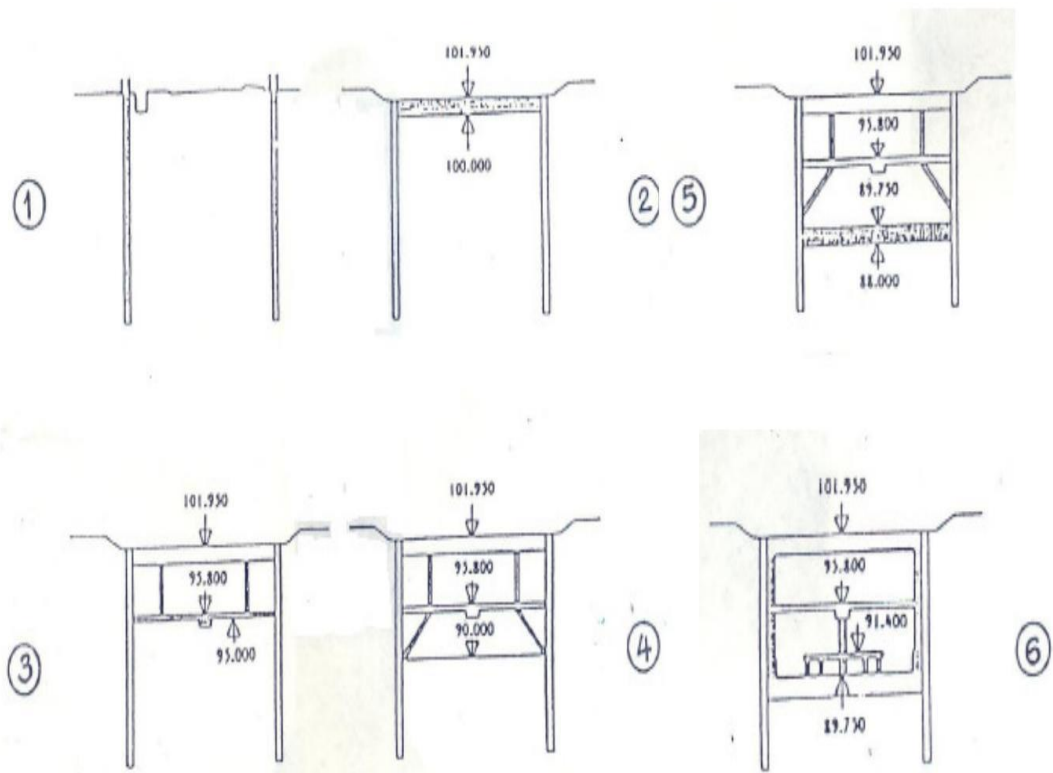
*Hình 1.3. Đồng thời với phần ngầm hai tầng dưới thuộc phần thân tòa nhà này cũng đang được thi công[8]*

Trong công nghệ thi công Top-down người ta có thể đồng thời vừa thi công các tầng ngầm (bên dưới cốt  $\pm 0,00$ ; cốt  $\pm 0,00$  tức là cao độ mặt nền hoàn thiện của tầng trệt công trình nhà, đọc là *cốt không*)) và móng của công trình, vừa thi công một số hữu hạn các tầng nhà, thuộc phần thân, bên trên *cốt không* (trên mặt đất).

Phương pháp thi công này thường được dùng phổ biến hiện nay. Để chống đỡ sàn tầng hầm trong quá trình thi công, người ta thường sử dụng cột chống tạm bằng thép hình (1 đúc, 1 tổ hợp hoặc tổ hợp 4L...). Trình tự phương pháp thi công này có thể thay đổi cho phù hợp với đặc điểm công trình, trình độ thi công, máy móc hiện đại có.

Trong công nghệ Top-down, các tầng hầm được thi công bằng cách thi công phần tường vây bằng hệ cọc barrette xung quanh nhà (sau này phần trên

đỉnh của tường vây dùng làm tường bao của toàn bộ các tầng hầm) và hệ cọc khoan nhồi (nằm dưới chân các móng cột) bên trong mặt bằng nhà. Tường vây thi công theo công nghệ cọc nhồi bê tông tới *cốt không* (cốt nền ngay trên mặt đất) (không tính phần bê tông chất lượng kém trên đỉnh vào trong thành phần tường).



Hình 1.4. Trình tự phương pháp thi công Top – Down[2]

Riêng các cọc khoan nhồi bê tông nằm dưới móng cột ở phía trong mặt bằng nhà thì không thi công tới mặt đất mà chỉ tới ngang cốt móng (không tính phần bê tông đầu cọc nhồi, phải tẩy bỏ đi sau này). Phần trên chịu lực tốt, ngay bên dưới móng của các cọc nhồi này được đặt sẵn các cốt thép bằng thép hình, chờ dài lên trên tới *cốt không* (cốt nền ngay tại mặt đất). Các cốt thép hình này, là trụ đỡ các tầng nhà hình thành trong khi thi công Top-down, nên nó phải được tính toán để chịu được tất cả các tầng nhà, mà được hoàn thành

trước khi thi công xong phần ngầm (gồm tất cả các tầng hầm cộng thêm một số hữu hạn các tầng thuộc phần thân đã định trước). Tiếp theo đào rãnh trên mặt đất (làm khuôn), dùng ngay mặt đất để làm khuôn hoặc một phần của khuôn đúc dầm và sàn bê tông cốt thép tại *cốt không*. Khi đổ bê tông sàn *cốt không* phải chừa lại phần sàn khu thang bộ lên xuống tầng ngầm, để (cùng kết hợp với ô thang máy) lấy lối đào đất và đưa đất lên khi thi công tầng hầm. Sàn này phải được liên kết chắc với các cốt thép hình làm trụ đỡ chờ sẵn nêu trên, và liên kết chắc với hệ tường vây (tường vây là gôỉ đỡ chịu lực vĩnh viễn của sàn bê tông này). Sau khi bê tông dầm, sàn tại *cốt không* đã đạt cường độ tháo dỡ khuôn đúc, người ta tiến hành cho máy đào chui qua các lỗ thang chờ sẵn nêu ở trên, xuống đào đất tầng hầm ngay bên dưới sàn *cốt không*. sau đó lại tiến hành đổ bê tông sàn tầng hầm này, ngay trên mặt đất vừa đào, tương tự thi công như sàn tại *cốt không*, rồi tiến hành lắp ghép cốt thép cột tầng hầm, lắp khuôn cột tầng hầm và đổ bê tông chúng.

Cứ làm như cách thi công tầng hầm đầu tiên này, với các tầng hầm bên dưới. Riêng tầng hầm cuối cùng thay vì đổ bê tông sàn thì tiến hành thi công kết cấu móng và đài móng. Phần bản móng nhà còn đóng vai trò chống thấm và chịu lực đẩy nổi acimet.

Đồng thời với việc thi công mỗi tầng hầm thì trên mặt đất người ta vẫn có thể thi công một hay vài tầng nhà thuộc phần thân như bình thường. Sau khi thi công xong hết các kết cấu của tầng hầm người ta mới thi công hệ thống thang bộ và thang máy lên xuống tầng hầm.

Có 2 phương pháp thi công sàn tầng hầm:

- ✓ Dùng hệ cột chống hầm đã thi công (tỳ lên cọc nhồi) để đỡ hệ dầm và sàn tầng hầm.



- ✓ Dừng cột chống tạm (Bracing System) thường dùng trong thực tế là thép hình chữ I có gia cường đặt vào cọc nhồi, sau khi thi công cột xong thì dỡ bỏ.



*Hình 1.5. Hệ thống cột chống Kingpost [8]*

Ngoài ra người ta cũng thường dùng hệ thống cột chống (king post) được thi công cùng lúc với cọc khoan nhồi. Nó được cắm vào cọc khoan nhồi 1 đoạn, nó có tác dụng là cột chống tạm cho các sàn tầng hầm của chúng ta trong quá trình thi công, vì lúc thi công sàn tầng hầm, chúng ta chưa thể làm cột cho chúng được, tất cả phải nhờ các cột chống tạm này gánh hết.

Sau khi lắp dựng xong hệ chống đỡ và đất được đào đến đáy móng, nhà thầu sẽ thi công hệ móng và các tầng hầm, tầng thân của công trình từ phía dưới lên theo đúng trình tự thi công thông thường.

Hệ thống chống có thể được sử dụng như là lõi cứng cho các cấu kiện dầm/sàn của tầng hầm hoặc sẽ được dỡ bỏ sau khi các sàn tầng hầm đủ khả năng chịu lại các áp lực tác dụng lên vách tầng hầm.

Tùy theo độ sâu đáy đài mà thiết kế có thể yêu cầu một hay nhiều hệ tầng chống khác nhau nhằm đảm bảo đủ khả năng chống lại áp lực đất và nước ngầm phía ngoài công trình tác động lên vách tường tầng hầm.

*\* Ưu điểm:*

- ✓ Chống được vách đất với độ ổn định và an toàn cao nhất.
- ✓ Rất kinh tế;
- ✓ Tiến độ thi công nhanh.

*\* Nhược điểm:*

- ✓ Kết cấu cột tầng hầm phức tạp;
- ✓ Liên kết giữa dầm sàn và cột tường khó thi công;
- ✓ Công tác thi công đất trong không gian tầng hầm có chiều cao nhỏ khó thực hiện cơ giới.
- ✓ Nếu lỗ mở nhỏ thì phải quan tâm đến hệ thống chiếu sáng và thông gió.

### ***b. Thi công tầng hầm theo phương pháp sơ mi Top – Down:***

Trong trường hợp hệ tường vây được thi công tới mặt đất tự nhiên thấp hơn cốt nền tầng trệt thì, thay vì thi công Top-down ngay từ tầng trệt, có thể bắt đầu thi công top-down từ mặt nền tầng hầm thứ nhất (sàn tầng hầm đầu tiên), bên dưới mặt đất. Khi đó, tầng hầm thứ nhất được thi công bằng phương pháp từ dưới lên (bottom-up) truyền thống, phần tường vây trên đỉnh có nhiệm vụ như hệ tường cừ giữ thành hố đào. Trường hợp này cũng có thể gọi là bán Top-down hay "Sơ mi" top-down (semi-top-down). Nói đến sơ mi Top – Down thì có thể nói nó ra đời chỉ là để khắc phục một số khuyết điểm của phương pháp Top – Down đó là thời gian thi công có thể được rút ngắn hơn.

### ***c. Thi công tầng hầm theo phương pháp đào mở:***

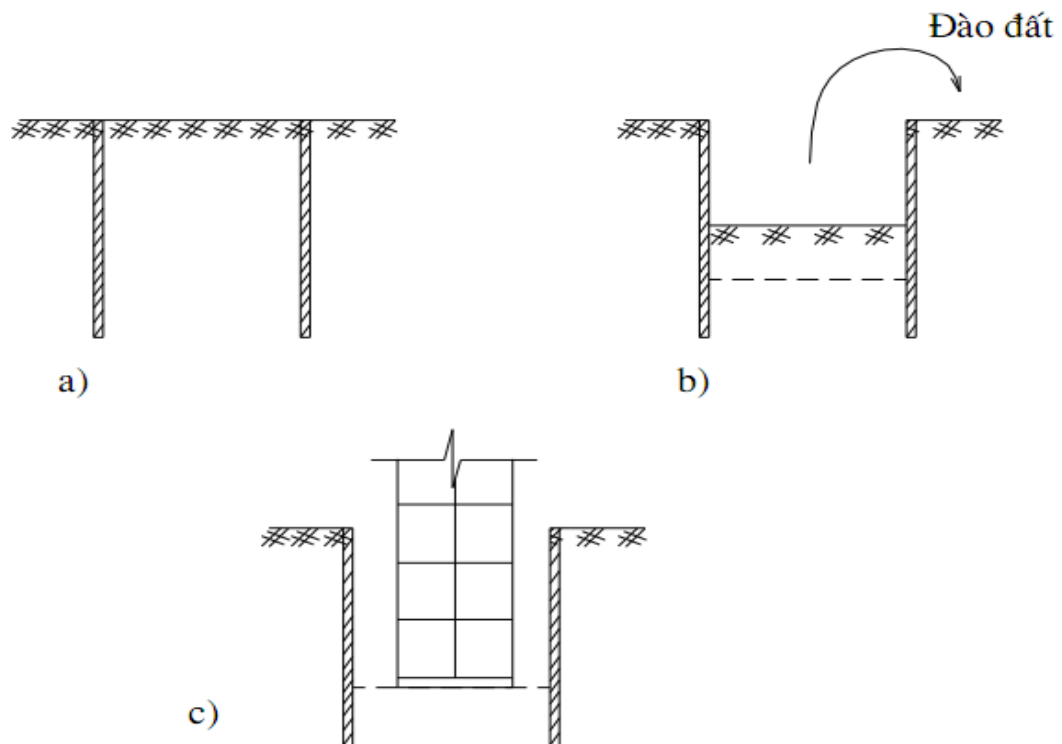
Theo phương pháp này, toàn bộ hồ đào được đào đến độ sâu thiết kế, có thể dùng phương pháp đào thủ công hay đào máy phụ thuộc chiều sâu hồ đào, tình hình địa chất thủy văn, khối lượng đất đào và thiết bị máy móc, nhân lực của công trình. Sau khi đào xong người ta tiến hành xây nhà theo thứ tự bình thường từ dưới lên trên, nghĩa là từ móng lên mái. Để đảm bảo cho hệ hồ đào không bị sụt lở, trong quá trình thi công người ta dùng các biện pháp giữ ổn định vách đào theo các phương pháp truyền thống nghĩa là ta có thể đào theo mái dốc tự nhiên, hoặc nếu khi mặt bằng chật hẹp không cho phép mở rộng ta luy ta có thể dùng cừ giữ ổn định vách hồ đào.

*\* Ưu điểm:*

- ✓ Kết cấu cho tầng hầm cũng đơn giản vì nó giống phần trên mặt đất.
- ✓ Việc làm khô hồ móng cũng đơn giản hơn, có thể dùng bơm hút nước từ đáy móng đi theo hồ thu nước đã được tính toán sẵn.
- ✓ Việc xử lý chống thấm cho thành tầng hầm và việc lắp đặt hệ thống mạng lưới kỹ thuật cũng tương đối thuận tiện dễ dàng.

*\* Nhược điểm:*

- ✓ Khi thi công hồ đào sâu dẫn đến chiều sâu hồ đào lớn nên tốn hệ thống kết cấu chống đỡ tường chắn.
- ✓ Thời gian thi công kéo dài.



Hình 1.6. Các giai đoạn thi công tầng hầm phương pháp đào mở[2]

## 1.2. Các sự cố khi thi công tầng hầm nhà cao tầng gây ảnh hưởng tới công trình lân cận

Thực tế xây dựng các công trình trên địa bàn thành phố Hải Phòng cho thấy có rất nhiều hố móng sâu được thi công cạnh các công trình xây dựng trước đó. Đào đất để thi công phần ngầm của nhà cao tầng làm thay đổi trạng thái ứng suất – biến dạng và điều kiện địa chất thủy văn trong đất, do đó thi công hố đào luôn gây ảnh hưởng đến khu vực xung quanh. Nếu vấn đề này không được xử lý hiệu quả thì tai họa khôn lường có thể xảy ra đối với nhà lân cận xung quanh hố đào khi xây dựng công trình.

Đôi khi vì điều kiện kinh tế, có thể chấp nhận các công trình lân cận bị hư hỏng nhẹ và sửa chữa sau đó. Tuy nhiên biện pháp tốt nhất vẫn là xem xét phương pháp thi công để tránh hư hỏng hoặc giảm thiểu ngăn ngừa chuyển dịch cho các công trình lân cận.

Sau khi hoàn thành công trình thì ứng suất trong đất nền bên dưới gia tăng và gây ảnh hưởng đến các công trình lân cận. Ứng suất có hiệu trong nền thay đổi một cách đáng kể do áp lực đáy móng gây ra hoặc do áp lực nước lỗ rỗng bên trên cao trình của đáy móng cọc cũng có thể dẫn đến hiện tượng ma sát âm lên cọc và gây lún lệch cho công trình lân cận.



*Hình 1.7. Sự cố nước bùn cát chảy vào đáy hố móng [8]*

### ***1.2.1. Ảnh hưởng đến công trình lân cận do thi công bằng cọc ván thép***

#### **\*Nhà văn phòng ở Quận Hai Bà Trưng –Hà Nội**

Công trình ( Xây Chen ) có diện tích mặt bằng 7,15m\* 22,90m, cao 8 tầng, có 1 tầng hầm, mặt tiền ở mặt phố, xây ngay sát ngôi nhà cũ 4 tầng, có kết cấu khung, móng băng với cốt đáy móng khoảng -1,2m.

Để làm móng cọc ép và tầng hầm cho ngôi nhà mới, người ta đã dùng cọc ván thép U200 dài 6m ép thành tường cừ xung quanh chu vi móng và tầng hầm.

Trong khi ép cọc chỉ cách tường nhà cũ 0,5m, đã thấy có tác động ảnh hưởng đến móng và độ ổn định của công trình cũ liền kề. Sau khi thi công xong tường vây hố móng, người ta đào hố, hút nước để thi công đài cọc và tầng hầm.

Theo số liệu quan trắc lún từ 22/10/2007 đến ngày 28/02/2008 thì độ lún của nhà cũ về phía hố đào ( để xây tầng hầm của nhà mới ) đạt tới 5cm làm cho ngôi nhà lún nghiêng, tách hẳn khỏi nhà liền kề có sẵn ở trên mái 15cm. Do đó công trình mới chưa làm xong móng và tầng hầm, đã phải ngừng thi công cho đến nay để tìm giải pháp xử lý.

Nguyên nhân của sự cố này là do thi công ép cọc ván thép làm tường cừ đã chấn động đến nền và móng cũ, mặt khác khi bơm hút nước trong hố đào đã làm cho nền đất của móng cũ lún thêm. Độ lún của nhà không đều làm cho nó nghiêng về phía hố đào của công trình đang xây dựng tầng hầm .

#### ***\*Nhà văn phòng trên đường Hà Nội – Hà Đông***

Đây là ngôi nhà theo thiết kế là 15 tầng, có 2 tầng hầm. Để bảo vệ thành hố đào sâu khoảng 10m, người ta làm tường cừ bằng cọc lắ xen sâu khoảng 16m với hệ thanh chống bằng thép hình để ổn định thành hố đào

Trong quá trình thi công ép cọc lắ xen và bơm hút nước trong hố móng đã làm cho nền đất dưới móng nông của một số nhà ở 4 tầng gần đó bị lún không đều và gây nứt tường nhà, phải ngừng thi công để xử lý.

Nguyên nhân có thể là chân của tường cừ chưa đặt được vào tầng đất sét dẻo cứng cách nước mà đặt vào tầng cát pha chứa nước, bão hòa nước. Trong khi đó, thì mực nước dưới đất ngoài hố móng chỉ cách mặt đất khoảng 1m. Như vậy khi bơm hút nước trong hố móng, đã hạ mức nước chênh lệch gần một chục mét làm cho áp lực nước lỗ rỗng trong đất thay đổi và làm cho nền đất dưới móng bị lún. Ở đây cần nói thêm rằng, tường vây bằng cọc lắ xen cũ không kín nước. Như vậy nước ở trong và ngoài hố đào thông với nhau qua chân tường vây và thấm qua bản thân tường vây .

Như vậy, tuy chưa có sự cố lớn, nhưng cũng là bài học kinh nghiệm khi sử dụng cọc lắ xen và bơm hạ mực nước dưới đất.

#### ***\*Thi công hầm đường bộ qua nút giao thông Ngã tư Sở - Hà Nội***

Ở đây có vấn đề rút cọc lác xen , để thi công hầm, người ta phải dùng tường cừ bằng cọc lác xen để bảo vệ tạm thời thành hố đào. Nhưng do thi công sát nhà dân, nên khi rút cọc lác xen có nguy cơ làm cho nhà dân bị nứt, do đó đành phải để lại không rút lên nữa. Như vậy là có thêm một bài học kinh nghiệm nữa để dự báo khi thiết kế, nên sử dụng cọc lác xen như thế nào cho hiệu quả và an toàn

***\*Thi công tầng hầm Cao Ốc Residence ( Tp Hồ Chí Minh )***

Công trình có 1 tầng hầm, 1 tầng trệt và 11 lầu . Theo thông tin từ bài báo của tác giả Trần Văn Xuân ( ĐH Bách Khoa Tp HCM ), thì khi đào ở độ - 8m dưới đáy hố móng, phát hiện nước ngầm phun lên rất mạnh cuốn theo cát hạt nhỏ. Hậu quả là ngày 31/10/2007 hè đường Nguyễn Siêu có hố sụt rộng 4\*4m và sâu khoảng 3-4m và chung cư Casaco ( Đường Thi Sách , Q1) bị lún nghiêm trọng .

Nguyên nhân cũng có thể là dùng cọc lác xen làm tường vây không ngăn được nước, nên khi hút nước để thi công tầng hầm, thì cột nước chênh áp ngoài thành hố đào tạo nên áp lực lớn đẩy nước luôn qua chân tường vây đẩy trôi đáy móng lên. Nước dưới đất được thoát ra như bình thông nhau, cuốn theo đất cát làm sụt lún nên các công trình xung quanh gần đó ( trong phạm vi “phễu” hạ thấp mực nước )

Trước tình trạng đó, người ta đã phải khẩn cấp lắp ngay các hố đào sâu và hố sụt tạo cân bằng áp lực để tránh tình trạng sụt lún tiếp. Đồng thời lắp đặt các trạm quan trắc dịch chuyển, lún và động thái nước dưới đất để tránh các rủi ro có thể xảy ra

***\*Cao ốc văn phòng Bến Thành TSC – 186 Lê Thánh Tôn, TPHCM:***

Công trình này có diện tích mặt bằng 10\*40m và 2 tầng hầm. Tháng 11/2007, trong khi đào hố móng sâu, thì nước ngầm ở đáy hố phun lên rất mạnh, làm phồng trôi đáy hố làm xô dịch tường cừ bằng cọc lác xen khoảng

8cm. Đất nền bị sụt lún làm nứt đường hẻm lân cận và nghiêng tường ngăn. Do đó buộc phải ngừng thi công và dùng biện pháp khoan giếng bơm hạ nước ngầm.

Như vậy ở đây lại xảy ra trường hợp dùng tường cừ bằng cọc ván thép không hợp lí. Chân tường cừ đang đặt ở lớp cát pha bão hòa nước nên khi có chênh áp lực bơm hút nước trong hố đào thì nước phun mạnh từ đáy hố lên kéo theo đất cát và gây sụt lún

Tóm lại , cả 5 trường hợp sự cố trên đều do việc thiết kế và thi công tường cừ bằng cọc lắ xen không tốt tạo ra tình trạng chênh áp lực nước lớn giữa trong và ngoài hố đào sâu , nước phun mạnh từ đáy hố lên làm hỏng hố đào, đồng thời nước cuốn theo đất cát làm hỏng nền của các công trình lân cận và gây ra sự cố lún sụt nghiêm trọng.

### ***1.2.2.Ảnh hưởng đến công trình lân cận do thi công bằng “tường trong đất”:***

Sự cố tầng hầm công trình Pacific tại Hồ Chí Minh là một bài học đắt giá. Công trình cao ốc Pacific có 5 tầng hầm, 1 tầng trệt và 18 tầng lầu.



*Hình 1.8. Hầm móng của công trình Pacific 5 tầng hầm [8]*



Tường tầng hầm bằng bê tông cốt thép, dày 1m, thi công bằng công nghệ tường trong đất, khi đào đất để thi công tầng hầm thứ 5 thì phát hiện một lỗ thủng lớn ở tường tầng hầm có kích thước 0,2m x 0,7m, dòng nước rất mạnh kéo theo nhiều đất cát chảy từ ngoài vào qua lỗ thủng của tường tầng hầm. Công nhân đã dùng hết cách, nhưng không thể bịt được lỗ thủng. Nước kéo theo đất cát chảy ào ào vào tầng hầm, công nhân phải thoát khỏi tầng hầm để tránh tai nạn có thể xảy ra.



*Hình 1.9. Sự cố tầng hầm Pacific 5 tầng hầm [8]*

Sự cố công trình này đã làm sụp đổ hoàn toàn công trình Viện nghiên cứu Khoa học xã hội Nam Bộ ngay bên cạnh, tòa nhà Sở Ngoại Vụ cũng bị lún nứt nghiêm trọng, Cao ốc YOCO 12 tầng và các tuyến đường xung quanh công trình Pacific cũng có nguy cơ bị lún nứt. nguyên nhân chủ yếu của sự cố này là chất lượng thi công tường tầng hầm không tốt. Lỗ thủng lớn ở tường tầng hầm có thể là do đổ bê tông không đúng quy trình và dùng Bentonite không đúng yêu cầu gây sạt lở đất ở hố đào. Đất cát sạt lở lẫn với Bentonite chèn vào bê tông làm cho bê tông bị rời xóp tạo nên lỗ thủng. Đất bên ngoài tầng hầm là cát pha bão hoà nước, là loại cát chảy, nên phải dùng loại

Bentonite đặc biệt có dung trọng  $d = 1.15\text{g/cm}^3$  chứ không được dùng loại thông thường cho đất loại sét có  $d = 1.04\text{g/cm}^3$ .

Mặt khác, mực nước dưới đất bên ngoài tầng hầm rất cao (ở cốt  $-1.5\text{m}$ ), lỗ thủng ở tường tầng hầm nằm ở độ sâu  $20\text{m}$ , tức là có cột nước với áp lực lớn chênh nhau đến  $18,5$  mét. Với một cột nước, có áp lực  $18.5\text{atm}$  như vậy, chứa đầy trong tầng các búi tích hạt nhỏ và các pha bão hòa nước, thì khi có lỗ thủng ở tầng hầm cho nó thoát, dòng chảy sẽ rất mạnh kéo theo đất cát chảy vào tầng hầm đồng thời làm rỗng xốp, làm xói lở và phá hoại đất nền của móng các công trình lân cận, khiến cho các công trình đó bị biến dạng, bị sụt lún, thậm chí bị phá hoại.

Đó là nguyên nhân sự cố công trình, một bài học đắt giá. Còn biện pháp xử lý về mặt quản lý và biện pháp khắc phục về mặt kỹ thuật thì có lẽ cần có ý kiến tập thể của một hội đồng bao gồm các nhà quản lý và các chuyên gia kỹ thuật.



*Hình 1.10. Sạt lở đường Lê Văn Lương – Hà Đông – Hà Nội [8]*

Vừa qua, vụ sạt lở đường Lê Văn Lương lại một lần nữa lên tiếng cảnh báo về việc điều hành quản lý, chất lượng xây dựng công trình là không thể xem thường.

### **1.3. Một số nguyên nhân gây ra sự cố:**

Có rất nhiều nguyên nhân, đặc biệt nguyên nhân do ảnh hưởng của địa chất xây dựng và tường chắn giữ hố đào.

Sự cố xảy ra trong khi thi công phần ngầm của các công trình xây dựng trong thời gian gần đây bắt nguồn từ việc không tuân thủ các quy định của Nhà nước, năng lực hành nghề không đáp ứng được với yêu cầu, tới việc không tuân thủ các quy định kỹ thuật như: khảo sát không đầy đủ, đánh giá thiếu chính xác về điều kiện địa chất, chỉ tính toán kết cấu móng mà quên tính đối với kết cấu nền đất. Hay việc phần lớn các công trình bị ép tiến độ nên dẫn đến các bên phải vi phạm các quy trình kỹ thuật, và ép về kinh tế để các bên phải sử dụng số liệu tính toán, chủng loại vật liệu, trang thiết bị không như mong muốn dẫn đến làm tăng và tích tụ các rủi ro xấu, chỉ chờ đến thời điểm thích hợp sẽ bùng phát.

Công trình khu ngoại giao đoàn Hà Nội: Do số liệu khảo sát không đầy đủ thiết kế cọc thép không phù hợp với các lớp địa chất dưới móng. Vì vậy, các công trình cọc thép khu vực này đều bị lún 50 – 1m50, các công trình đợt II đều phải cắt tầng (từ tầng 5 xuống 3 tầng).

Hiện nay phần lớn các công trình có từ 2 tầng hầm trở lên đều được thiết kế và thi công theo giải pháp: Tường vây, có/không có kết cấu neo trong đất, cọc khoan nhồi, cọc barrette, có/không có xử lý gia cường mũi cọc và thân cọc, cọc BTCT đúc sẵn và thi công theo công nghệ Top – Down, sơ mi Top – Down và để thi công được thì cũng phải có thêm hệ cừ larsen, hệ cừ này có thể phải chống làm 2, 3 lớp với các chiều sâu cừ khác nhau, có trường hợp sử

dụng cọc xi măng đất; cũng có không nhiều các công trình được thi công theo phương pháp đào mở kết hợp hệ chống.

Qua xem xét nghiên cứu ở các công trình có sự cố đều thấy hồ sơ khảo sát địa chất còn sơ sài chưa phản ánh được đầy đủ điều kiện địa chất thực tế một cách đơn giản, chỉ mới đề cập xác định độ sâu mực nước xuất hiện và độ sâu mực nước ổn định trong lỗ khoan. Do đó, khi tính toán sẽ gặp sai sót. Một sai lầm rất cơ bản trong quá trình thiết kế bản vẽ thi công (đơn số do các nhà thầu lập, tư vấn giám sát chấp nhận) sự am hiểu bản chất kỹ thuật cũng như kiến thức thiết kế kết cấu nền móng trên nền đất yếu ít nhiều còn hạn chế, do vậy hầu hết sử dụng phương án dùng cừ Larsen, cọc Barret để vây tường hầm, chưa xét hết được các yếu tố ảnh hưởng công trình để đưa vào tính toán như: kiểm tra ổn định lật nghiêng, trượt của hệ thống tường vây, đặc biệt khi các chân tường vây đặt vào tầng chứa nước, lớp cát có kết cấu rời rạc.

Tư vấn thiết kế không lường trước hết mức độ phức tạp, cộng thêm sự thay đổi chính sách nên sau khi đã được phê duyệt thì vẫn phải thiết kế lại phần ngầm cho phù hợp với biện pháp thi công mới. Trong thực tế nhiều trường hợp không khảo sát chất lượng hiện trạng nhà lân cận, đến khi gặp sự cố mới khảo sát.

Nhà lân cận nằm trong vùng đất yếu, thường cung trượt do đào đất thi công tầng hầm tạo ra rất dài và sâu cắt qua nhiều dải móng của nhà lân cận. Vì vậy khi có sự cố thì không chỉ có 1 nhà lân cận sát tường tầng hầm mà cả một dải nhiều nhà lân cận cũng nghiêng lệch theo một hướng.

Khi thi công tầng hầm do phải liên tục hút nước, nước ngầm lại quá nhiều, làm tăng ứng suất hiệu quả trong đất yếu, mà hậu quả cuối cùng là lún cố kết, làm lún nứt công trình lân cận.

**Một số nguyên nhân gây sự cố hố đào có giằng:**

- ✓ Mất ổn định trượt tổng thể;
- ✓ Mất ổn định đáy do trượt trôi – đẩy trôi;
- ✓ Xói ngầm, rửa trôi các hạt mịn, phun trà;
- ✓ Biến dạng, hư hỏng văng chống;
- ✓ Độ cứng của tường chắn không đảm bảo;
- ✓ Chuyển vị quá mức của tường chắn;
- ✓ Lún của đất nền quá mức;
- ✓ Chuyển vị ngang của đất nền quá mức;
- ✓ Hạ mức nước ngầm;
- ✓ Chấn động đến công trình xung quanh.

#### **1.4. Các giải pháp gia cố thành hố đào sâu:**

Khi thi công đào hố móng sâu, trạng thái ứng suất trong nền đất sẽ thay đổi, từ đó đất biến dạng dẫn tới khả năng mất ổn định. Thêm vào đó mực nước ngầm cũng là một yếu tố tạo nên trạng thái mất ổn định. Chính vì vậy mà khi tiến hành đào hố móng sâu bắt buộc phải thiết kế các kết cấu chống đỡ vách hố móng và đáy hố móng. Tác động qua lại giữa áp lực đất và nước ngầm với hệ thống tường chắn và kết cấu khung chống đỡ vách sẽ có thể dẫn đến những trạng thái giới hạn khác nhau, yêu cầu hàng đầu đối với thiết kế tường chắn và khung chống đỡ vách hố móng là không để xảy ra phá hoại trạng thái cân bằng giới hạn, từ đó gây mất ổn định bản thân vách và đáy hố móng, đồng thời còn có thể làm mất ổn định các công trình kế cận. Biểu hiện chủ yếu của trạng thái cân bằng giới hạn bị phá hoại là mất cân bằng tĩnh lực, kết cấu chống đỡ bị phá vỡ, kể cả việc không khống chế được tác dụng của mực nước ngầm.

Có rất nhiều giải pháp gia cố thành hố đào khác nhau, về cơ bản có thể chia thành 03 nhóm giải pháp như sau:

❖ **Nhóm thứ nhất: Đào mở**

- ✓ Đào mở để bề mặt tự nhiên không sử lý;
- ✓ Đào mở kết hợp với lining bề mặt chống chảy đất.

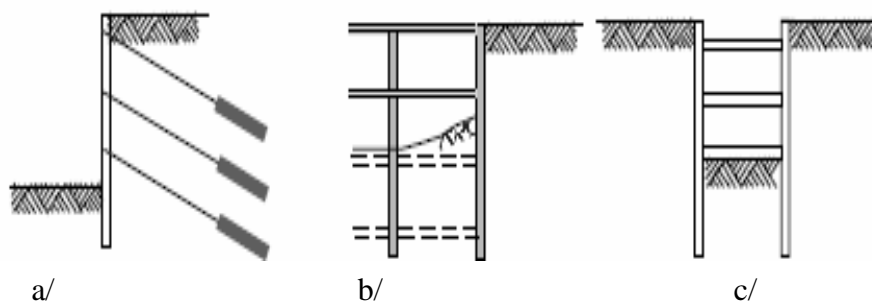
❖ **Nhóm thứ hai: Gia cố thành hố đào.**

- ✓ Cọc xi măng cát;
- ✓ Cọc xi măng đất;
- ✓ Cọc cừ tràm.

❖ **Nhóm thứ ba: Chống đỡ thành hố đào**

- ✓ Tường vây hoặc phương pháp Top – Down
- ✓ Cừ ván bê tông dự ứng lực
- ✓ Cừ Larsen
- ✓ Cọc khoan nhồi, cọc đúc sẵn

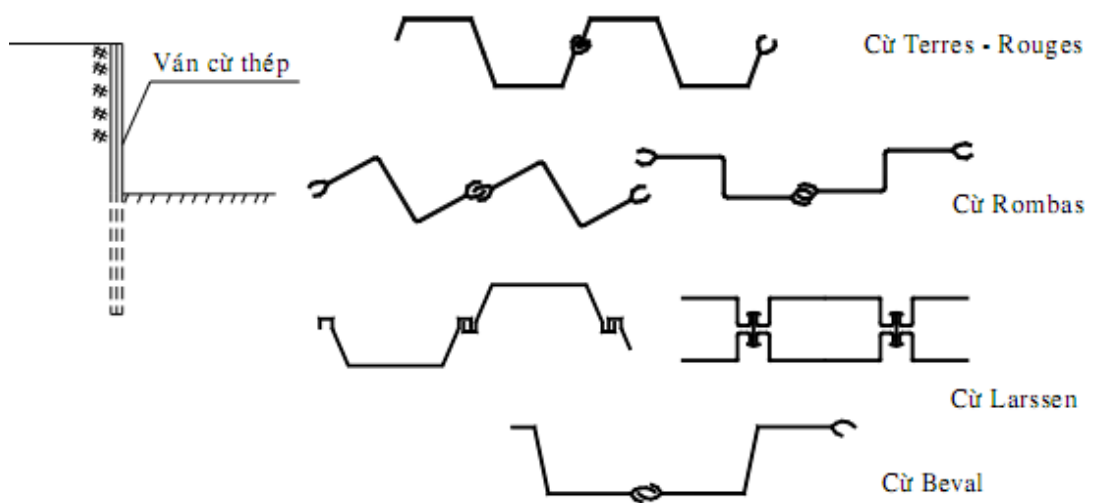
Ba dạng cơ bản giữ ổn định của tường trong quá trình đào đất:



Hình 1.11. a. Ổn định tường bằng neo trong đất; b. Ổn định tường bằng phương pháp Top – Down; c. Ổn định tường bằng thanh chống [2]

Các giải pháp thường được áp dụng trong các công trình đã và đang xây dựng ở thành phố Hải Phòng là:

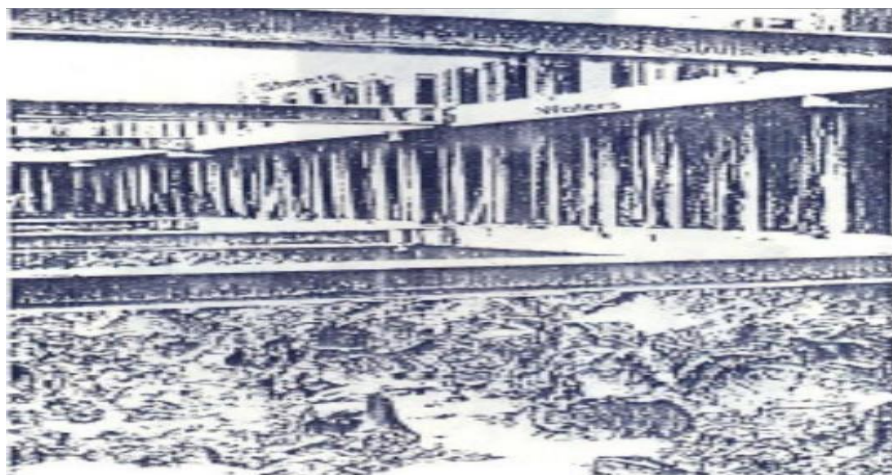
**a/Tường cừ thép hình**



Hình 1.12. Một số loại ván cừ thép hình [2]

Tường cừ thép cho đến nay được sử dụng rộng rãi làm tường chắn tạm trong thi công tầng hầm nhà cao tầng. Nó có thể được ép bằng phương pháp búa rung gồm một cần trục bánh xích và cơ cấu rung ép hoặc máy ép êm thủy lực dùng chính ván cừ đã ép làm đối trọng. Phương pháp này rất thích hợp khi thi công trong thành phố và trong đất dính.

Yêu cầu chung của tường cừ là phải đảm bảo về cường độ cũng như độ ổn định dưới tác dụng của áp lực đất và các loại tải trọng do được cắm sâu vào đất, neo trong đất hoặc được chống đỡ từ trong lòng hố đào theo nhiều cấp khác nhau.



Hình 1.13. Giữ ổn định hố đào bằng hệ chống thép hình [3]

**\* Ưu điểm:**

- ✓ Ván cừ thép dễ chuyên chở, dễ dàng hạ và nhổ bằng các thiết bị thi công sẵn có như máy ép thủy lực, máy ép rung.
- ✓ Khi sử dụng máy ép thủy lực không gây tiếng động và rung động lớn nên ít ảnh hưởng đến các công trình lân cận.
- ✓ Sau khi thi công, ván cừ rất ít khi bị hư hỏng nên có thể sử dụng nhiều lần.
- ✓ Tường cừ được hạ xuống đúng yêu cầu kỹ thuật có khả năng cách nước tốt.
- ✓ Dễ dàng lắp đặt các cột chống đỡ trong lòng hố đào hoặc thi công neo trong đất.

**\* Nhược điểm:**

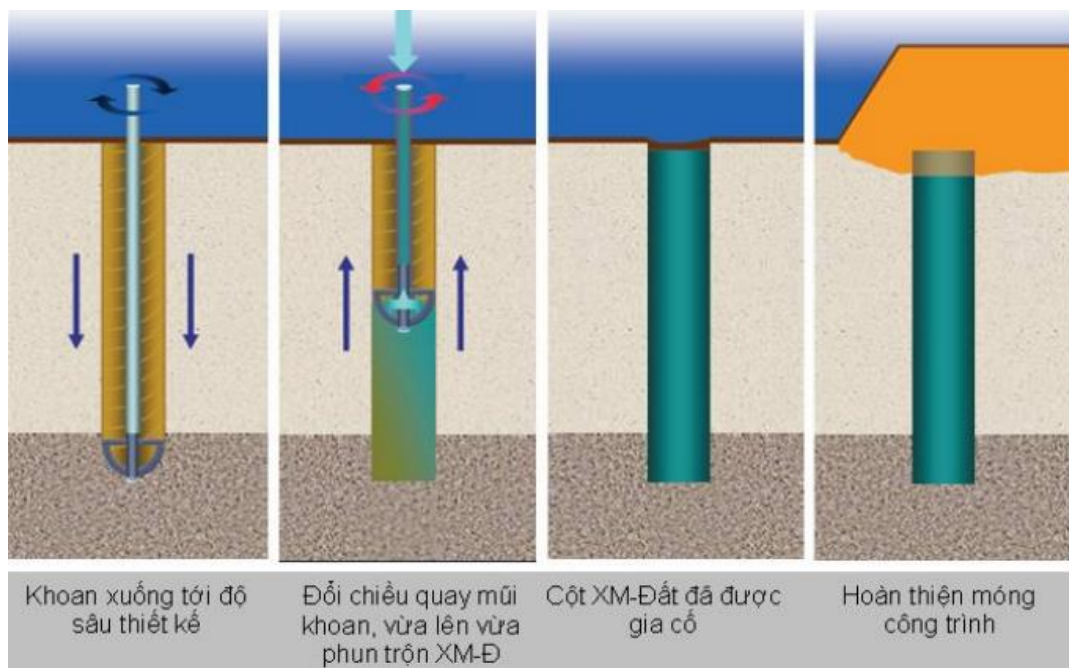
- ✓ Do điều kiện hạn chế về chuyên chở và giá thành nên ván cừ thép thông thường chỉ sử dụng có hiệu quả khi hố đào có chiều sâu  $\leq 7\text{m}$ .
- ✓ Nước ngầm, nước mặt dễ dàng chảy vào hố đào qua khe tiếp giáp hai tấm cừ tại các góc hố đào là nguyên nhân gây lún sụt đất lân cận hố đào và gây khó khăn cho quá trình thi công tầng hầm.
- ✓ Quá trình hạ cừ gây những ảnh hưởng nhất định đến đất nền và công trình lân cận.
- ✓ Rút cừ trong điều kiện nền đất dính thường kéo theo một lượng đất đáng kể ra ngoài theo bụng cừ, vì vậy có thể gây chuyển dịch nền đất lân cận hố đào.



- ✓ Ván cừ thép là loại tường mềm, khi chịu lực của đất nền thường biến dạng võng và là một trong những nguyên nhân cơ bản nhất gây nên sự cô hô đào.

### ***b/Cọc xi măng đất:***

Cọc xi măng đất hay còn gọi là cột xi măng đất, trụ xi măng đất là phương pháp dùng máy tạo cọc để trộn cường bức xi măng, vôi với đất yếu. Ở dưới sâu, lợi dụng phản ứng hoá học - vật lý xảy ra giữa xi măng (vôi) với đất, làm cho đất mềm đông rắn lại thành một thể cọc có tính tổng thể, tính ổn định và có cường độ nhất định.



*Hình 1.14. Giữ ổn định hố đào bằng hệ cọc xi măng đất [8]*

Cọc xi măng đất là một trong những giải pháp xử lý nền đất yếu. Cọc xi măng đất được áp dụng rộng rãi trong việc xử lý móng và nền đất yếu cho các công trình xây dựng giao thông, thủy lợi, sân bay, bến cảng...như: làm tường hào chống thấm cho đê đập, sửa chữa thấm mang cống và đáy cống, gia cố đất xung quanh đường hầm, ổn định tường chắn, chống trượt đất cho mái dốc, gia cố nền đường, mố cầu dẫn...



*Hình 1.15. Giữ ổn định hố đào bằng hệ cọc xi măng đất [8]*

*\*Ưu điểm nổi bật của cọc xi măng đất là:*

- ✓ Thi công nhanh, kỹ thuật thi công không phức tạp, không có yếu tố rủi ro cao. Tiết kiệm thời gian thi công đến hơn 50% do không phải chờ đúc cọc và đạt đủ cường độ (Ví dụ tại dự án Sunrise). Tốc độ thi công cọc rất nhanh.
- ✓ Hiệu quả kinh tế cao. Giá thành hạ hơn nhiều so với phương án cọc đóng, đặc biệt trong tình hình giá vật liệu leo thang như hiện nay.
- ✓ Rất thích hợp cho công tác xử lý nền, xử lý móng cho các công trình ở các khu vực nền đất yếu như bãi bồi, ven sông, ven biển

***c/Cọc khoan nhồi giữ đất:***

Dùng cọc khoan nhồi, khoan liền nhau tạo thành vách đất chống sau đó tiến hành đào đất. Biện pháp này áp dụng khi chiều sâu hố đào lớn, áp lực đất lớn, công trình là nhà xây chen cần bảo vệ xung quanh khỏi bị sụt lún. Vách chống có thể tham gia chịu lực cùng móng công trình nhưng ít sử dụng nó làm tường bao tầng hầm kín vì khả năng chống thấm của nó không tốt. Tuy

nhiên biện pháp này thi công khá đơn giản (so với thi công tường trong đất). Độ sâu của vách có thể thi công đến chiều sâu cần thiết để không cần có biện pháp chống giữ vách.

***d/Tường vây barrette:***

Là tường bê tông đổ tại chỗ, thường dày 600-800mm để chắn giữ ổn định hố móng sâu trong quá trình thi công. Tường có thể được làm từ các đoạn cọc barrette, tiết diện chữ nhật, chiều rộng thay đổi từ 2.6 m đến 5.0m. Các đoạn tường barrette được liên kết chống thấm bằng goăng cao su, thép và làm việc đồng thời thông qua dầm đỉnh tường và dầm bo đặt áp sát tường phía bên trong tầng hầm. Trong trường hợp 02 tầng hầm, tường barrette thường được thiết kế có chiều sâu 16-20m tùy thuộc vào địa chất công trình và phương pháp thi công. Khi tường barrette chịu tải trọng đứng lớn thì tường được thiết kế dài hơn, có thể dài trên 40m (Toà nhà 59 Quang Trung) để chịu tải trọng như cọc khoan nhồi.

***Tường barrette được giữ ổn định trong quá trình thi công bằng các giải pháp sau:***

❖ ***Giữ ổn định bằng hệ dàn thép hình***

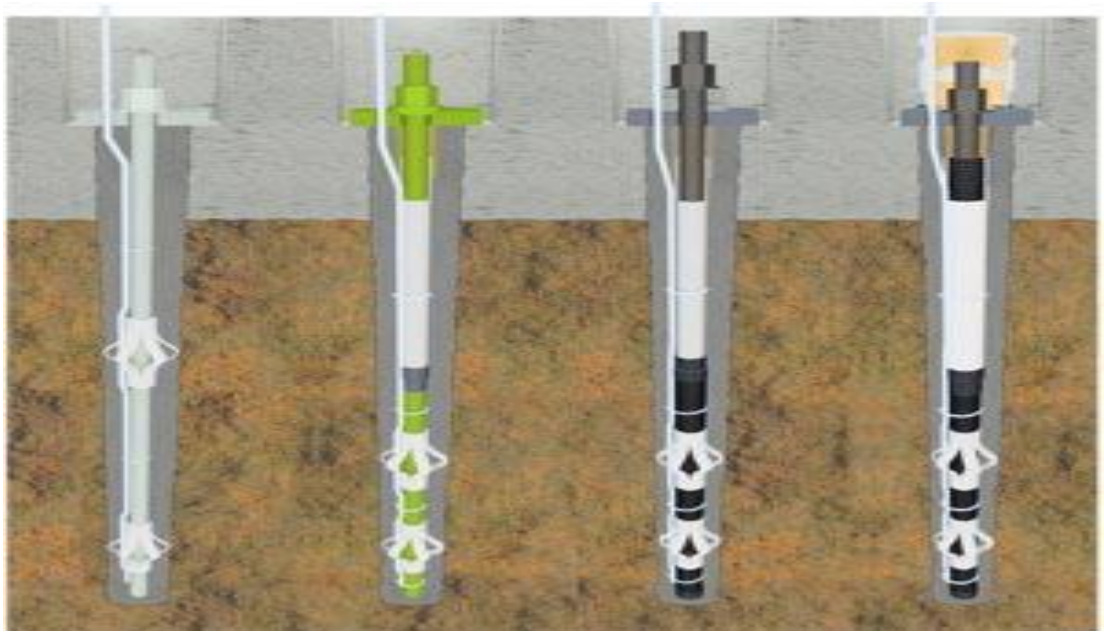
Số lượng tầng thanh chống có thể là 1 tầng chống, 2 tầng chống hoặc nhiều hơn tùy theo chiều sâu hố đào, dạng hình học của hố đào và điều kiện địa chất, thủy văn trong phạm vi chiều sâu tường vây.

\* ***Ưu điểm:*** trọng lượng nhỏ, lắp dựng và tháo dỡ thuận tiện, có thể sử dụng nhiều lần. Căn cứ vào tiến độ đào đất có thể vừa đào, vừa chống, có thể làm cho tầng chặt nếu có hệ thống kích, tăng đỡ rất có lợi cho việc hạn chế chuyển dịch ngang của tường.

*\*Nhược điểm:* độ cứng tổng thể nhỏ, mắt nối ghép nhiều. Nếu cấu tạo mắt nối không hợp lý và thi công không thoả đáng và không phù hợp với yêu cầu của thiết kế, dễ gây ra chuyển dịch ngang và mất ổn định của hố đào do mắt nối bị biến dạng.

❖ *Giữ ổn định bằng phương pháp neo trong đất*

Thanh neo trong đất đã được ứng dụng tương đối phổ biến và đều là thanh neo dự ứng lực.

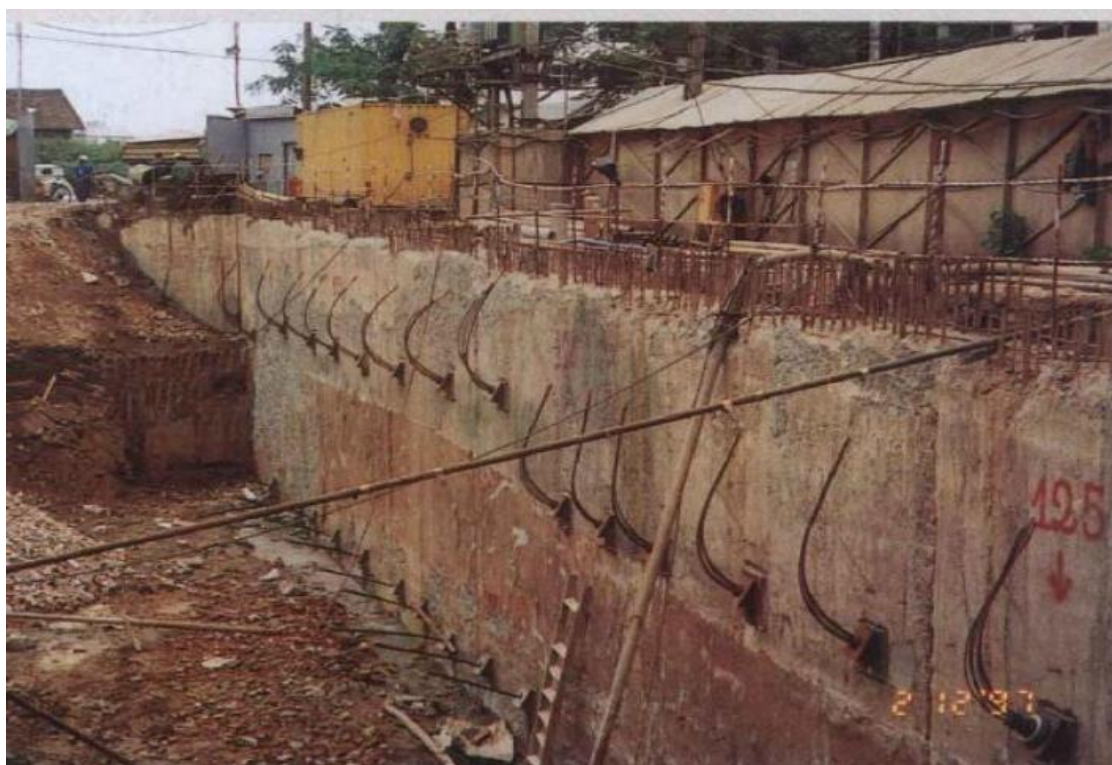


*Hình 1.16. Neo trong đất [8]*

Tại Hà Nội, công trình Toà nhà Tháp Vietcombank và Khách sạn Sun Way đã được thi công theo công nghệ này. Neo trong đất có nhiều loại, tuy nhiên dùng phổ biến trong xây dựng tầng hầm nhà cao tầng là Neo phụt.

*\*Ưu điểm:* Thi công hố đào gọn gàng, có thể áp dụng cho thi công những hố đào rất sâu.

*\*Nhược điểm:* Số lượng đơn vị thi công xây lắp trong nước có thiết bị này còn ít. Nếu nền đất yếu sâu thì cũng khó áp dụng.



Hình 1.17. Giữ ổn định tường barrete bằng neo trong đất[8]

❖ *Giữ ổn định bằng phương pháp thi công Top – down.*

Phương pháp thi công này thường được dùng phổ biến hiện nay. Để chống đỡ sàn tầng hầm trong quá trình thi công, người ta thường sử dụng cột chống tạm bằng thép hình (1 đúc, 1 tổ hợp hoặc tổ hợp 4L...). Trình tự phương pháp thi công này có thể thay đổi cho phù hợp với đặc điểm công trình, trình độ thi công, máy móc hiện đại có.

\* *Ưu điểm:*

- ✓ Chống được vách đất với độ ổn định và an toàn cao nhất.
- ✓ Rất kinh tế;
- ✓ Tiến độ thi công nhanh.

\* *Nhược điểm:*

- ✓ Kết cấu cột tầng hầm phức tạp;

- ✓ Liên kết giữa dầm sàn và cột tường khó thi công;
- ✓ Công tác thi công đất trong không gian tầng hầm có chiều cao nhỏ khó thực hiện cơ giới.
- ✓ Nếu lỗ mở nhỏ thì phải quan tâm đến hệ thống chiếu sáng và thông gió.

### **1.5. Các phương pháp tính độ lún nền nhà lân cận hố đào sâu:**

Hiện nay có nhiều phương pháp tính toán độ lún nền nhà lân cận hố đào sâu như phương pháp dầm trên nền đàn hồi, các mô hình nền được sử dụng như mô hình Winkler, mô hình nửa không gian biến dạng tuyến tính, hay phương pháp của B.N. Jemoskin... Hệ số nền có thể được xác định theo thí nghiệm bàn nén, hoặc tra bảng, hoặc lấy theo phương pháp tính toán thực hành [5]. Ngoài ra còn có phương pháp phân tử hữu hạn cho phép ta mô phỏng và tính toán chuyển dịch đất nền và công trình theo từng giai đoạn thi công dựa trên các mô hình đất nền đã được nghiên cứu cải tiến và mô phỏng khá gần đúng với tính ứng xử của đất nền khi chịu tải như mô hình Mohr-Coulomb, mô hình Hardening-Soil, mô hình Soft-Soil dựa trên mô hình đất nền nổi tiếng Cam-Clay v.v .

Việc nghiên cứu về vấn đề Sự cố công trình xây dựng phân ngầm và phòng ngừa sự cố đã có nhiều tác giả nghiên cứu như PGS. TS. Nguyễn Bá Kế, TS. Trịnh Việt Cường, TS. Trần Quang Luận, TS. Nguyễn Hồng Sinh, TS. Lê Văn Pha...

Đặc biệt đã có công trình của Ks. Nguyễn Phương Khiêm "Nghiên cứu ảnh hưởng của thi công hố đào sâu đến công trình lân cận" trong luận văn cao học khóa CH 2009. Tác giả luận văn hầu như lấy toàn bộ phần lý thuyết của TSKH Nikiphorova áp dụng cho việc tính toán của mình. Ngoài ra, tác giả luận văn đã giải quyết các vấn đề về ảnh hưởng của độ sâu hố đào và khoảng cách đến công trình lân cận đối với loại hệ chống cừ thép theo phương pháp

đào mở. Tuy nhiên trong luận văn chỉ xét đến nền đất đồng nhất, nghiên cứu cho 1 loại tường chắn đất, chưa có sự so sánh với thực tế.

*Trong nội dung luận văn này tác giả nghiên cứu ảnh hưởng của các loại đất và các loại tường gia cố vách hố đào (tường cừ thép, tường bê tông cốt thép thi công Top - Down ) đến độ lún công trình lân cận, các loại đất nền điển hình tại Hải Phòng để có đánh giá được đầy đủ hơn. Đồng thời tác giả luận văn đã cố gắng sưu tầm kết quả đo độ lún nền thực tế để so sánh với kết quả tính toán lý thuyết.*

## **CHƯƠNG II**

### **CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN ĐỘ LÚN NỀN NHÀ LÂN CẬN HỐ ĐÀO SÂU**

#### **2.1. Cơ sở tính toán:**

##### ***2.1.1. Các yếu tố ảnh hưởng tới công trình lân cận khi thi công hố đào sâu:***

Trong vùng ảnh hưởng của hố đào, tồn tại nhiều công trình, các nhà dân sinh thấp tầng, các công trình mang tính chất lịch sử. Các ngôi nhà này thường có kết cấu tường gạch chịu lực, đôi khi có công trình được nâng một hoặc hai tầng, đôi khi có công trình được gia cường mở rộng hoặc thay đổi kết cấu (bổ sung bằng các tấm đỡ, gia cố thêm móng...) Móng các công trình này thường được xây dựng trên nền thiên nhiên: Móng băng, móng cột, móng bản. Vật liệu làm móng thường là gạch, đá, những ngôi nhà mới hơn thường có móng bê tông cốt thép đổ tại chỗ hoặc bê tông cốt thép lắp ghép.

Phân tích biến dạng của nhà được xây dựng từ trước bên cạnh một hố đào sâu khi thi công hố móng cần được thực hiện khi thiết kế giải pháp nền móng, trong đó cần xét đến các yếu tố ảnh hưởng độ lún mặt nền như độ sâu chôn móng nhà  $h$ , chiều sâu hố đào  $H_k$ , khoảng cách từ nhà tới hố đào  $L$ , đặc tính của đất nền. Từ việc phân tích này có thể tìm ra tham số ảnh hưởng chính

và các biện pháp hiệu quả để tăng mức độ xử lý an toàn cho nhà lân cận cũng như giảm thiểu thiệt hại.

Việc xác định các yếu tố đầu vào ảnh hưởng tới độ lún nền nhà xung quanh hố đào sâu là việc cần thiết để tiến hành phân tích sự ảnh hưởng của chúng.

Theo nghiên cứu của TSKH Nikiphorova – Liên Bang Nga, các thông số chính ảnh hưởng tới giá trị độ lún nhà, nằm trong vùng ảnh hưởng của hố đào như sau [2]:

- Bán kính vùng ảnh hưởng của hố đào và khoảng cách tương đối của ngôi nhà tới hố đào:  $H_k/L$ ; Trong đó có xét đến hiệu số độ sâu chôn móng của nhà và đáy tầng hầm  $(H_k - h)/L$

Trong đó:  $L$  – khoảng cách từ nhà tới hố đào

$H_k$  – chiều sâu hố đào

$h$  – chiều sâu móng nhà

- Điều kiện địa chất công trình khu vực xây dựng;
- Loại kết cấu tường chắn hố đào và phương pháp gia cường thành hố đào;
- Tính chất và quy mô của công trình lân cận.

Ngoài ra, biện pháp thi công, thời gian thi công, trình độ và kỹ thuật thi công cũng sẽ gây ảnh hưởng tới độ lún nền nhà lân cận.

Có thể thấy rằng trong các yếu tố ảnh hưởng nêu trên, tư vấn thiết kế hầu như không kiểm soát được hết tất cả các yếu tố. Theo Mana 1978 đã phân ra 3 nhóm theo mức độ kiểm soát được của thiết kế, nêu trong bảng sau:

*Bảng 2.1 Các thông số kiểm soát được và không kiểm soát được*

Những thông số thiết kế có thể kiểm soát được	Những thông số thiết kế kiểm soát được một phần	Những thông số thiết kế không kiểm soát được
---	---	--



1. Kiểu hệ chống đỡ	1. Phương pháp thi công hệ chống đỡ	1. Điều kiện và tính chất của đất nền
2. Độ cứng của hệ chống đỡ	2. Chu kỳ thi công	2. Các công trình xung quanh
3. Mức độ chôn tường chắn	3. Phương pháp thi công kết cấu công trình trong hố đào	3. Hình dạng hố đào và chiều sâu
4. Mức độ gia tải trước cho thanh chống	4. Độ lớn của tải trọng bề mặt	
	5. Thời tiết	

Độ lớn và phạm vi mở rộng độ lún xung quanh hố đào phụ thuộc nhiều vào phương pháp thi công cũng như bất kỳ yếu tố nào kể trên. Cho dù thiết kế có thể chỉ rõ phương pháp thi công và biện pháp chống đỡ, vẫn không thể kiểm soát chính xác sự phối hợp của các yếu tố trên vì chúng thay đổi từng ngày trên công trường. Chính vì vậy mô phỏng chính xác quá trình thi công trong phân tích bằng phương pháp số, sử dụng phần mềm chuyên dụng là phức tạp và khó khăn. Đây có thể là nguyên nhân cho sự phân tán trong kết quả tính toán theo phương pháp số và số liệu quan trắc hiện trường.

### *2.1.2. Phân tích các yếu tố ảnh hưởng tới độ lún công trình lân cận*

**a. Bán kính vùng ảnh hưởng của hố đào và khoảng cách tương đối của ngôi nhà tới hố đào:  $H_k/L$ .**

Các thí nghiệm thực tế cho thấy rằng biện pháp thi công hố đào xác định bán kính vùng ảnh hưởng của công trình chôn sâu lên các công trình hiện có xung quanh .

*Bảng 2.2 Cho phép xác định những nhà nào cần đưa vào danh sách quan sát đo đạc, theo dõi cứu. [2]*

Bán kính ảnh hưởng của công trình chôn sâu lên công trình xung quanh	Biện pháp thi công hố đào			
	“Tường trong đất” kết hợp kết cấu neo	Vì chống bằng ống kim loại kết hợp thanh chống bằng ống	Tường trong đất kết hợp kết cấu thanh chống bằng ống	Tường trong đất kết hợp kết cấu hệ chống bằng sàn (pp top-down)
$r_{ZB}$	$5 H_k$	$4 H_k$	$3 H_k$	$2 H_k$

*Ghi chú:  $H_k$ - độ sâu hố đào.*

Ảnh hưởng của hố đào sâu tới độ lún công trình lân cận ngoài phụ thuộc vào độ sâu hố đào còn phụ thuộc độ sâu chôn móng nhà lân cận và khoảng cách nhà lân cận tới hố đào: giá trị  $(H_k - h)/L$ . Để cho độ lún công trình hiện có không vượt quá giá trị cho phép khi xây dựng công trình chôn sâu cần thỏa mãn điều kiện sau:

$$\frac{(H_k - h)}{L} \leq tg\varphi_1 + \frac{c_1}{p_1}$$

Trong đó  $\varphi_1$  và  $c_1$  – tương ứng là giá trị tính toán góc ma sát trong và lực dính của đất khi tính theo trạng thái giới hạn thứ nhất;  $p_1$  – áp lực trung bình dưới đế móng công trình hiện có từ tải trọng tính toán xác định để tính toán nền theo khả năng chịu lực.

Các thí nghiệm cho thấy rằng điều kiện đó phổ biến đối với các hố đào được gia cường và không được gia cường.

Nếu điều kiện trên không được thỏa mãn thì cần thiết hoặc chuyển tải trọng hố đào sâu lên lớp đất phía dưới, ví dụ sử dụng cọc hoặc xây dựng tường ngăn giữa công trình hiện có và hố đào sâu.

Khi tăng giá trị  $m = (H_k - h)/L$  giá trị độ lún nhà tăng lên. Điều đó liên quan đến giá trị: hiệu độ sâu chôn móng công trình chôn sâu và móng nhà lân cận. Giá trị này không đổi đối với công trình cụ thể, còn đổi với khoảng cách từ nhà tới hố đào –  $L$  thì có thể thay đổi. Nhà càng gần hố đào giá trị  $m$  càng lớn, kéo theo ảnh hưởng của hố đào đối với công trình lân cận càng tăng lên, dẫn đến tăng độ lún của chúng.

Yếu tố làm ảnh hưởng lớn nhất lên độ lún nhà đối với khoảng cách từ nhà tới hố đào có xét đến độ sâu chôn móng tương đối của chúng là khi gia cường thành hố đào bằng neo, còn giá trị nhỏ nhất khi gia cường hố đào bằng sàn bê tông cốt thép (khi xây dựng bằng phương pháp “Top – down”).

Trên cơ sở đo đạc thực tế đã xác định được bán kính vùng ảnh hưởng của hố đào sâu lên các công trình lân cận đối với điều kiện địa chất loại I – III khi thi công tường trong đất kiểu đào hào, từ cọc khoan nhồi giao nhau hay từ cọc xi măng đất sử dụng sàn BTCT thi công theo phương pháp Top – down là  $2H_k$ ; khi gia cường vách hố đào bằng thanh chống thép hình là  $3H_k$ ; khi gia cường bằng neo là  $5H_k$ ; còn khi tường cừ kim loại kết hợp thanh chống kim loại là  $4H_k$ ; Những giá trị đó quyết định kích thước yêu cầu của vùng nơi cần tiến hành đo đạc và theo dõi kỹ thuật.

#### ***b. Ảnh hưởng của điều kiện địa chất khu vực xây dựng:***

- Ứng suất ngang ban đầu trong đất: khi đào đất với giá trị hệ số áp lực ngang ban đầu của đất  $K_0$  lớn, chuyển dịch của đất và tường là lớn, thậm chí cả khi đào nông.
- Đặc tính của đất nền: Trong đất sét, chuyển vị ngang lớn nhất của tường chắn phụ thuộc vào độ bền của đất. Chuyển vị ngang của tường chắn và lún nền đất cho đất sét cứng và đất rời nhỏ hơn so với đất sét mềm yếu.
- Ảnh hưởng của sự thay đổi điều kiện ứng suất trong đất nền: Khi đào đất, cả ứng suất theo phương đứng và theo phương ngang đều giảm đi và thay

đòi sự cân bằng áp lực nước lỗ rỗng trong đất. Một trong những hiệu ứng quan trọng nhất của quá trình này là chuyển vị của đất nền ở đáy và xung quanh hố đào.

- Điều kiện nước dưới đất: sự thay đổi mực nước ngầm ảnh hưởng đến ổn định của tường chắn cùng hệ chống đỡ và độ lún của công trình xung quanh hố đào. Chênh lệch áp lực nước ở phía ngoài và phía trong hố đào có thể xảy ra hiện tượng bùng nền, cát chảy ... ở đáy hố đào. Bơm hút nước để thi công hố đào, mực nước ngầm bị hạ thấp làm tăng độ lún của đất nền ở khu vực xung quanh hố đào.

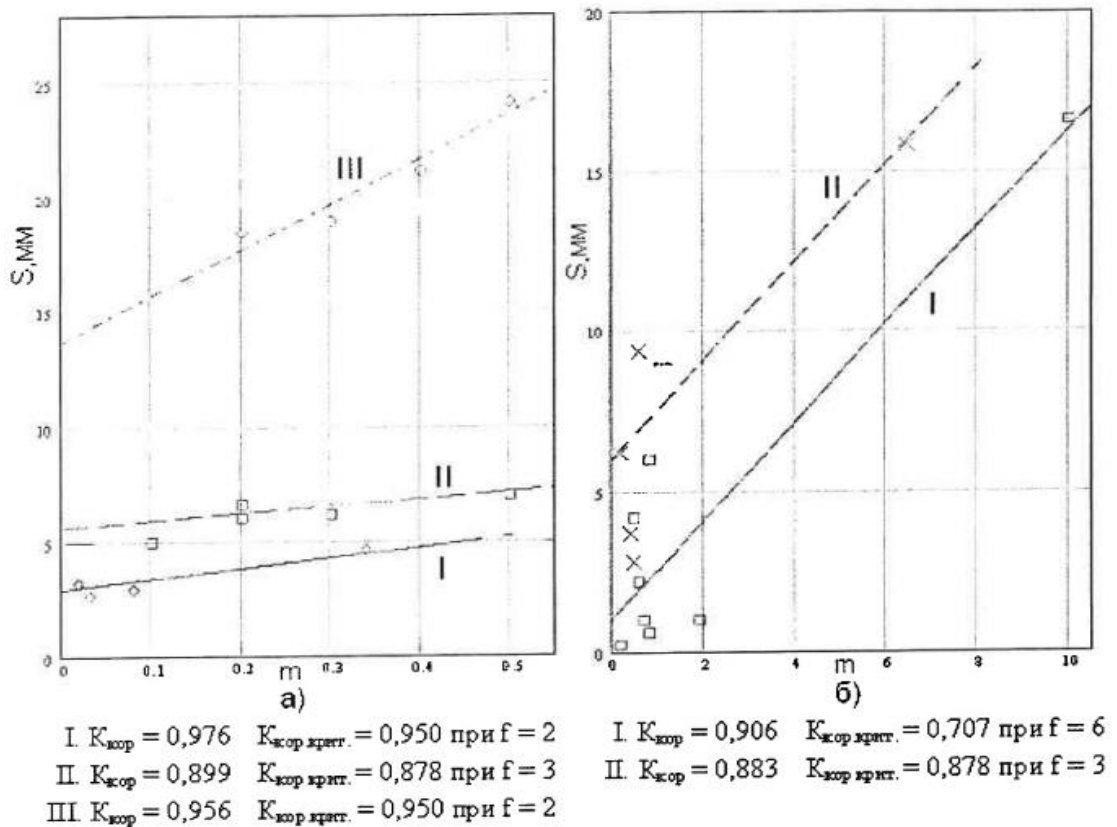
Xung quanh khu vực xây dựng theo chiều sâu hố khoan khảo sát có nhiều lớp đất khác nhau, với các đặc tính cơ lý của các lớp đất được trình bày trong bảng 2.3.

*Bảng 2.3. Các đặc tính cơ lý của các lớp đất*

Dạng địa chất	Các chỉ tiêu cơ lý		
	$\varphi$ (độ)	c (kPa)	E (MPa)
Loại I (Đất cát hạt to, hạt vừa, hạt nhỏ và trạng thái chặt và chặt vừa)	28 – 37	1 – 4	23 – 40
Loại II (Đất sét, á sét trạng thái yếu đến nửa cứng)	14 – 22	10 – 25	21 – 28

Loại III (Đất cát xốp hạt nhỏ, cát bụi có thể cả á sét hoặc sét trạng thái dẻo mềm)	12 – 19	13 – 22	4 – 11
---	---------	---------	--------

Trên hình 2.1[13] trình bày quan hệ của độ lún nhà với thông số  $m$  đối với các loại kết cấu khác nhau, gia cường vách hố đào khác nhau và các lớp đất khác nhau.



Hình 2.1. Quan hệ độ lún nhà với thông số  $m$  đối với các loại kết cấu [2]

Phân tích đồ thị cho thấy rằng khi tất cả các hệ gia cường vách hố đào trong các lớp đất yếu khác nhau (điều kiện địa chất loại III) có các chỉ tiêu cường độ và biến dạng thấp thì độ lún nhà lớn hơn nhiều so với đất bền hơn (điều kiện địa chất loại I và II).

Khi gia cường vách hố đào bằng neo (khi  $0 < m < 0,5$ ) thì sự khác nhau về độ lún trong nền đất tốt nghĩa là đất loại I và loại II sẽ không nhiều và đạt khoảng 60%-70% , theo giá trị tuyệt đối vào khoảng 3-4mm. Còn khi tồn tại lớp đất yếu trong nền nghĩa là đất loại III, thì sự khác nhau về độ lún so với lớp đất tốt loại I có thể đạt 340%-360% (tương đương tới 20mm), so với đất loại II đạt 130%-230% (tới 15mm).

Khi gia cường vách hố đào bằng các thanh chống kim loại (khi  $0 < m < 2$ ) thì sự khác nhau về độ lún trong nền đất tốt nghĩa là đất loại I và loại II sẽ không nhiều và đạt khoảng 70%-100% , theo giá trị tuyệt đối vào khoảng 4-7mm. Còn khi tồn tại lớp đất yếu trong nền nghĩa là đất loại III, thì sự khác nhau về độ lún so với lớp đất tốt loại I có thể đạt 150%-500% (tương đương tới 20mm), so với đất loại II đạt 70%-360% (tới 15mm).

Khi gia cường vách hố đào bằng sàn bê tông cốt thép (phương pháp Top – down, khi  $0 < m < 10$ ) thì khi xây dựng các công trình trên vùng địa chất loại II, độ lún công trình đo được lớn hơn độ lún công trình xây dựng trên vùng địa chất loại I khoảng 40%-250% ( giá trị tuyệt đối khoảng 7mm).

Trong điều kiện địa chất loại III, nghĩa là khi tồn tại lớp đất tương đối yếu tại khu vực xây dựng (lớp đất dày tới 5m, cát bụi xốp, đất sét dẻo và dẻo chảy) sự khác biệt về độ lún đối với các nhà hiện có so với điều kiện địa chất loại I và II khi gia cường hố đào bằng neo và thanh chống thép hình có thể đạt tới 15 – 25 mm.

Sự khác nhau về độ lún trong vùng ảnh hưởng của hố đào tại khu vực điều kiện địa chất loại I và loại II vào khoảng 4 – 7 mm, thực tế không ảnh hưởng nhiều đến nhà cao tầng không có khung, với nhà tường gạch và tường khối lớn và không phải là các công trình tượng đài lịch sử hoặc những công trình kiến trúc có tính chất lịch sử. Còn đối với các loại công trình khác, trong

giai đoạn thiết kế sơ bộ khi lựa chọn kết cấu chống đỡ cho hố đào cần xét đến loại điều kiện địa chất khu vực.

***c. Ảnh hưởng của phương pháp gia cường thành hố đào và loại kết cấu tường chắn hố đào:***

Tại Hải Phòng, các phương pháp gia cường thành hố đào sau đang được sử dụng:

- Tường chắn đất bằng thép, BTCT tại chỗ, BTCT đúc sẵn, gỗ các loại...
- Văng chống, hệ đỡ bằng thép, gỗ, BTCT...

Tương ứng với các loại kết cấu tường chắn trên có nhiều biện pháp thi công được lựa chọn:

- ✓ Thi công gia cường bằng neo hoặc kết cấu neo (ví dụ bằng các tấm có cọc neo). Neo và vì chống có thể được bố trí một hoặc nhiều hàng, phụ thuộc độ sâu hố đào và điều kiện địa chất công trình.
- ✓ Thanh chống từ các ống kim loại
- ✓ Phương pháp Top - down, trong đó đất được đào qua các lỗ chờ sẵn ở sàn.

Các thí nghiệm thực tế cho thấy rằng, biện pháp thi công hố đào xác định bán kính vùng ảnh hưởng của hố đào sâu lên các công trình lân cận.

Các dạng kết cấu tường chắn hố đào, việc gia cường chúng và xác định bán kính vùng ảnh hưởng của hố đào dựa vào dạng gia cường tường hố đào.

Theo nghiên cứu của TSKH Nikiporova – Liên Bang Nga [2], khi kết cấu chống làm từ ống kim loại dạng kết cấu tường chắn hố đào không ảnh hưởng nhiều đến độ lún của công trình lân cận.

Để xác định mức độ ảnh hưởng của từng loại vì chống, tiến hành so sánh biến dạng của các nhà có khoảng cách như nhau tới hố đào và độ sâu móng

của chúng so với đáy hố đào  $m=(H_k-h)/L$ . Khi  $m \leq 1$  dạng kết cấu tường chắn khi cùng loại kết cấu gia cường không ảnh hưởng lớn đến độ lún công trình lân cận, còn khi  $m = 1 - 4$  độ lún nhà khi vì chống bằng tường cừ lớn hơn độ lún khi "tường trong đất" thi công bằng phương pháp đào hào, từ cọc nhồi giao nhau không lớn hơn 10%. Vì vậy có thể kết luận rằng dạng kết cấu vì chống không ảnh hưởng lớn đến độ lún công trình lân cận khi kết cấu chống làm từ ống kim loại. Khi cùng điều kiện (độ sâu hố đào, độ sâu móng, khoảng cách tới hố đào) các nhà lân cận nhận được độ lún lớn nhất khi gia cường bằng neo và nhỏ nhất khi gia cường hố đào bằng sàn BTCT trong phương pháp Top-down. Kết quả thí nghiệm cũng xác định được rằng loại kết cấu bản thân tường chắn với độ cứng khác nhau (tường trong đất hoặc cừ thép) khi gia cường bằng hệ thanh chống không ảnh hưởng lớn đến độ lún công trình xung quanh.

#### ***d. Ảnh hưởng của trạng thái kết cấu nhà:***

Những ngôi nhà xung quanh khu vực xây dựng cần nghiên cứu có dạng kết cấu tường gạch chịu lực, móng băng bê tông cốt thép, nhà cũ có tuổi thọ trên 50 năm, cao 3 – 5 tầng, trong đó có cả nhà đã được sửa chữa. Đối với những ngôi nhà này được xây dựng trên nền móng nông, tải trọng không lớn lắm nên độ lún gây nên bởi chính bản thân nhà là không đáng kể. Phụ thuộc vào thông số  $m$  sẽ đưa ra giải pháp kết cấu chắn giữ hố đào hợp lý. Khi gia cường hố đào bằng thanh chống kim loại thì độ lún nhà khung bê tông cốt thép hay nhà tường gạch chịu lực, nhà tường tấm lớn có sự ảnh hưởng không đáng kể (khi  $m < 1,3$ ) còn khi  $m = 1,3-3,5$ , độ lún nhà tường gạch chịu lực lớn hơn độ lún nhà khung bê tông cốt thép khoảng 30%-40% nghĩa là khoảng 5 – 10mm. Khi xây dựng bằng phương pháp Top – down sự khác nhau về độ lún là không đáng kể giữa các nhà lân cận có trạng thái kết cấu khác nhau.



Qua phân tích ở trên ta thấy rằng ảnh hưởng lớn nhất đến độ lún là thông số khoảng cách tương đối từ hố đào và độ sâu móng nhà. Khoảng cách càng gần hố đào và độ sâu móng càng lớn thì độ lún công trình lân cận càng lớn. Tuy vậy yếu tố ảnh hưởng do điều kiện địa chất khu vực xây dựng và ảnh hưởng do các loại tường vách hố đào khác nhau cũng là đáng kể. Trong luận này văn tác giả đề cập đến: ảnh hưởng của kết cấu chắn giữ hố đào bằng ván cừ thép và tường trong đất, điều kiện địa chất khu vực xây dựng.

Để đánh giá yếu tố trên, có rất nhiều phương pháp tính toán khác nhau, tuy nhiên, mỗi phương pháp đều có ưu và nhược điểm. Điểm chung của các phương pháp là cần phải thành lập quan hệ để xác định độ lún nhà lân cận hố đào sâu, bao gồm các thông số: trọng lượng nhà, độ cứng của nó, khoảng cách tới hố đào, độ sâu hố đào và biên dạng nền đất.

Một trong những phương pháp tính toán độ lún công trình lân cận do ảnh hưởng của việc thi công hố đào sâu đơn giản và cho kết quả chấp nhận được là phương pháp dầm trên nền đàn hồi theo mô hình nền Winkler (phương pháp nền biến dạng cục bộ). Ngoài ra phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) sử dụng chương trình tính toán Plaxis chuyên dụng cũng cho kết quả đáng tin cậy.

## **2.2. Phương pháp tính toán chuyển vị công trình lân cận theo mô hình dầm trên nền đàn hồi:**

### ***2.2.1. Cơ sở của phương pháp:***

#### **\*Ưu điểm của phương pháp:**

Phương pháp dầm trên nền đàn hồi đơn giản dễ sử dụng, áp dụng hợp lý đối với các công trình thấp tầng tường gạch chịu lực có kết cấu móng băng bê tông cốt thép trên nền đất yếu. Được sử dụng để tính toán độ lún của công

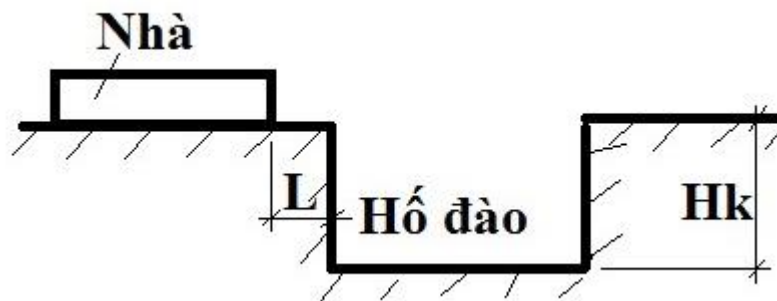
trình lân cận hố đào sâu. Độ lún này được biểu diễn bằng đường cong đàn hồi chuyển vị của dầm.

**\*Phạm vi áp dụng:**

Phương pháp dầm trên nền đàn hồi thích hợp áp dụng cho những công trình thấp tầng móng băng, mô hình nền áp dụng có thể là mô hình nền Winkler, mô hình bán không gian biến dạng tuyến tính...

**\*Các giả thiết tính toán:**

- **Mô hình công trình:** Một công trình thấp tầng tường gạch chịu lực trên nền móng băng nằm gần hố đào sâu được mô phỏng bởi một dầm bán vô hạn có độ cứng chống uốn EJ. Tương tác giữa nhà và đất nền được thể hiện bởi sơ đồ dầm trên nền đàn hồi. Khoảng cách từ mép hố đào tới nhà là L, chiều sâu hố đào  $H_k$  như trên hình 2.2.



Hình 2.2. Mô hình nhà và hố đào [3]

- **Mô hình đất nền:** Mô hình Winkler thể hiện sự tác động tương hỗ giữa nhà và đất bề mặt. Sự ứng xử của đất được mô phỏng bởi mô hình khác - mô hình môi trường liên tục. Độ lún bề mặt xung quanh hố đào được xác định từ lời giải của những bài toán này. Độ lún này được biểu diễn bằng đường cong và cũng miêu tả chuyển vị gối đỡ dầm. Mô hình Winkler chỉ xem xét như mô hình tiếp xúc để miêu tả biến dạng nhà, tác động tương hỗ với đất. Tất cả tính

toán được tiến hành không xét đến độ lún do công nghệ thi công hay phương pháp thi công.

### 2.2.2. Nội dung phương pháp:

#### *Phương trình vi phân trực uốn của dầm:*

Theo mô hình nền Winkler, phản lực nền tại mỗi điểm tỉ lệ thuận với độ lún đàn hồi tại điểm đó, nghĩa là:

$$p(x) = k \cdot w(x)$$

Với:

- ✓  $w(x)$  là độ võng của dầm tại điểm đang xét (m)
- ✓  $p(x)$  là áp lực nền ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )
- ✓  $k$  là hệ số nền ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )

Để dầm không bị tách khỏi nền thì độ võng của dầm tại điểm đang xét phải bằng độ lún của nền tại điểm đó, nghĩa là:

$$w(x) = y(x)$$

Với:

- ✓  $y(x)$  là độ lún của dầm tại điểm đang xét (m)

Vậy, phương trình vi phân trực uốn của dầm có dạng như sau:

$$EJ \cdot \frac{d^4 y(x)}{dx^4} + k \cdot y(x) = q \quad (1)$$

Trong đó:

- ✓  $q$  là tải trọng phân bố tác dụng lên dầm ( $\text{kN}/\text{m}^2$ ).

Ta viết phương trình đồng nhất tương ứng:

$$EJ \cdot \frac{d^4 y(x)}{dx^4} + k \cdot y(x) = 0 \quad (2)$$

Nghiệm của phương trình (2) có dạng:

$$y = e^{-\lambda x} (A \cos \lambda x + B \sin \lambda x) + e^{\lambda x} (C \cos \lambda x + D \sin \lambda x) \quad (3)$$

Trong đó,  $\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4EJ}}$

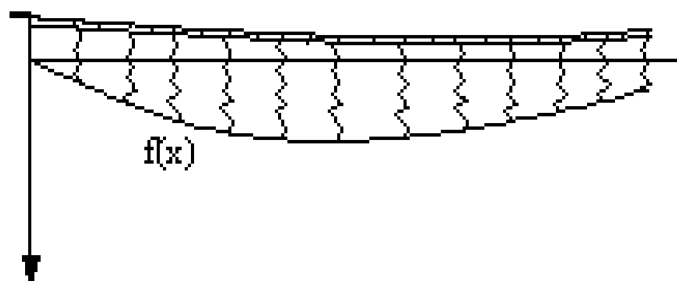
Các hằng số: A, B, C, D được xác định từ điều kiện biên.

Bổ sung vào lời giải tổng quát của phương trình thuần nhất (2) một nghiệm riêng nào đó của phương trình không thuần nhất (1), ta được nghiệm riêng của phương trình thuần nhất.

Ta xét trường hợp các gối tựa có chuyển vị nhất định cho trước  $f(x)$  (hình 1.b) như là kết quả của sự biến dạng do chôn sâu nhất định. Những biến dạng này không đáng kể và chúng không làm thay đổi đặc tính của đất nền bề mặt, tức là hệ số phản lực nền được giữ nguyên như trước đó.



Hình 2.3.a. Không có chuyển vị



Hình 2.3.b. Có chuyển vị nền

Độ võng của dầm lúc này:

$$y(x) = w(x) + f(x) \quad (4)$$

Khi không có ngoại tải, phương trình vi phân (1) có thể viết trong dạng sau:

$$EJ \cdot \frac{\partial^4 [w(x) + f(x)]}{\partial x^4} + k \cdot [w(x) + f(x)] = 0 \quad (5a)$$

Hoặc:

$$EJ \cdot \frac{\partial^4 [w(x) + f(x)]}{\partial x^4} = -k \cdot [w(x) + f(x)] \quad (5b)$$

Phương trình thuần nhất (5b) trùng với phương trình (2), lời giải phương trình viết dưới dạng (3). Ta giải phương trình (5b):

Quan hệ giữa độ lún bề mặt và khoảng cách tới hố đào sâu được giả thiết dưới đây theo đề xuất của Hannik (2003), dựa trên kết quả thực nghiệm của Clough G.W và O' Rourke (1990) và Trung tâm xây dựng ngầm tại Niderland:

$$\frac{f(x)}{H_k} = f_1 e^{-\alpha \frac{x}{H_k}} \quad (6)$$

Trong đó:

-  $H_k$  là độ sâu hố đào

-  $\alpha = 0,7552$ ;

-  $f_1$  là hệ số kinh nghiệm, đặc trưng lún bề mặt lớn nhất

$$f_1 = (0,1 - 10,1) \% H_k$$

(theo Peck R.V (1969) và Moormann Ch. (2003))

$f_1$  lấy trung bình bằng  $f_1 = 1,1\% H_k$

-  $f_1$ :

+ Đối với tường chắn “Tường trong đất” khi  $H_k \leq 12\text{m}$ ,  $f_1 = 0,56 \cdot 10^{-2}$

+ Đối với tường chắn “Tường trong đất” khi  $H_k \geq 12\text{m}$ ,  $f_1 = 0,20 \cdot 10^{-2}$

+ Đối với tường cừ thép hình khi  $H_k \leq 8\text{m}$ ,  $f_1 = 1,5 \cdot 10^{-2}$

+ Đối với tường cừ thép hình khi  $H_k \geq 8\text{m}$ ,  $f_1 = 0,56 \cdot 10^{-2}$

Từ (6) suy ra:

$$\frac{\partial^4 f(x)}{\partial x^4} = H_k \frac{\alpha^4}{H_k^4} f_1 e^{-\alpha \frac{x}{H_k}} \quad (7)$$

Đặt  $b = \frac{\alpha}{H_k}$  và  $A_1 = \frac{EJ}{k}$

$$\frac{\partial^4 f(x)}{\partial x^4} = H_k b^4 f_1 e^{-\alpha \frac{x}{H_k}} \quad (8)$$

Ta chia vế phải của phương trình (5b) cho k được:

$$A_1 \cdot \frac{\partial^4 [w(x) + f(x)]}{\partial x^4} = -[w(x) + f(x)] \quad (9)$$

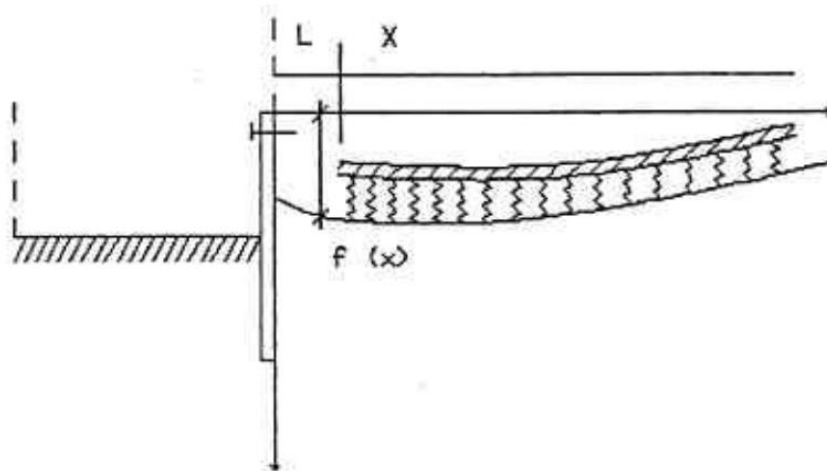
Thay (6) vào (9), ta tìm nghiệm riêng của phương trình trong dạng:

$$w_{RTN} = K e^{-bx} \quad (10)$$

Thay (10) vào (9) ta được:

$$w_{RTN} = -H_k f_1 \frac{(1 - A_1 b^4)}{(1 + A_1 b^4)} e^{-bx} \quad (11)$$

Đối với trường hợp nhà cách hố đào 1 khoảng  $L$  (hình 2), điểm gốc tọa độ trục  $x$  được đặt tại đầu trái dầm.



Hình 2.4. Mô hình nhà và hố đào (không cùng 1 tỉ lệ)

Khi đó phương trình (11) trở thành:

$$w_{RTN} = -H_k f_1 \frac{(1 - A_1 b^4)}{(1 + A_1 b^4)} e^{-b(x+L)} \quad (11a)$$

Như vậy nghiệm tổng quát của phương trình vi phân (9) được trình bày trong dạng tổng của (3) và (11a):

$$w^* = w + w_{RTN} \quad (12)$$

Tùy theo độ cứng của dầm, có thể chia dầm thành 3 loại như sau: [4]

- $\lambda < 1$  - Dầm có độ cứng tuyệt đối
- $1 < \lambda \leq 2,75$  - Dầm có độ cứng hữu hạn, tính như dầm ngắn
- $\lambda > 2,75$  - Dầm có độ dài bán vô hạn

Trong đó:  $\lambda = \frac{l}{S}$  với  $S = \sqrt{\frac{4EJ}{bk}}$

$k$  - hệ số kháng đàn hồi của đất nền

$E$  – mô đun đàn hồi của dầm

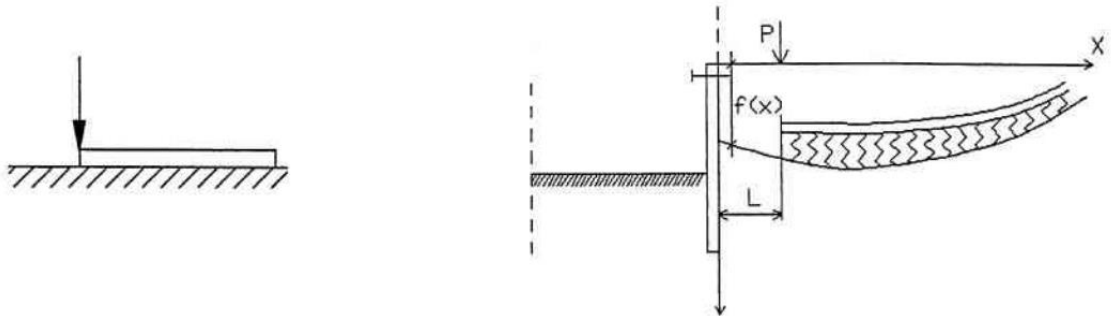
$J$  – mô men quán tính của tiết diện dầm

$b$  – chiều rộng tính toán,  $b = 1\text{m}$ .

Những công trình ta xét trong luận văn được mô tả như dầm bán vô hạn đặt trên nền đàn hồi, chịu tải trọng bản thân nhà phía trên và chuyển vị bổ sung của nền gây lên bởi sự tồn tại hố đào lân cận:

### **Dầm bán vô hạn lân cận hố đào:**

#### ***Dầm bán vô hạn chịu tải trọng tập trung đầu trái của dầm:***



*Hình 2.5. Dầm bán vô hạn chịu tải trọng tập trung ở đầu dầm*

Trong trường hợp này, lời giải tổng quát của (1) khi  $x > 0$  cần đặt  $C=0$  và  $D=0$  vì các số hạng thứ 3 và thứ 4 tăng vô hạn khi  $x \rightarrow \infty$ . Điều này mâu thuẫn với ý nghĩa vật lý của bài toán đã nêu.

Các hằng số  $A, B$  có thể xác định từ các điều kiện biên dưới đây.

Tại điểm gốc tọa độ:

$$x = 0,$$

$$\text{Mô men uốn } M = 0,$$

$$\text{Lực cắt } Q = P.$$

Ta đã biết rằng (Sức bền vật liệu):



$$\begin{aligned}
 M &= -EJ \cdot \frac{\partial^2 y(x)}{\partial x^2} \\
 Q &= -EJ \cdot \frac{\partial^3 y(x)}{\partial x^3}
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Trong trường hợp này, điều kiện biên sẽ được viết dưới dạng sau:

$$\begin{aligned}
 -EJ \cdot \frac{\partial^2 y(x)}{\partial x^2} &= 0 \\
 -EJ \cdot \frac{\partial^3 y(x)}{\partial x^3} &= P
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Từ các điều kiện đó ta tìm hằng số A và B. Tiến hành vi phân (12) nhận được:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial w}{\partial x} &= -\lambda e^{-\lambda x} [A(\cos \lambda x + \sin \lambda x) + B(\sin \lambda x - \cos \lambda x)] \\
 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} &= \lambda^2 e^{-\lambda x} (2A \sin \lambda x - 2B \cos \lambda x)
 \end{aligned}$$

Từ (14) ta có:

$$\begin{aligned}
 \lambda^2 e^{-\lambda x} (2A \sin \lambda x - 2B \cos \lambda x) &= 0 \\
 \Rightarrow A \sin \lambda x &= B \cos \lambda x
 \end{aligned}$$

Khi  $x=0$ , lúc đó  $B=0$ ,  $\lambda^2 \neq 0$ , như vậy (12) có dạng:

$$\begin{aligned}
 w^2 &= e^{-\lambda x} A \cos \lambda x; \quad \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 2\lambda^2 e^{-\lambda x} A \sin \lambda x; \\
 \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} &= 2\lambda^3 e^{-\lambda x} A (\cos \lambda x - \sin \lambda x);
 \end{aligned}$$

Khi  $x=0$  ta có:  $\sin \lambda x = 0$ ;  $\cos \lambda x = 1$  và:

$$EJ.2\lambda^3 A.1.1 = P; A = \frac{P}{2\lambda^3 EJ}$$

Ta nhận được:

$$w = \frac{Pe^{-\lambda x}}{2\lambda^3 EJ} \cos \lambda x \quad (15)$$

$$\frac{\partial w}{\partial x} = -\frac{Pe^{-\lambda x}}{2\lambda^3 EJ} (\cos \lambda x + \sin \lambda x) \quad (16)$$

$$M = -EJ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = -\frac{P}{2\lambda} \sin \lambda x \quad (17)$$

$$Q = -EJ \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = -Pe^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \sin \lambda x) \quad (18)$$

Đặt:  $\lambda x = \xi$  trong đó  $\lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4EJ}}$  ta có:

$$\begin{aligned} \eta_I(\xi) &= e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi), \\ \eta_{II}(\xi) &= e^{-\xi} \cos \xi, \\ \eta_{III}(\xi) &= e^{-\xi} (\sin \xi + \cos \xi), \\ \eta_{IV}(\xi) &= e^{-\xi} \sin \xi. \end{aligned} \quad (19)$$

$$w = \frac{P}{2\lambda^3 EJ} \eta_{II}(\xi) = \frac{2P\lambda}{k} \eta_{II}(\xi) \quad (20)$$

$$\frac{\partial w}{\partial x} = \frac{P}{2\lambda^3 EJ} \eta_{III}(\xi) = -\frac{2P\lambda^2}{k} \eta_{III}(\xi) \quad (21)$$

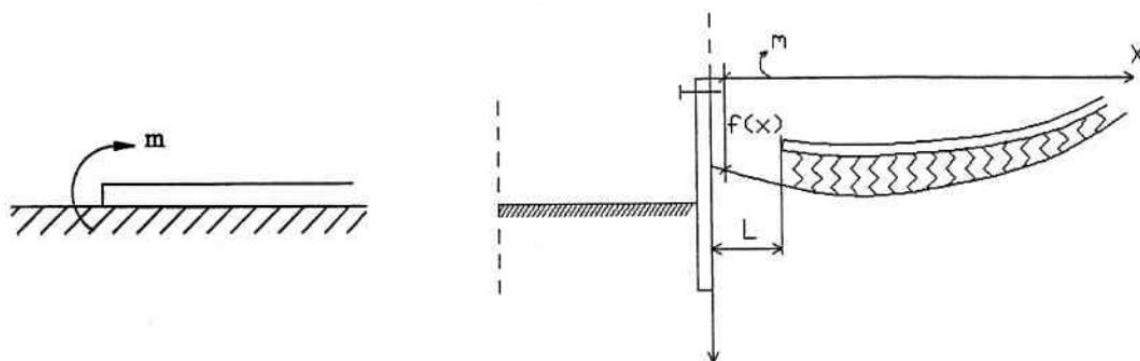
$$M = \frac{P}{2\lambda} \eta_{IV}(\xi) \quad (22)$$

$$Q = -P\eta_I(\xi) \quad (23)$$

Trong đó, đạo hàm của các hàm đã nêu trong (19), việc đạo hàm được tiến hành với biến số  $x$ :

$$\begin{aligned} \eta'_I &= -2\lambda\eta_{II}; \eta'_{II} = -\lambda\eta_{III}; \\ \eta'_{III} &= -2\lambda\eta_{IV}; \eta'_{IV} = \lambda\eta_I; \end{aligned} \quad (24)$$

Dầm bán vô hạn chịu mô men tập trung tại đầu trái dầm:



Hình 2.6. Dầm bán vô hạn chịu mô men tập trung ở đầu trái

Ta coi mô men bên ngoài là dương, nếu nó hướng theo chiều kim đồng hồ, tiếp theo tốt nhất ta coi mô men là dạng lực thứ 2, và kí hiệu là  $P_{II}$ . Bài toán về dầm chịu tải mô men có thể giải theo sơ đồ miêu tả trong 1.1.1. Để làm điều đó, trong phương trình (12) các hệ số A, B được xác định từ điều kiện khi  $x=0$ . Dưới đây, nghiệm của bài toán nhận được bằng cách khác, sử dụng kết quả nhận được trong 1.1.1.

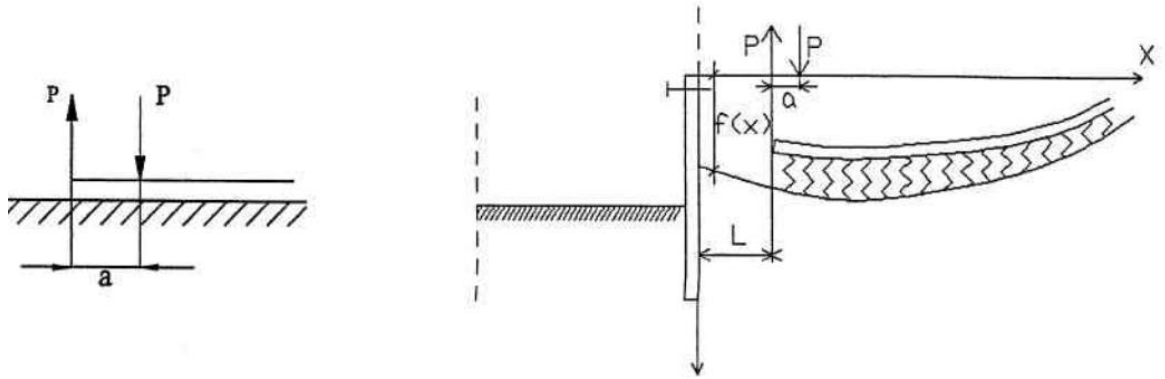
Ta viết (15) trong dạng:

$$w = Pk_I(x) \quad (25)$$

Trong đó:

$$k_I(x) = \frac{e^{-\lambda x} \cos \lambda x}{2\lambda^3 EJ} = \frac{\eta_{II}(\xi)}{2\lambda^3 EJ} \quad (25a)$$

Ta đặt vào dầm 2 lực tập trung như nhau, hướng ngược nhau cách nhau một khoảng là  $a$  như trên hình 5:



Hình 2.7. Dầm bán vô hạn chịu 2 lực ngược chiều ở đầu và cuối

Sử dụng nguyên tắc cộng tác dụng ta nhận được:

$$w = Pk_I(x) - Pk_I(x+a) \quad (26)$$

Giả sử khoảng cách giữa 2 lực tiến đến 0, còn tích số  $P_a=P_{II}$  không đổi trong quá trình đó. Giới hạn mà  $w$  tiến tới khi  $a \rightarrow 0$  sẽ là đường đàn hồi của dầm chịu tác dụng của mô men.

Ta viết lại (26) theo dạng sau:

$$w = P_{II} \frac{k_I(x) - k_I(x+a)}{a}$$

Giới hạn mà  $w$  tiến tới khi  $a \rightarrow 0$  sẽ là:

$$w = -P_{II} \frac{\partial k_I}{\partial x} \quad (27)$$

Ta đưa (25.a) vào (27), trong đó khi chứng minh công thức (27) ta đã dựa trên tính chất tuyến tính của bài toán và vì vậy (27) phù hợp với bất cứ nền nào biến dạng tuyến tính.

$$w = P_{II} \frac{\eta_{III}(\xi)}{\lambda^2 EJ} = \frac{4\lambda^2}{k} P_{II} \eta_{III}(\xi) \quad (28)$$

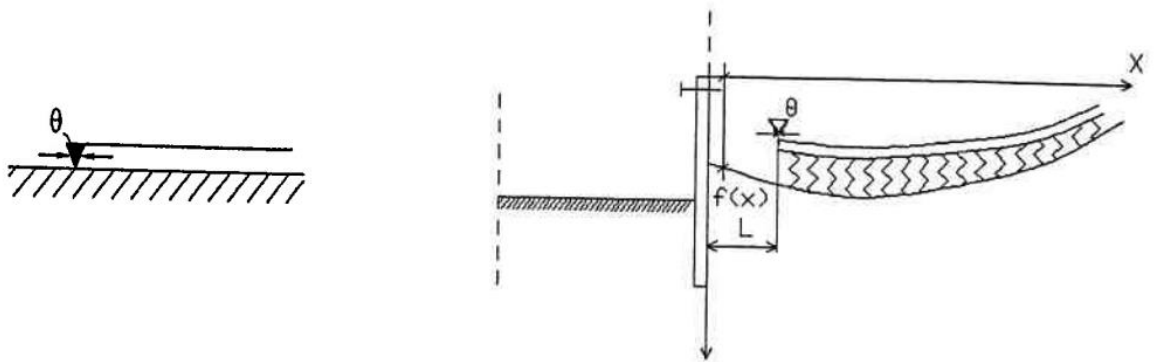
Đạo hàm công thức trên có thể nhận được công thức xác định góc xoay, mô men uốn và lực cắt:

$$\frac{\partial w}{\partial x} = -\frac{2P_{II}}{\lambda EJ} \eta_{IV}(\xi) = -\frac{8P_{II}\lambda^3}{k} \eta_{IV}(\xi) \quad (29)$$

$$M = 2P_{II} \eta_I(\xi) \quad (30)$$

$$Q = -4\lambda P_{II} \eta_{II}(\xi) \quad (31)$$

***Dầm bán vô hạn ở đầu trái chịu biến dạng xoay:***



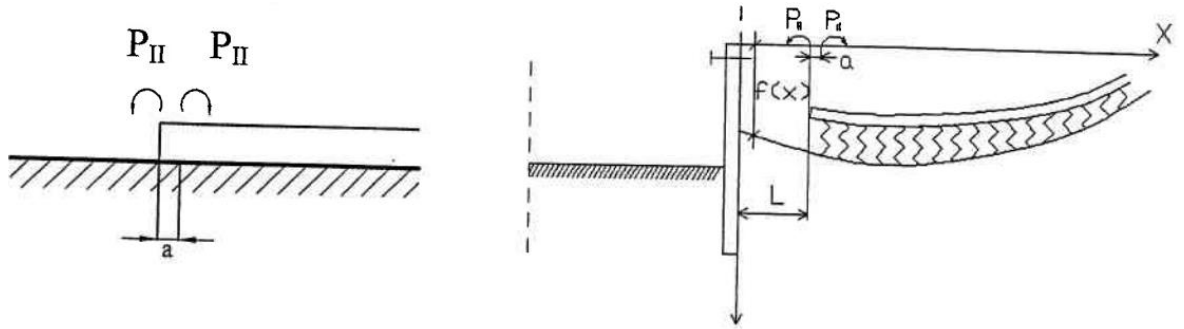
Hình 2.8. Dầm bán vô hạn chịu biến dạng góc ở đầu trái

Để trình bày đặc điểm của tải trọng này ta hình dung đưa lên dầm tại  $x=0$  một nêm cứng có góc ở đỉnh là  $\theta$ ; ta gắn nêm vào dầm, trong đó dầm không bị biến dạng. Đường đàn hồi thỏa mãn phương trình (12).

Xét điều kiện biên:

$$\frac{\partial w}{\partial x} = 0; \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 0$$

Tiếp theo ta cũng áp dụng cách làm giống như trong 1.1.2, trong đó ta đặt vào dầm 2 mô men  $P_{II}$  giá trị như nhau nhưng ngược chiều nhau như trình bày trên hình 2.7:



Hình 2.9. Dầm bán vô hạn chịu mô men ngược chiều nhau ở đầu trái

Lúc này ta viết:

$$w = \frac{P_{II}}{\lambda^2 EJ} [\eta_{III}(\xi) - \eta_{III}(\xi + \lambda a)] \quad (32)$$

Giới hạn biểu thức (32) khi  $a \rightarrow 0$  sẽ là đường đàn hồi của dầm chịu biến dạng góc xoay. Thực tế khi chiều dài đoạn  $a$  nhỏ, ta có thể cho rằng giữa các điểm của mô men, dầm chịu uốn đơn thuần. Góc xoay của tiết diện nằm dưới điểm đặt mô men có giá trị  $\theta = \frac{P_{II}a}{EJ}$ .

Như vậy, thực hiện việc chuyển đổi giới hạn khi  $a \rightarrow 0$  trong đó cho rằng tích  $\theta EJ = P_{II}a$  giữ nguyên giá trị không đổi. Khi  $x=0$ , góc xoay  $\theta = P_{III}$  (gọi là lực loại III).

Ký hiệu:  $k_2(x) = \frac{1}{\lambda^2 EJ} \eta_{III}$ . Lúc đó bằng cách chuyển đổi giới hạn

ta nhận được:

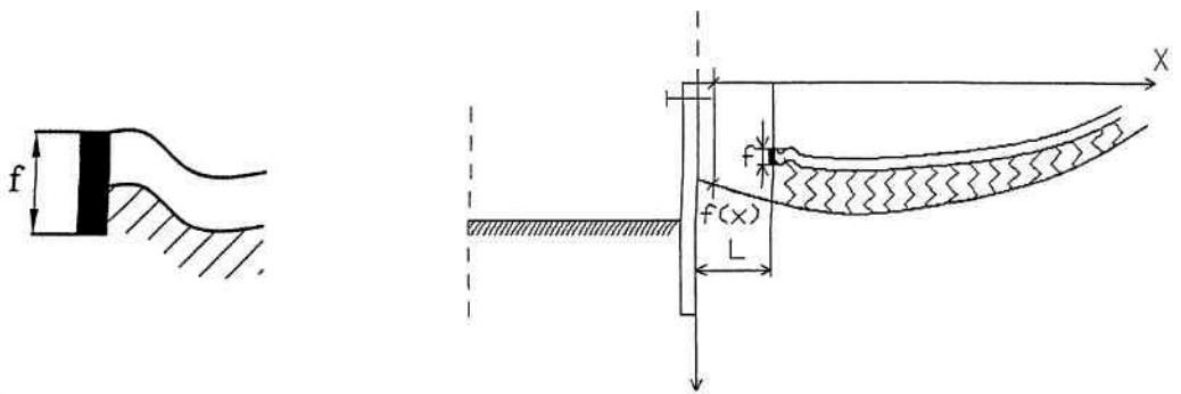
$$w = -\frac{2P_{III}\eta_{IV}}{\lambda} = -P_{III} \frac{\partial k_2}{\partial x} \quad (33)$$

$$\frac{\partial w}{\partial x} = -2P_{III}\eta_I \quad (34)$$

$$M = -EJ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = -4\eta_{II} P_{III} EJ \quad (35)$$

$$Q = -EJ \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 4\lambda^2 \eta_{III} P_{III} EJ \quad (36)$$

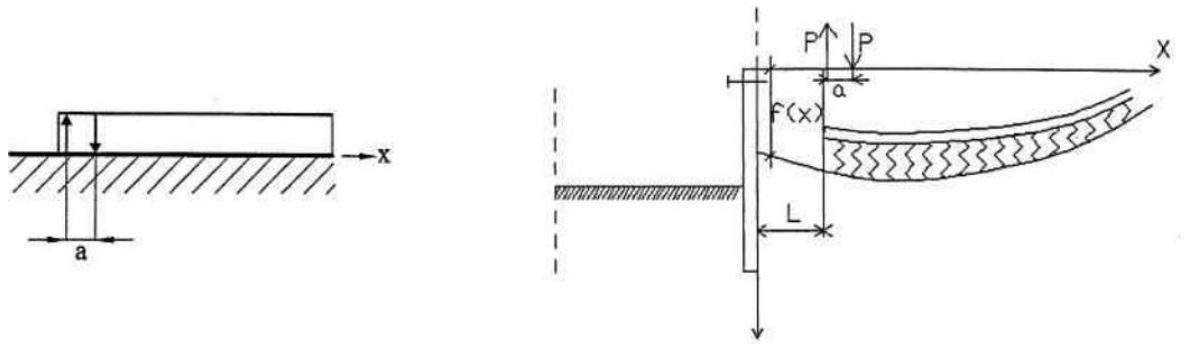
***Dầm bán vô hạn ở đầu trái chịu biến dạng đường thẳng:***



*Hình 2.10. Dầm bán vô hạn chịu biến dạng đường thẳng ở đầu trái*

Tại vị trí chắt tải, biến dạng đường thẳng của dầm bán vô hạn góc xoay bằng 0, còn độ võng bằng  $f$ . Ta sẽ sử dụng các quan điểm tính toán như trên.

Ta xét dầm bán vô hạn, đầu trái được đặt biến dạng góc  $P_{III}$  và hướng ngược nhau. Ta biểu thị khoảng cách giữa các điểm đó là  $a$ , tại đó đặt các biến dạng. Ta lấy gốc tọa độ tại điểm đặt một trong những biến dạng góc đó, như trên hình 2.9 và hướng trục sang bên phải.



Hình 2.11. Dầm bán vô hạn chịu biến dạng góc ngược chiều nhau ở một đầu dầm

Kết quả ta viết được:

$$w = P_{III} k_3(x) - P_{III} k_3(x+a) \quad (37)$$

Nếu cho rằng khi  $a \rightarrow 0$ ,  $P_{III}a = P_{IV} = f$ , thì chuyển đổi giới hạn ta nhận được:

$$w = -P_{IV} \frac{\partial k_3}{\partial x} \quad (38)$$

Trong đó:  $k_3 = -\frac{\partial k_2}{\partial x}$ . Theo quan điểm hình học, khi giảm chiều dài đoạn  $a$  (hình 9), biến dạng của nó cũng giảm và trong giới hạn nó chuyển thành thanh chống trình bày trên (hình 8).

$$w = 2f\eta_I \quad (39)$$

$$\frac{\partial w}{\partial x} = -4\lambda f\eta_{II} \quad (40)$$

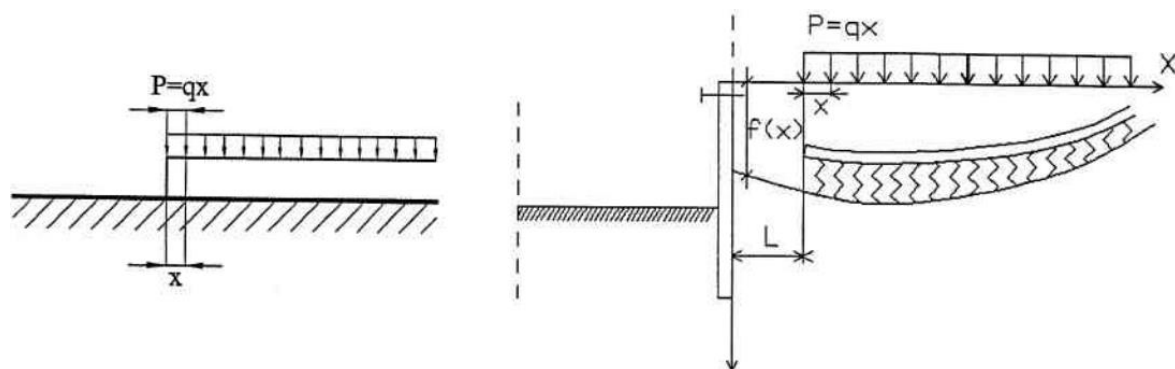
$$M = -4\lambda^2 fEJ\eta_{III} \quad (41)$$

$$Q = 8\lambda^3 fEJ\eta_{IV} \quad (42)$$



Như vậy ta sẽ nhận được lời giải về dầm bán vô hạn nằm trên nền đàn hồi chịu các tải trọng sau: lực tập trung, mô men, biến dạng góc và độ võng tập trung.

**Dầm bán vô hạn chịu tải trọng phân bố đều:**



Hình 2.12. Dầm bán vô hạn chịu tải trọng phân bố đều

Tải trọng phân bố đều theo chiều dài  $x$ , tương đương với giá trị  $q_x$  (hình 10). Để nhận được lời giải cần sử dụng các công thức (20-23), kết quả ta có:

$$w = \frac{2q\lambda}{k} \int \xi f_{II} d\xi \quad (43)$$

$$\frac{\partial w}{\partial x} = -\frac{2q\lambda^2}{k} \int \xi f_{III} d\xi \quad (44)$$

$$M = -\frac{q}{2\lambda} \int \xi f_{IV} d\xi \quad (45)$$

$$Q = -q \int \xi f_I d\xi \quad (46)$$

Ở đây cần tính các tích phân sau:

$$\int \xi e^{-\xi} \cos \xi d\xi \quad (47)$$

$$\int \xi e^{-\xi} \sin \xi d\xi \quad (48)$$

Kết quả ta nhận được:

$$\int \xi e^{-\xi} \cos \xi d\xi = -\frac{1}{2}(\xi \eta_I(\xi) - \eta_{IV}(\xi)) \quad (47a)$$

$$\int \xi e^{-\xi} \sin \xi d\xi = -\frac{1}{2}(\xi \eta_{III}(\xi) - \eta_{II}(\xi)) \quad (48a)$$

Bây giờ ta tính độ võng, góc xoay, mô men uốn và lực cắt khi móng băng chịu tải trọng phân bố đều. Để làm được việc đó sử dụng các công thức (43) – (46) và (47.a) – (48.a).

Ta xét độ võng. Công thức (43) cho:

$$w = \frac{2q\lambda}{k} \int \xi e^{-\xi} \cos \xi d\xi = -\frac{q\lambda}{k}(\xi \eta_I(\xi) - \eta_{IV}(\xi)) \quad (43a)$$

Góc xoay:

$$\begin{aligned} \frac{\partial w}{\partial x} &= -\frac{2q\lambda^2}{k} \int \xi e^{-\xi} (\sin \xi + \cos \xi) d\xi = \\ &= \frac{q\lambda^2}{k} (\xi(\eta_{III}(\xi) + \eta_I(\xi)) + \eta_{II}(\xi) - \eta_{IV}(\xi)) \end{aligned} \quad (44a)$$

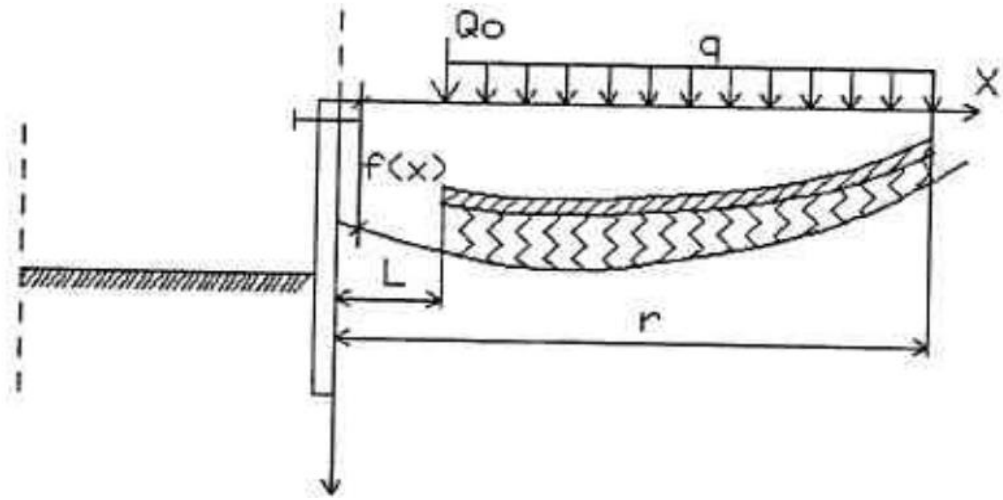
Mô men:

$$M = -\frac{q}{2\lambda} \int \xi e^{-\xi} \sin \xi d\xi = \frac{q}{4\lambda} (\xi \eta_{III}(\xi) + \eta_{II}(\xi)) \quad (45a)$$

Lực cắt:

$$Q = -q \int \xi e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi) d\xi = \frac{q}{2} (\xi \eta_I(\xi) - \eta_{III}(\xi)) - (\eta_{II}(\xi) - \eta_{IV}(\xi)); \quad (46a)$$

***Xây dựng lời giải tổng cộng cho dầm bán vô hạn :***



Hình 2.13. Dầm bán vô hạn chịu tải trọng phân bố đều, biến dạng góc và độ võng

Trong phần này ta nghiên cứu nhà, xét như dầm bán vô hạn trên nền đàn hồi. Kết cấu này chịu tác động của các tải trọng sau: chịu tác động của tải trọng bản thân nhà được coi như tải trọng phân bố đều, biến dạng góc tạo nên bởi lực trượt cũng như độ võng thay đổi theo quy luật:

$$\frac{f(x)}{H_k} = f_1 e^{-\alpha \frac{x}{H_k}} \quad (6)$$

Ta viết lời giải tổng quát nhận được nhờ kết quả từ các phần trước:

$$w = w_1 + w_2 + w_3 \quad (49)$$

$$\frac{\partial w}{\partial x} = \frac{\partial w_1}{\partial x} + \frac{\partial w_2}{\partial x} + \frac{\partial w_3}{\partial x} \quad (50)$$

$$M = M_1 + M_2 + M_3 \quad (51)$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (52)$$

Trong đó  $w_1, \frac{\partial w_1}{\partial x}, M_1, Q_1$  – lời giải tương ứng với phương án biến dạng góc nhận được trong phần 1.1.3 khi  $x=0$ . Sử dụng các công thức (33) – (36) trong đó cần đặt  $P_{III} = \theta_0$ , kết quả ta có:

$$w_1 = -\frac{2\theta_0}{\lambda} \eta_{IV} \quad (53)$$

$$\frac{\partial w_1}{\partial x} = -2\theta_0 \eta_I \quad (54)$$

$$M_1 = -4\lambda EJ \theta_0 \eta_{II} \quad (55)$$

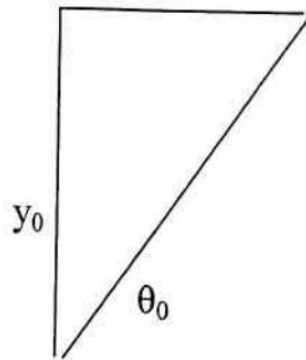
$$Q = 4\lambda^2 EJ \theta_0 \eta_{III} \quad (56)$$

Lời giải  $w_2, \frac{\partial w_2}{\partial x}, M_2, Q_2$  – tương ứng với trường hợp tác dụng lên dầm bán vô hạn tải trọng phân bố đều  $q$ . Trong đó sử dụng các kết quả nhận được từ 2.1.2.5 cụ thể các công thức: (43) - (46). Biểu thức  $w_3, \frac{\partial w_3}{\partial x}, M_3, Q_3$  – tương ứng với trường hợp, khi trong dầm bán vô hạn xét đến ảnh hưởng của hố đào bố trí lân cận, được xác định nhờ các số liệu nhận được trong 2.1.2.1.

Khi tính toán cần lấy cường độ của tải trọng phân bố đều  $q = 1,3...2$  T/m. Khi đã cho trước quy luật phân bố độ võng sơ bộ hệ số  $a$  được lựa chọn theo kinh nghiệm; lấy  $a=-1$ . Công thức (6) theo số liệu của Hannik (2003) có dạng:

$$y = 0,056e^{\frac{-(x+L)}{H_k}} \quad (57)$$

Phân tích giá trị chuyển vị góc khi cho  $x=0$  trong các biểu thức (53) – (56), lấy chuyển vị  $y_0$  làm gốc tọa độ nhận được từ (57) khi cho  $x=L$ . Chuyển dịch ngang khi  $x=0$  ta lấy số liệu thực nghiệm và biểu diễn nó qua  $u$ .



Hình 2.14. Chuyển vị tại góc tựa đỡ

Khi tính toán móng băng BTCT, ta lấy tiết diện nguy hiểm  $M_{max} = |M|$  và theo công thức  $\sigma = \frac{M}{W} \leq 2100 \text{ kg/cm}^2$  ta đánh giá độ bền kết cấu.

$$\text{tg} \theta_0 = \frac{u}{y_0} \cong \theta_0$$

Chỉ dẫn tính toán biến dạng nền nhà dưới móng băng lân cận hố đào sâu:

Từ cơ sở lý thuyết trên cho thấy độ lún của tòa nhà phụ thuộc vào các tham số có liên quan đến: hố đào ( $H_k$ ), nhà ( $q, EJ, L$ ), và đất nền ( $\nu, E_0, k$ ).

Khi tính toán biến dạng nền nhà gần hố đào sâu, mô hình nhà lấy trong dạng dầm có độ cứng chống uốn  $EJ$ .

Bảng 2.4. Trị số  $EJ$  của ngôi nhà [2]

Nhà	$EJ$ (kN.m <sup>2</sup> /m)	$EA$ (kN/m)
Dầm sàn	$6,47.10^3$	$3,45.10^6$
Một tầng	$2,00.10^7$	$6,9.10^6$
Ba tầng	$2,00.10^8$	$1,38.10^7$

Năm tầng	$6,98.10^8$	$2,07.10^7$
Mười tầng	$4,39.10^9$	$3,8.10^7$

Để xác định độ cứng nhà có các tầng khác nhau có thể tính trực tiếp hoặc sử dụng bảng 1 ở trên. Bảng này do J.N Franzius và T.I Addenbrook (2002) đề xuất để xác định trọng lượng và độ cứng nhà lên độ lún bề mặt công trình tụy – nen, trong đó n là số tầng nhà, có cấu tạo từ n+1 sàn.

Giá trị hệ số nền k có thể tra bảng hoặc định hướng lấy theo chỉ dẫn của X.B.Ukhov và những người khác (1994).

$(0,3...1) \cdot 10^4$  kN/m<sup>3</sup> – đối với đất rất yếu

$(1...3) \cdot 10^4$  kN/m<sup>3</sup> – đối với đất yếu

$(3...8) \cdot 10^4$  kN/m<sup>3</sup> – đối với đất có độ chặt trung bình

***\*Phương pháp tính toán độ lún công trình gần hố đào sâu:***

Đối với công trình thấp tầng tường gạch chịu lực trên nền móng băng, ta xét như dầm bán vô hạn trên nền đàn hồi theo mô hình nền Winkler. Tải trọng có dạng phân bố đều truyền xuống móng.

Ta xét nhà như dầm bán vô hạn chịu tải trọng phân bố đều từ trọng lượng nhà như dầm trên nền đàn hồi theo mô hình Winkler. Trong trường hợp đó, độ lún của dầm tính theo công thức (12), sử dụng công thức (43.a) và (11.a) ta được:

$$w = -\frac{q\lambda}{k} (\xi\eta_I(\xi) - \eta_{IV}(\xi)) + \frac{H_k f_1 (1 - A_1 b^4)}{(1 + A_1 b^4)} e^{-b(x+L)} \quad (58)$$

Trong đó:

-  $H_k$  là độ sâu hố đào

-  $\lambda x = \xi$

$$- \lambda = \sqrt[4]{\frac{k}{4EJ}}$$

$$- b = \frac{\alpha}{H_k} \quad \text{và} \quad A_1 = \frac{EJ}{k}$$

-  $\alpha = 0,7552$ ;

-  $k$  – hệ số nền  $k = 5 \cdot 10^4 \text{ kN/m}^3$ .

-  $f_1$  là hệ số kinh nghiệm, đặc trưng lún bề mặt lớn nhất

$$f_1 = (0,1 - 10,1)\% H_k$$

(theo Peck R.V (1969) và Moormann Ch. (2003))

-  $L$  là khoảng cách từ nhà tới hố đào.

$$f_1 \text{ lấy trung bình bằng } f_1 = 1,1\% H_k$$

-  $f_1$ :

+ Đối với tường chắn “Tường trong đất” khi  $H_k \leq 12\text{m}$ ,  $f_1 = 0,5 \cdot 6 \cdot 10^{-2}$

+ Đối với tường chắn “Tường trong đất” khi  $H_k \geq 12\text{m}$ ,  $f_1 = 0,20 \cdot 10^{-2}$

+ Đối với tường cừ thép hình khi  $H_k \leq 8\text{m}$ ,  $f_1 = 1,5 \cdot 10^{-2}$

+ Đối với tường cừ thép hình khi  $H_k \geq 8\text{m}$ ,  $f_1 = 0,56 \cdot 10^{-2}$

### **2.3. Phương pháp phần tử hữu hạn tính toán chuyển vị công trình lân cận [5]**

Phương pháp phần tử hữu hạn là một công cụ hữu ích trong việc mô phỏng các bài toán địa kỹ thuật. Trong đó mô hình vật liệu có ý nghĩa quan

trọng khi mô phỏng ứng xử thật của đất, các điều kiện biên được lựa chọn phải thích hợp với các giai đoạn thi công khác nhau. Theo phương pháp PTHH, một vật thể liên tục được chia thành một số lượng hữu hạn phần tử, mỗi phần tử bao gồm một số nút. Mỗi nút sẽ có số bậc tự do tương ứng các giá trị riêng được xác định bởi điều kiện biên.

Các bước cơ bản của phương pháp phần tử hữu hạn như sau:

- Chia lưới phần tử hữu hạn
- Chuyển vị tại nút là các ẩn số
- Chuyển vị bên trong phần tử được nội suy từ các giá trị của chuyển vị nút
- Thiết lập mô hình vật liệu (quan hệ giữa ứng suất và biến dạng)
- Điều kiện biên về chuyển vị, lực
- Giải hệ phương trình tổng thể cân bằng lực cho kết quả chuyển vị nút
- Tính các đại lượng khác (biến dạng, ứng suất)

Có rất nhiều phần mềm có thể thực hiện được bài toán tính toán chuyển vị của công trình lân cận theo phương pháp phần tử hữu hạn, tuy nhiên phần mềm Plaxis có thể giải quyết bài toán này triệt để hơn cả. Chương trình Plaxis cho phép xác định trạng thái ứng suất trong khối đất và trong kết cấu tác động tương hỗ với khối đất ở giai đoạn thi công bất kỳ.

Cũng giống như các phần mềm PTHH khác, phương pháp PTHH theo phần mềm Plaxis được tiến hành như sau:

1. Rời rạc hóa kết cấu
2. Hình thành ma trận độ cứng của phần tử
3. Gộp ma trận độ cứng phần tử thành ma trận độ cứng tổng
4. Sử dụng các phương trình cân bằng để tìm ra chuyển vị nút



## Xây dựng mô hình tính toán trong Plaxis:

Các bước mô hình hóa trong Plaxis:

- Lập mô hình hình học
- Gán các điều kiện biên
- Gán các đặc trưng vật liệu
- Tạo lưới phần tử
- Xác định điều kiện ban đầu
- Xác định các giai đoạn tính toán
- Tính toán
- Hiện thị kết quả phân tích

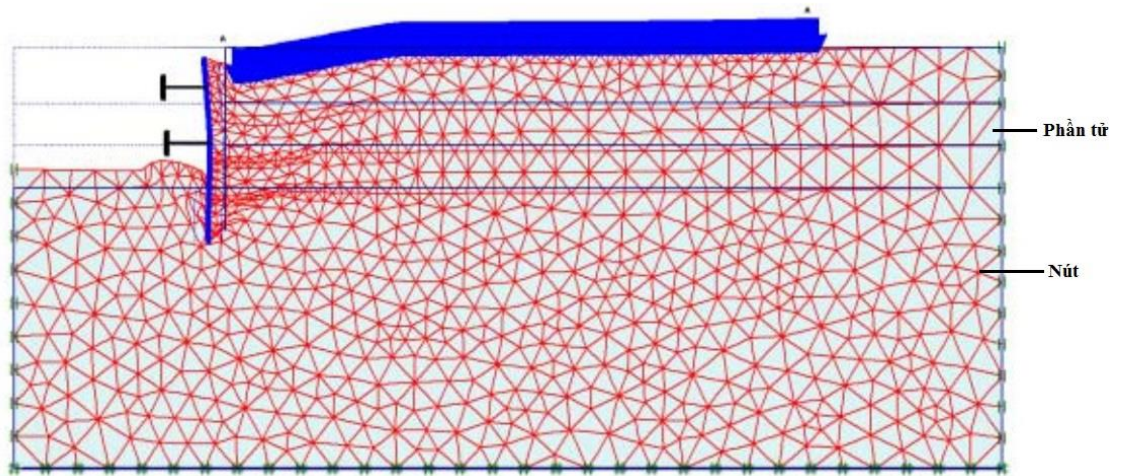
Trong mỗi bài toán phân tích bằng Plaxis, điều quan trọng đầu tiên là phải xây dựng được mô hình hình học. Mô hình 2D là tiêu biểu cho vấn đề về ba chiều và bao gồm các điểm (points), đường (lines), miền (cluster). Một mô hình hình học bao gồm: phân tầng lớp đất cho các lớp đất riêng rẽ, đối tượng kết cấu, các giai đoạn thi công và tải trọng. Mô hình phải đủ rộng để điều kiện biên không ảnh hưởng tới vấn đề nghiên cứu. Ba loại cấu kiện trong mô hình được miêu tả chi tiết dưới đây:

- ✓ Điểm (points): dùng mô tả tại các vị trí bắt đầu và kết thúc của đường. Điểm còn sử dụng để định vị các điểm neo, khống chế điểm, các lực tập trung, làm mịn cục bộ lưới phần tử.
- ✓ Đường (lines): dùng xác định ranh giới vật lý của hình học, biên của mô hình và các gián đoạn trong mô hình như tường, vó, phân chia các lớp đất hoặc các giai đoạn thi công.

- ✓ Miền (cluster): là một diện tích bao bọc bởi các đường (miền đóng). Plaxis nhận biết miền dựa vào việc nhập vào các đường hình học. Với một miền đặc trưng đất là đồng nhất. Do đó có thể coi miền như lớp đất. Các tác động liên quan tới miền áp dụng cho toàn bộ phần tử trong miền.

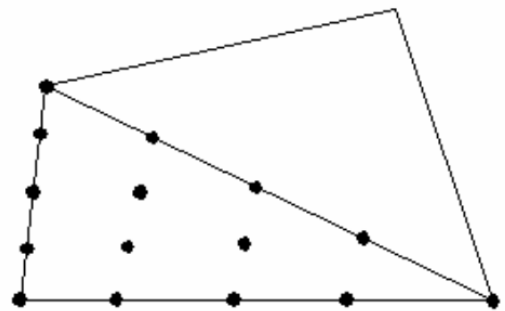
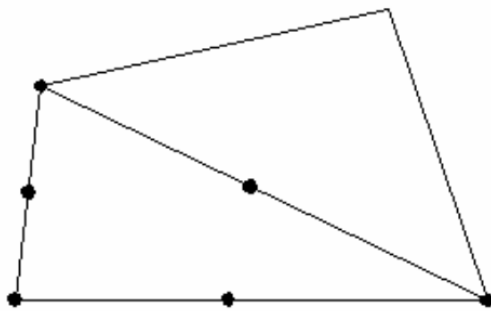
Sau khi tạo xong mô hình hình học, mô hình PTHH tự động cập nhật lưới, dựa trên bố cục của các miền và các đường trong mô hình hình học. Trong lưới PTHH ba loại cấu kiện được nhận biết như mô tả dưới đây:

- ✓ Phần tử (Elements): Khi tạo lưới, các miền (cluster) được chia thành các phần tử tam giác. Có thể lựa chọn loại phần tử 15 nút hoặc loại phần tử 6 nút. Phần tử 15 nút hiệu quả với việc tính toán chính xác về ứng suất và tải trọng phá hoại. Còn phần tử 6 nút thì có ưu điểm tính toán nhanh và tiện lợi trong các trường hợp. Xem xét việc chia phần tử (ví dụ cho phát sinh lưới thô theo mặc định) người dùng nhận thấy lưới gồm các phần tử 15 nút thực tế mịn và thích ứng hơn nhiều so với lưới tạo bởi phần tử 6 điểm nút, nhưng việc tính toán tốn thời gian hơn. Hơn nữa phần tử tam giác thường dùng cho mô hình đất, các phần tử tám tương thích, phần tử vải địa kỹ thuật và phần tử tiếp xúc có thể được sinh ra từ ứng xử kết cấu của mô hình và ảnh hưởng kết cấu và đất.



Hình 2.15 Lưới phân tử hữu hạn

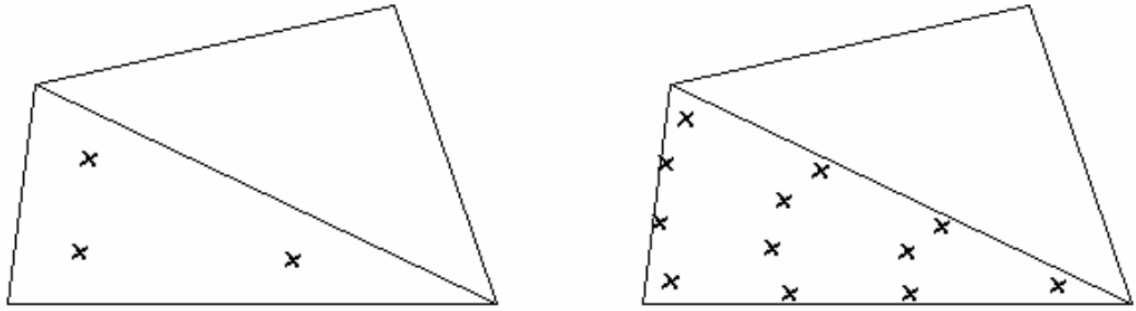
- ✓ Nút (Nodes): Phần tử 15 nút bao gồm 15 nút và phần tử 6 nút bao gồm 6 nút. Phân chia các nút trên phần tử như dưới đây:



Hình 2.15a. Phân tử tam giác 6 nút      Hình 2.15b Phân tử tam giác 15 nút

Các phần tử liền kề được nối với nhau qua các nút chung, chuyển vị được tính tại nút. Nút được lựa chọn trước để phát sinh đồ thị của chuyển vị và tải trọng.

- ✓ Điểm ứng suất (Stress points): Tương phản với chuyển vị, ứng suất và biến dạng được tính toán tại các điểm tích phân Gaussian (điểm ứng suất) khác với tại nút. Một phần tử tam giác 15 nút chứa 12 điểm ứng suất và phần tử 6 nút chứa 3 điểm ứng suất như hình dưới:



Hình 2.15c Điểm ứng suất của phần tử 6 điểm nút      Hình 2.15d Điểm ứng suất của phần tử 15 điểm nút

Các điểm ứng suất được lựa chọn trước để tạo đường ứng suất hoặc biểu đồ ứng suất – chuyển vị.

Áp dụng mô hình cho bài toán chuyển vị của công trình lân cận do ảnh hưởng hố đào sâu như sau:

- ✓ Hố đào được mô phỏng theo sơ đồ bài toán phẳng. Vì hố đào đối xứng nên chỉ cần xét một nửa bài toán.
- ✓ Để mô hình hóa trạng thái ứng suất khối đất sử dụng lưới phần tử hữu hạn bao gồm các phần tử tam giác 15 điểm nút. Sự làm việc của đất nền được mô phỏng theo mô hình Mohr – Coulomb.
- ✓ Tường cừ được mô phỏng bởi phần tử Plate
- ✓ Phần tử neo để mô hình hóa neo và thanh chống.
- ✓ Phần tử khối - các phần tử tuyến tính để mô hình hóa kết cấu xây dựng, tác động tương hỗ với nền đất.

Kết cấu chắn giữ hố đào được rời rạc hóa bằng cách chia theo chiều đứng thành hữu hạn các phần tử với khoảng cách thông thường 1-2 m. Để đơn giản hóa tính toán, vị trí đột biến về mặt cắt, tải trọng, hệ số nền của nền đàn hồi và điểm chống/neo đều lấy làm điểm liên kết (nút).

### CHƯƠNG III

## TÍNH TOÁN ĐỘ LÚN NỀN CÔNG TRÌNH LÂN CẬN DO ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC THI CÔNG HỒ ĐÀO SÂU

#### 3.1. Đặc điểm công trình

Xét công trình thi công mới có 25 tầng nổi và 5 tầng hầm, độ sâu hố đào 15,2m.

#### 3.2. Tên địa điểm xây dựng:

Công trình được xây dựng tại Hải Phòng

#### 3.3. Số liệu về công trình lân cận:

Nhà bảo tàng lịch sử cũ bằng gạch chịu lực 3 tầng; Kết cấu móng băng BTCT tường gạch chịu lực. Tải trọng lên móng 30kN/m.  $EJ = 6,0.10^7$  kNm<sup>2</sup>/m (theo bảng 2.4) [2].

Đồng thời tác giả xác định hệ số nền dưới đáy móng công trình lân cận (được mô hình như dầm móng băng) như sau:

Hệ số nền đối với từng lớp đất được lấy theo công thức thực hành[3]:

$$K_i = \frac{2E_i}{b} \quad (1)$$

Trong đó:

- $K_i$  : Là hệ số nền đối với lớp đất thứ i.
- $E_i$ : Là mô đun biến dạng của lớp đất thứ i.
- $b$ : Là bề rộng móng băng

Nếu trong phạm vi 2b (3b đối với đất sét pha và 4b đối với đất sét) kể từ đáy móng có nhiều lớp đất thì hệ số nền xác định theo biểu thức:

$$K = \frac{2E_{tb}}{b} \quad (2)$$

Trong đó:

$$E_{tb} = \frac{\sum E_i \cdot h_i \cdot z_i}{2b^2} \quad (3)$$

Với:

$b$  – chiều rộng móng băng.

$E_i$  – mô đun biến dạng tiêu chuẩn của lớp đất thứ  $i$ .

$h_i$  – chiều dày lớp đất thứ  $i$ .

$z_i$  – khoảng cách từ trọng tâm lớp đất thứ  $i$  đến đỉnh tam giác gây lún, có chiều cao  $2b$ .

**\*Địa chất khu vực công trình có đặc điểm như sau:**

Lớp 1: Đất san lấp, độ dày khoảng 2,0 m.

Lớp 2: Lớp á sét dẻo mềm, dày khoảng 2,2m.

Lớp 3: Sét pha nửa cứng, bề dày trung bình 11m.

Lớp 4: Các lớp cát phân bố đến độ sâu 35m.

Lớp 5: Cát lẫn cuội sỏi, gặp từ 35m trở xuống.

Mực nước ngầm phân bố ở độ sâu dưới 28m.

*Bảng 3.1. Số liệu đất nền*

Tham số	Đơn vị	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4	Lớp 5
Trọng lượng khô $\gamma_{\text{unsat}}$	kN/m <sup>3</sup>	14,4	16,11	16,8	15,8

Trọng lượng ướt $\gamma_{\text{sat}}$	kN/m <sup>3</sup>	18,9	19	19,2	19,8
Góc ma sát trong $\varphi$	độ	9	5,26	21	35
Lực dính c	kN/m <sup>2</sup>	33	18	11,7	3
Góc trương nở $\psi$	độ	0	0	0	6
Mô đun biến dạng $E_0$	kPa	$9 \cdot 10^2$	$55 \cdot 10^2$	$188 \cdot 10^2$	$250 \cdot 10^2$
Hệ số Poát xông $\nu$	-	0,3	0,3	0,25	0,2
Hệ số nền	kN/m <sup>3</sup>	$18 \cdot 10^2$	$70 \cdot 10^2$	$376 \cdot 10^2$	$500 \cdot 10^2$

Công trình lân cận (nhà bảo tàng) đặt trên nền đất số 2: loại đất á sét dẻo mềm.

Hệ số nền tính theo (60):

$$K_1 = \frac{2E_{tb}}{b} = \frac{2 * 3,084 * 10^3}{1} = 6,618 * 10^3 \text{ (kN / m}^3\text{)}$$

Trong đó:

$$E_{tb} = \frac{(9 * 2,2 * 1,9 + 54 * 0,8 * 0,4) * 10^2}{3} = 3,084 * 10^3 \text{ (kPa)}$$

### 3.5. Tính toán độ lún công trình lân cận do ảnh hưởng của thi công hố đào sâu đến theo các dạng kết cấu chắn giữ hố đào khác nhau:

Trong ví dụ đề cập đến hai dạng tường chắn hố đào là tường cừ thép hình và “tường trong đất” được gia cố cho công trình 5 tầng hầm. Hố đào có độ sâu  $H_k = 15,2\text{m}$ , rộng  $56\text{m}$ , khoảng cách từ mép hố đào đến công trình lân cận  $L = 1\text{m}$ . Hố đào được mô phỏng theo sơ đồ bài toán phẳng, vì

hố đào đối xứng nên chỉ cần xét một nửa bài toán. Ví dụ tính toán cho 2 trường hợp chắn giữ vách hố đào như sau:

**a. Kết cấu chắn giữ hố đào bằng tường cừ Larsen, thanh chống ngang thép hình:**

Tường cừ thép Larsen, mô đun đàn hồi  $E = 2,1.10^8 \text{kN/m}^2$ , gia cố bằng các thanh chống ngang thép hình.

*Bảng 3.2. Số liệu tường cừ thép*

Tham số	Đơn vị	Giá trị
Diện tích mặt cắt ngang A	$\text{cm}^2$	133,8
Trọng lượng riêng W	$\text{kN/m}^2$	57,3
Mô men quán tính I	$\text{cm}^4/\text{m}$	$63.10^3$
EA	$\text{kN/m}$	$2.4.10^7$
EI	$\text{kNm}^2/\text{m}$	$1.28.10^6$
Hệ số Poát xông $\nu$		0,3

Thanh chống ngang bằng thép cán tiết diện chữ I với các thông số kỹ thuật sau:

- h = 55cm
- b = 18cm
- d = 11mm
- t = 16,5mm
- R = 18mm
- E =  $2,1.10^8 \text{kN/m}^2$
- A =  $118\text{cm}^2$
- $J_x = 55962\text{cm}^4$
- $J_y = 1356\text{cm}^4$
- Trọng lượng riêng
- EA =  $2,478.10^6$
- w = 92,6kg/m
- kN.



**b. Kết cấu chắn giữ hố đào bằng “tường trong đất”:**

Hố đào thi công bằng phương pháp “tường trong đất”, kết cấu chống đỡ vách hố đào bằng phương pháp Top – down.

*Bảng 3.3. Số liệu “tường trong đất”*

<b>Tham số</b>	<b>Đơn vị</b>	<b>Giá trị</b>
Loại tác động	cm <sup>2</sup>	Đàn hồi
Trọng lượng riêng W	kN/m <sup>2</sup>	5,2
Bề dày tương đương d	m	0,8
Độ cứng khi nén EA	kN/m	2,4.10 <sup>7</sup>
Độ cứng khi uốn EI	kNm <sup>2</sup> / m	1,28.10 <sup>6</sup>
Hệ số Poát xông $\nu$		0,2

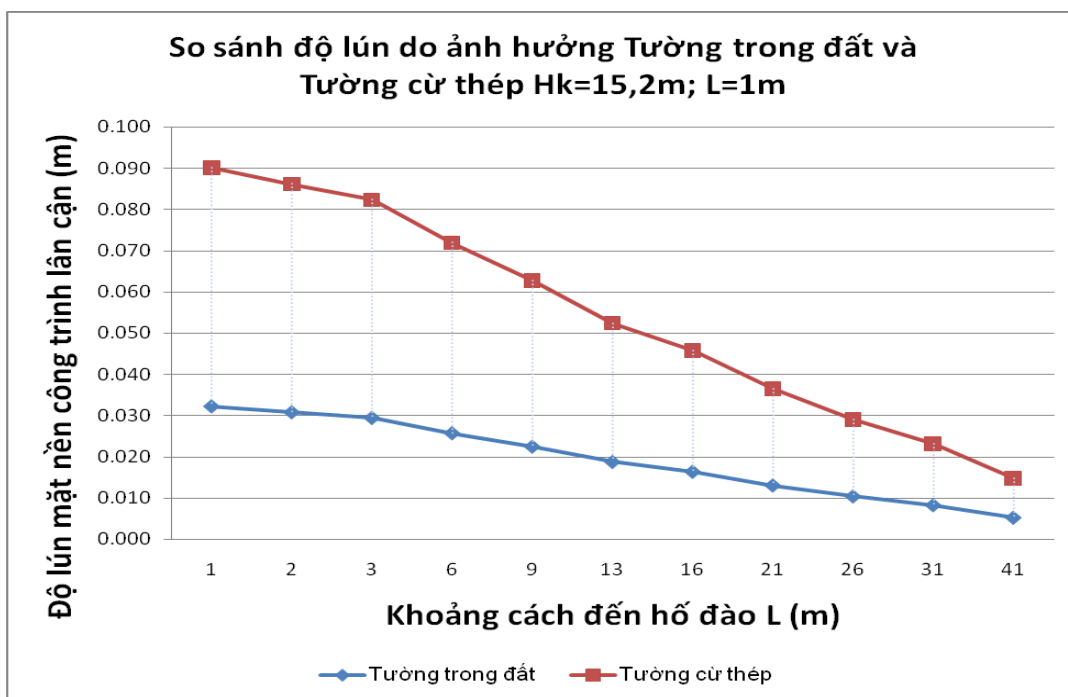
*Bảng 3.4. Số liệu kết cấu chống đỡ - sàn BTCT*

<b>Tham số</b>	<b>Đơn vị</b>	<b>Giá trị</b>
Loại tác động	Đàn hồi	
Độ cứng khi nén EA	kN	7,5.10 <sup>6</sup>
Độ cứng khi uốn EI	kNm <sup>2</sup> / m	2,73.10 <sup>5</sup>

**c. Tính toán:**

**\*/ Tính theo phương pháp dầm trên nền đàn hồi:**

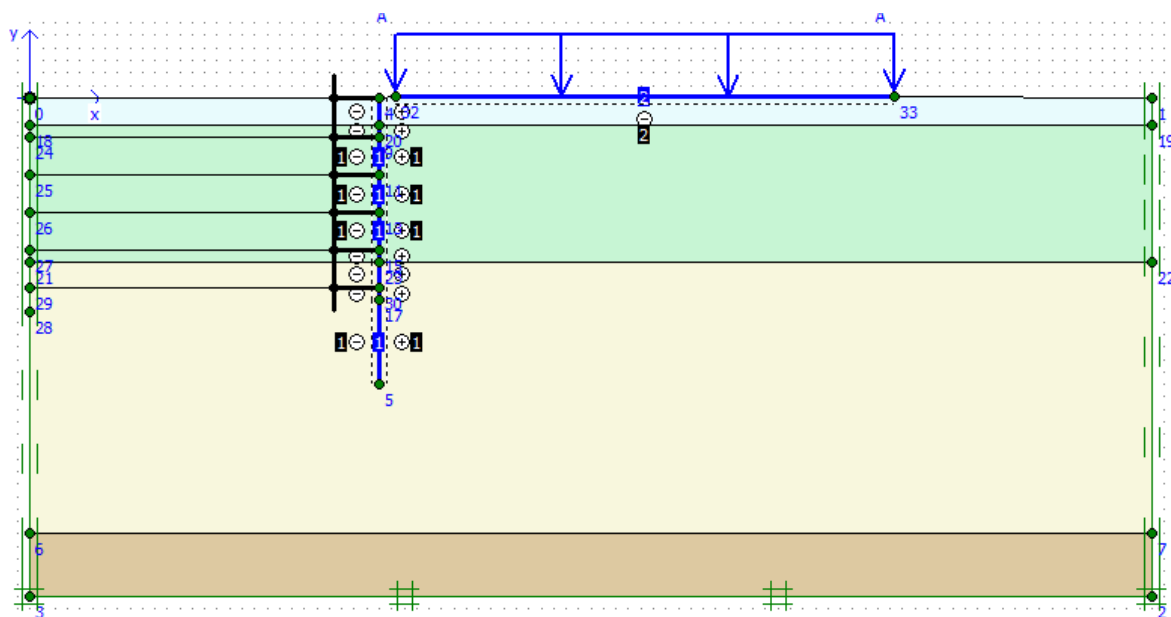
Dưới đây là biểu đồ thể hiện kết quả tính lún công trình lân cận hố đào sâu đối với hai loại tường vây khác nhau:



Hình 3.1. Biểu đồ so sánh độ lún công trình theo phương pháp dầm trên nền đàn hồi.

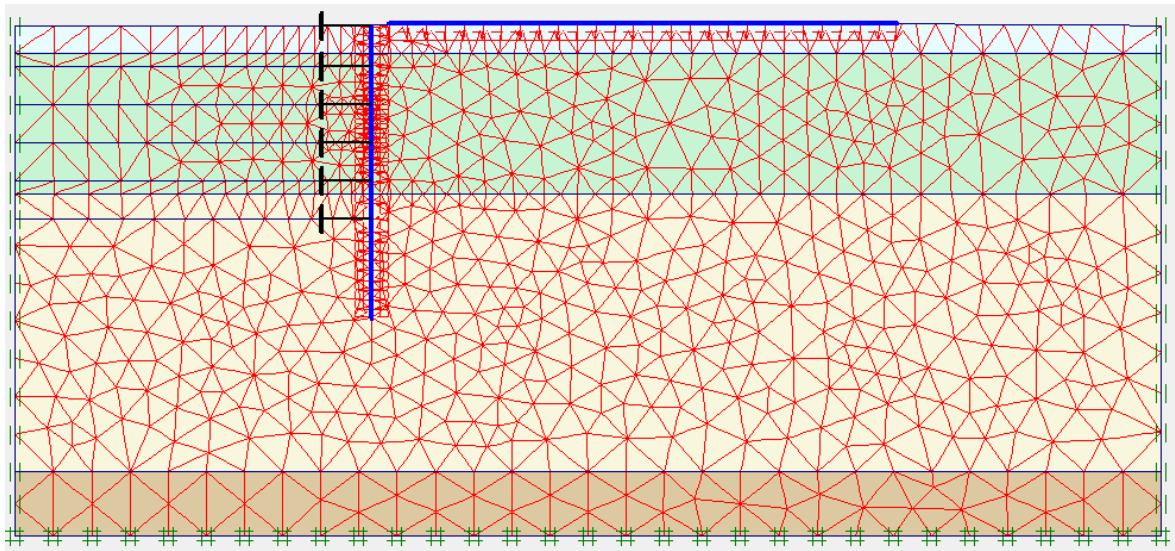
**\*/ Tính theo phương pháp phần tử hữu hạn:**

Mô phỏng bài toán hố đào:



Hình 3.2. Mô hình bài toán

- Hồ đào được mô phỏng theo sơ đồ bài toán phẳng. Vì hồ đào đối xứng nên chỉ cần xét một nửa bài toán. Độ sâu hồ đào  $H_k = 15,2\text{m}$ .
- Để mô hình hóa trạng thái ứng suất khối đất sử dụng lưới phần tử hữu hạn bao gồm các phần tử tam giác 15 điểm nút. Sự làm việc của đất nền được mô phỏng theo mô hình Mohr – Coulomb. Lưới được làm mịn cục bộ tại những chỗ thay đổi ứng suất.
- Tường cừ được mô phỏng bởi phần tử Plate. Các thông số cho một mét chiều dài tường được thể hiện trong bảng sau:
- Phần tử neo để mô hình hóa thanh chống hoặc hệ sàn chống BTCT trong phương pháp thi công Top - Down.
- Phần tử khối - các phần tử tuyến tính để mô hình hóa kết cấu xây dựng, tác động tương hỗ với nền đất.



*Hình 3.3. Lưới phần tử hữu hạn*

Kết cấu chắn giữ hồ đào được rời rạc hóa bằng cách chia theo chiều đứng thành hữu hạn các phần tử với khoảng cách thông thường 1-2 m. Để

đơn giản hóa tính toán, vị trí đột biến về mặt cắt, tải trọng, hệ số nền của nền đàn hồi và điểm chống đều lấy làm điểm liên kết (nút).

Trường hợp thi công được xem xét tính toán. Trình tự thi công hố móng như sau:

***Đối với phương pháp thi công ép cừ thép:***

- Giai đoạn 1: Đóng cừ larsen bao quanh hố móng, đào hố móng từ cao trình mặt nền (+0.00m) xuống cao trình (-3,2m).

- Giai đoạn 2: Lắp thanh chống ngang thứ nhất tại cao trình (-2m).

- Giai đoạn 3: Đào xuống cao trình (-6,2m); Lắp thanh chống ngang thứ hai tại cao trình (-4m).

- Giai đoạn 4: Đào xuống cao trình (-9,2m); Lắp thanh chống ngang thứ ba tại cao trình (-7m).

- Giai đoạn 5: Đào xuống cao trình (-12,2m); Lắp thanh chống ngang thứ tư tại cao trình (-10m).

- Giai đoạn 6: Đào xuống cao trình đáy hố móng (-15,2m); Lắp thanh chống ngang thứ năm tại cao trình (-13m).

***Đối với phương pháp thi công Top Down:***

- Giai đoạn 1: Thi công tường trong đất, sàn BTCT sàn tầng 1 tại cao trình +0.00m.

- Giai đoạn 2: Đào đất tầng hầm 1, thi công sàn BTCT sàn tầng hầm 1 tại cao trình -3.2m.

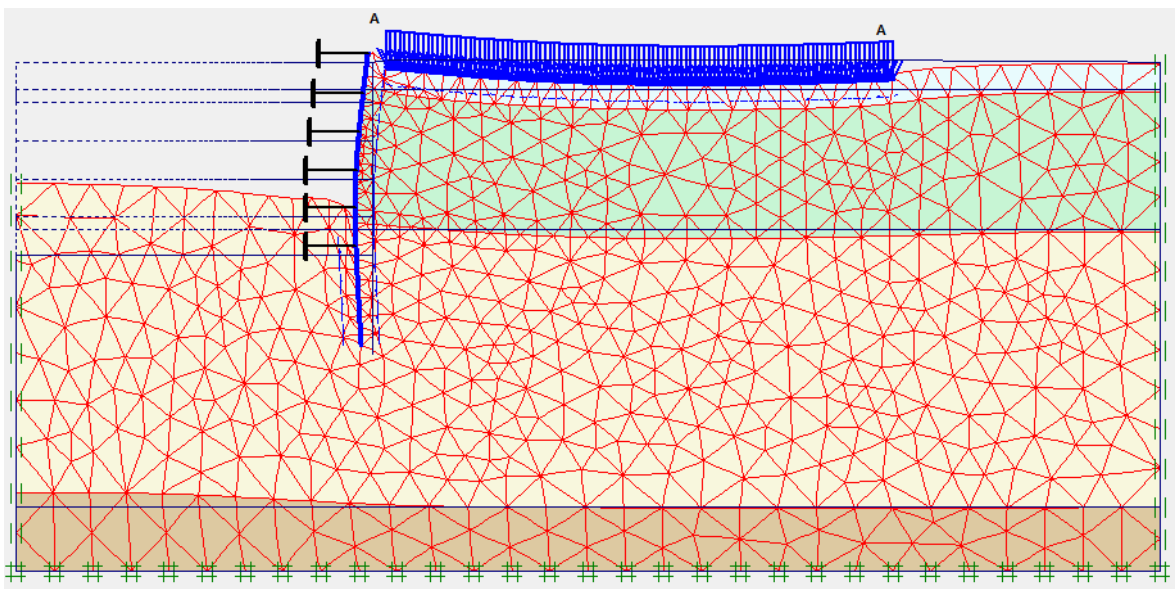
- Giai đoạn 3: Đào đất tầng hầm 2, thi công sàn BTCT sàn tầng hầm 2 tại cao trình -6.2m.

- Giai đoạn 4: Đào đất tầng hầm 3, thi công sàn BTCT sàn tầng hầm 3 tại cao trình -9.2m.

- Giai đoạn 5: Đào đất tầng hầm 4, thi công sàn BTCT sàn tầng hầm 4 tại cao trình -12.2m.

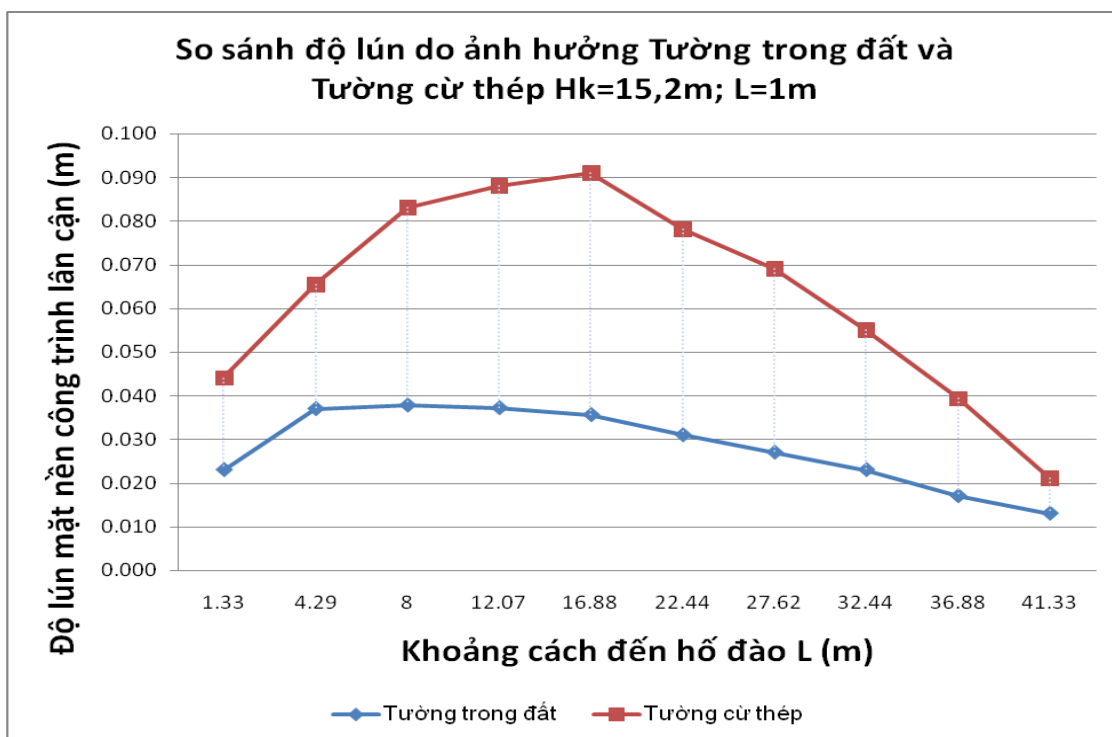
- Giai đoạn 6: Đào đất tầng hầm 1, thi công sàn BTCT sàn tầng hầm 5 tại cao trình -15.2m.

Phần mềm Plaxis Version 8.2 được dùng để phân tích biến dạng. Hình dưới thể hiện kết quả tính toán biến dạng tại giai đoạn cuối cùng khi đào đến đáy hố móng và lắp đặt các thanh chống ngang.



*Hình 3.4. Lưới biến dạng khi đào xuống đáy hố móng*

Dưới đây là biểu đồ thể hiện kết quả tính lún công trình lân cận hố đào sâu đối với hai loại tường vây khác nhau:



Hình 3.5. Biểu đồ so sánh độ lún công trình theo phương pháp phân tử hữu hạn.

**d/ Phân tích biểu đồ:**

Từ biểu đồ hình 3.3 và 3.6 ta nhận thấy trong cùng một điều kiện địa chất như nhau, độ lún nền nhà lân cận khi gia cường hố đào bằng tường cừ thép hình hoặc tường trong đất BTCT thay đổi là đáng kể. Mức độ gây lún do kết cấu tường cừ là lớn hơn nhiều so với kết cấu “tường trong đất” thi công Top – Down.

Khi cùng điều kiện về độ sâu hố đào, độ sâu móng công trình, khoảng cách tới hố đào, các nhà lân cận nhận được độ lún lớn nhất khi gia cường bằng tường cừ thép hình và nhỏ nhất khi gia cường hố đào bằng sàn BTCT trong phương pháp Top – Down.

Biểu đồ hình 3.3 cho thấy: càng ở khu vực gần hố đào, mức độ lún của công trình lân cận càng tăng, khoảng cách giữa 2 biểu đồ độ lún của 2 loại

tường chắn hố đào có sự khác biệt lớn nhất (tại vị trí ứng với  $L=1\text{m}$ ), càng xa hố đào mức độ lún càng giảm dần, đồng thời biểu đồ lún do ảnh hưởng của 2 loại tường chắn hố đào càng gần về bằng nhau.

Tuy nhiên theo phương pháp phân tử hữu hạn (biểu đồ hình 3.6) khoảng cách giữa 2 biểu đồ độ lún có sự khác biệt lớn nhất (tại vị trí ứng với  $L=16,88\text{m}$ ) còn trong phương pháp dầm trên nền đàn hồi, khoảng cách lớn nhất lại tại vị trí  $L = 1\text{m}$ . Lý do là phương pháp PTHH đã kể tới độ võng mặt nền, sự biến dạng trong đất nền tại vị trí dưới dầm móng và ngoài dầm móng có sự thay đổi lớn.

### **3.6. Tính toán độ lún công trình lân cận do ảnh hưởng của thi công hố đào sâu đến theo các dạng địa chất khác nhau:**

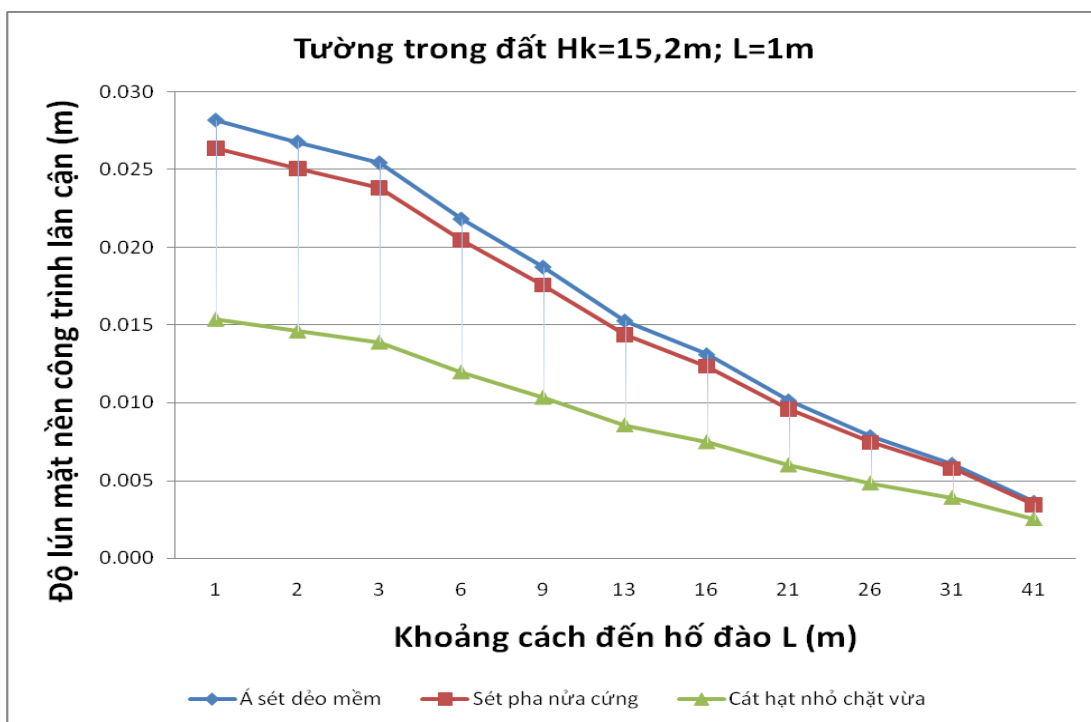
Xét hai phương án kết cấu chắn giữ hố đào bằng “tường trong đất” thi công theo phương pháp Top – Down và phương án kết cấu chắn giữ hố đào bằng tường cừ thép hình .

Phương án đặt công trình lân cận (nhà bảo tàng) đặt trên nền đất số 2: loại đất **á sét dẻo mềm** (theo trụ địa chất 1 tương ứng khu vực xây dựng tại Hoàn Kiếm)

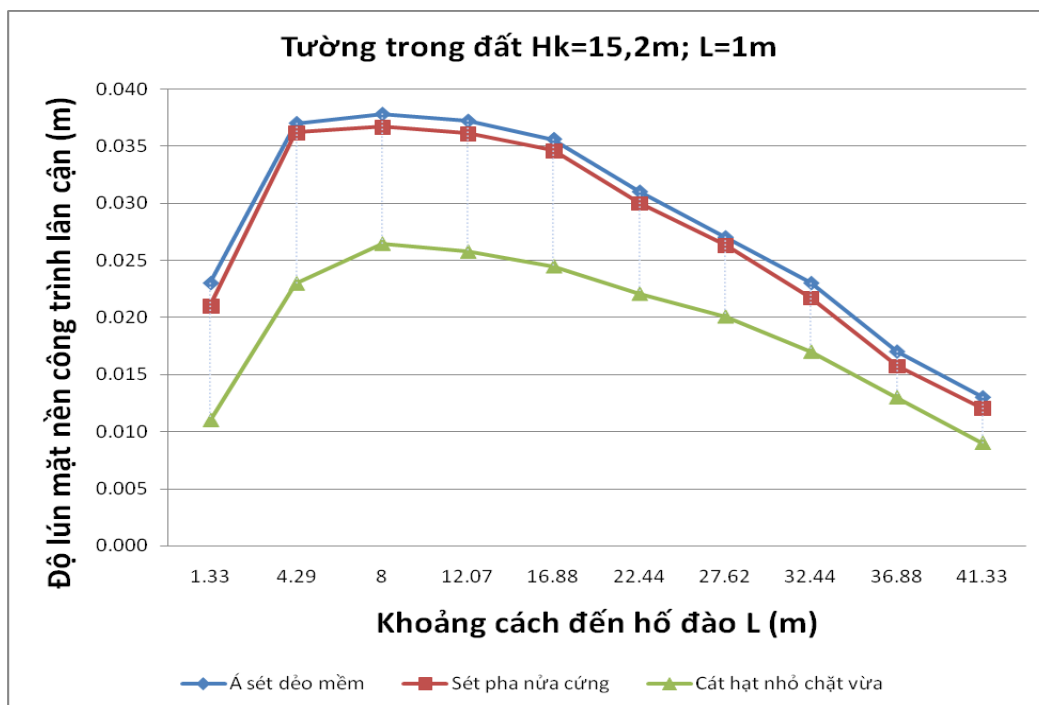
Phương án đặt công trình lân cận (nhà bảo tàng) đặt trên nền đất số 2: loại đất **sét pha nửa cứng** (theo trụ địa chất 2 tương ứng khu vực xây dựng tại Hà Đông)

Phương án đặt công trình lân cận (nhà bảo tàng) đặt trên nền đất số 3: loại đất **cát hạt nhỏ chặt vừa** (theo trụ địa chất 3 tương ứng khu vực xây dựng tại Long Biên)

Dưới đây là biểu đồ thể hiện kết quả tính lún công trình lân cận hố đào sâu theo các dạng địa chất khác nhau:

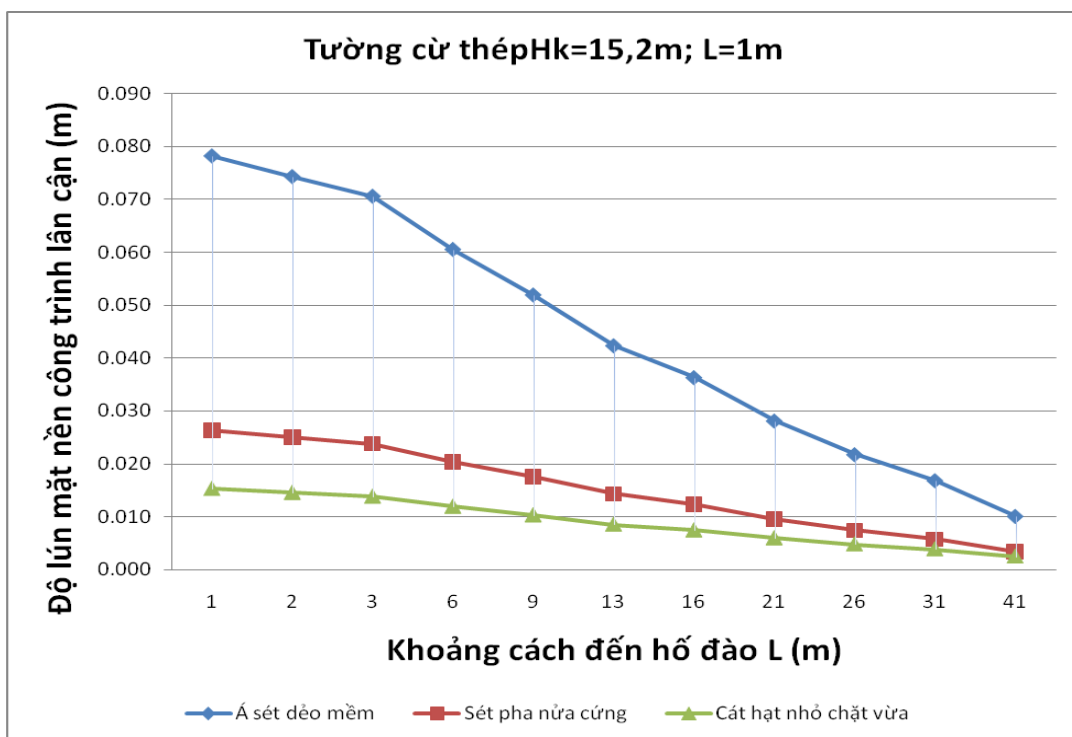


Hình 3.6. Biểu đồ so sánh độ lún công trình theo phương pháp dầm trên nền đàn hồi.

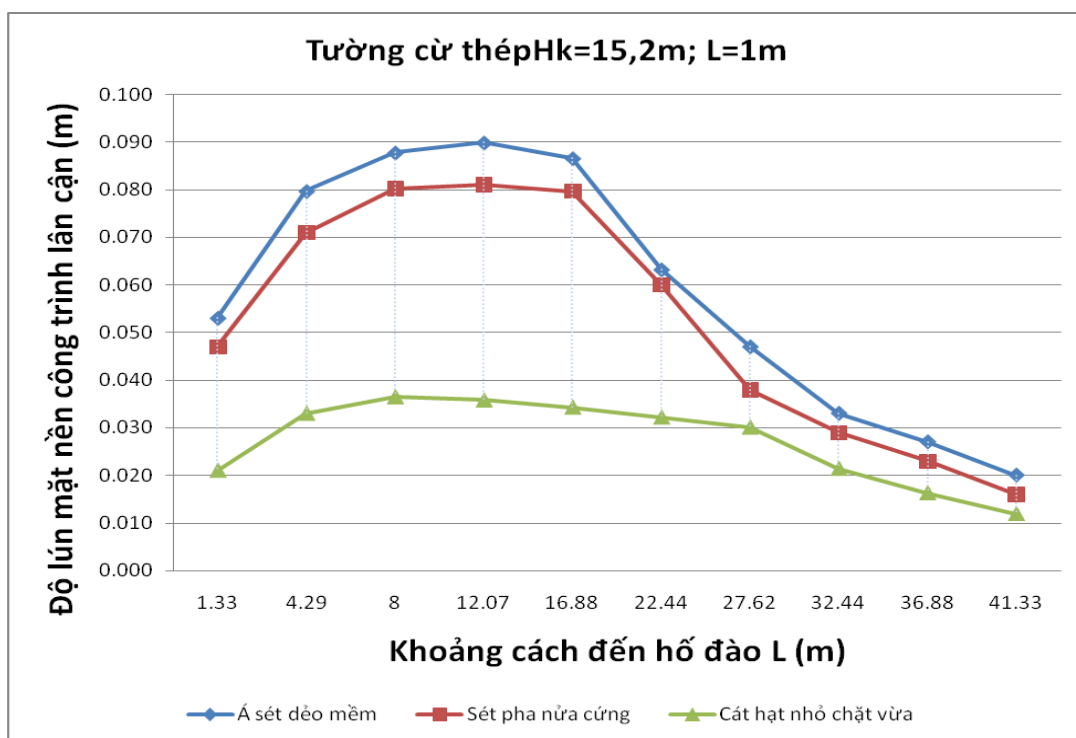


Hình 3.7. Biểu đồ so sánh độ lún công trình theo phương pháp PTHH





Hình 3.8. Biểu đồ so sánh độ lún công trình theo phương pháp dầm trên nền đàn hồi.



Hình 3.9. Biểu đồ so sánh độ lún công trình theo phương pháp PTHH

### **Phân tích biểu đồ:**

Từ các biểu đồ hình 3.7, 3.8, 3.9 và 3.10 ta nhận thấy: Khi sử dụng kết cấu chắn giữ hố đào bằng “tường trong đất” thi công theo phương pháp Top – Down và tường cừ thép hình độ lún mặt nền công trình lân cận hố đào lớn hơn khi đất nền là đất á sét dẻo mềm và đất sét pha nửa cứng với chỉ số độ chặt và biến dạng thấp, ngược lại, độ lún mặt nền công trình lân cận sẽ thấp khi đất nền là đất cát hạt nhỏ chặt vừa.

Từ biểu đồ thấy rằng: Khi cùng điều kiện về độ sâu hố đào, phương pháp thi công, độ sâu móng công trình, khoảng cách tới hố đào, các nhà lân cận nhận được độ lún lớn nhất khi đất nền á sét dẻo mềm và độ lún bé nhất khi đất nền là cát hạt nhỏ độ chặt trung bình.

Càng ở khu vực gần hố đào, mức độ lún của công trình lân cận càng tăng, khoảng cách giữa các giá trị độ lún lớn, càng xa hố đào mức độ lún giảm dần, đồng thời khoảng cách giữa các giá trị độ lún giảm nhanh.

### **3.7. Các biện pháp bảo vệ nhà gần hố đào sâu.**

Độ lún của ngôi nhà lân cận bị ảnh hưởng rõ rệt bởi các điều kiện địa chất khác nhau và bởi các loại kết cấu tường chắn khác nhau. Để đảm bảo an toàn cho ngôi nhà, độ lún tính được phải đảm bảo nhỏ hơn giá trị giới hạn cho phép hoặc theo quan điểm đảm bảo an toàn cho các công trình hiện có.

Để cho độ lún công trình hiện có không vượt quá giá trị cho phép khi xây dựng công trình chôn sâu cần thỏa mãn điều kiện sau:

$$\frac{(H_k - h)}{L} \leq tg\varphi_1 + \frac{c_1}{p_1}$$

Trong đó  $\varphi_1$  và  $c_1$  – tương ứng là giá trị tính toán góc ma sát trong và lực dính của đất khi tính theo trạng thái giới hạn thứ nhất;  $p_1$  – áp lực trung bình dưới

để móng công trình hiện có từ tải trọng tính toán xác định để tính toán nền theo khả năng chịu lực.

Công tác khảo sát địa chất khu vực xây dựng cần phải kỹ lưỡng và cẩn thận với các phân việc và khối lượng phải đảm bảo dự đoán được biến dạng của nền công trình hiện có do công trình xây dựng mới gây nên.

Nếu dùng cọc ván thép hoặc cọc Larxen để làm tường cừ giữ hố đào sâu phải chú ý:

Chỉ nên dùng cọc Larxen cho hố đào có chiều sâu nhỏ hơn 10m, ví dụ từ 1 đến 2 tầng hầm.

- Phải cắm được chân của tường vây vào tầng đất loại sét (sét hoặc sét pha) tốt (đeo cứng, nửa cứng) để đảm bảo không cho nước dưới đất xâm nhập vào tầng hầm

- Nên dùng cọc lắ xen tốt, không bị cong vênh để tránh nước thấm vào hố đào qua tường vây. Cần cân nhắc xem khi nào thì dùng cọc ván thép làm tường cừ tạm thời hay vĩnh viễn để tránh trường hợp khi rút tường cừ lên sẽ làm lún nứt các công trình xung quanh.

- Khi thi công tường cừ thép cần có biện pháp giảm thiểu chấn động đến nền và móng công trình lân cận. Việc bơm hút nước trong hố đào sẽ làm cho áp lực nước lỗ rỗng trong đất nền thay đổi và làm cho nền đất dưới móng công trình lân cận bị lún, do đó khi thi công hố đào mở, trước khi tiến hành bơm hút nước hố đào cần xem xét kỹ điều kiện địa chất thủy văn, kết quả khảo sát địa chất và phải thường xuyên theo dõi, giám sát.

Nếu dùng tường trong đất làm tường tầng hầm thì cần chú ý những điều sau đây:

- Tường trong đất dùng cho công trình có hố đào sâu trên 10m là cần thiết và hiệu quả (ví dụ như nhà cao tầng có từ 2 tầng hầm trở lên).

- Chân tường trong đất phải đặt vào tầng đất loại sét (sét, sét pha) tốt, có trạng thái dẻo cứng, nửa cứng và cứng để đảm bảo ổn định cho tầng hầm và chống thấm tốt cho hố đào sâu và cho tầng hầm

- Khi thi công tường trong đất, phải dùng Bentonite thích hợp để tránh sạt lở hố đào. Nếu nền đất loại cát nhỏ và cát pha bão hòa nước thì phải dùng loại Bentonite đặc biệt có dung trọng  $d = 1.15\text{g/cm}^3$

- Phải thực hiện nghiêm túc qui trình thi công bê tông để đảm bảo chất lượng, tránh khuyết tật và bê tông xấu. Phải có giooăng chống thấm tốt giữa các barét, và chất lượng bê tông tốt, đặc chắc với mác  $\geq 300$  của từng barét thì mới đảm bảo chống thấm tốt cho công trình ngầm.

- Khi mặt bằng hẹp thì có thể dùng phương pháp chống đỡ bằng khung thép hình, bằng phương pháp Tops down toàn phần để đảm bảo ổn định cho tường tầng hầm. Khi mặt bằng tầng hầm lớn thì có thể dùng phương pháp Tops down từng phần hoặc dùng neo trong đất để ổn định tường tầng hầm.

Khi dùng phương pháp Tops down, phải chú ý đặt ống vách tạm thời khi đổ bê tông dưới cốt đáy tầng hầm cuối cùng (sâu nhất) ít nhất là 2m và hàn cố định thanh thép hình (Kingpods) vào khung lồng cốt thép của cọc khoan nhồi, hoặc tốt nhất là cọc Barét đến 1/3 chiều dài cọc để đảm bảo bê tông tốt cho cọc và định vị chính xác cho thép hình (Kingpots).

- Khi bơm hút hạ mực nước ngầm phải chú ý đảm bảo ổn định của các công trình lân cận.

- Phải kiểm tra chất lượng bê tông (tốt nhất là dùng phương pháp sonic) đầy đủ số lượng theo tiêu chuẩn ( $\geq 25\%$ ) để phát hiện được các khuyết tật bê tông (nếu có), có biện pháp xử lý kịp thời.

Ngoài ra cần phải thực hiện việc theo dõi thường xuyên trạng thái các công trình lân cận nằm trong điều kiện địa chất yếu hay nằm trong vùng ảnh hưởng của hố đào.

Các phương pháp chính bảo vệ các công trình hiện có nằm trong vùng ảnh hưởng xây dựng mới là:

- Tăng cường nền móng cũng như kết cấu bên trên: tăng cường diện tích gối tựa cho móng băng hoặc cột hiện có, xây dựng móng bổ sung, mở rộng móng, chuyển móng lên cọc các dạng khác nhau, gia cường đất nền. Hiệu quả nhất và an toàn nhất là các phương pháp tăng cường nền móng nhờ cọc ép, xoắn, khoan bơm, cọc nhồi và gia cường xi măng (công nghệ jet grouting) nghĩa là công nghệ không tạo nên tải trọng động.

- Xây dựng tường cách ly (phân nhánh). Độ cứng và chiều sâu tường phân cách được xác định bằng tính toán và cần đảm bảo hạn chế chuyển vị ngang của đất trong nền công trình hiện có. Tường ngăn có thể sử dụng: “Tường trong đất”, tường cừ, tường từ các loại cọc và các phương pháp hạ khác nhau.

- Gia cường nền đất bằng vữa đông cứng với khối lượng hạn chế. Để hạn chế ảnh hưởng của hố đào sâu, các biện pháp bảo vệ được sử dụng là:

- Bố trí màng ngăn cách bằng cọc vít, cọc xi măng đất, cọc giao nhau hoặc cọc tiếp xúc nhau;
- Đặt móng lên nền cọc khoan bơm, đất gia cố xi măng, cọc đóng;
- Gia cường hóa chất.
- Khảo sát kỹ hiện trạng khu xây dựng, đánh giá khả năng, mức độ ảnh hưởng của công trình lân cận.
- Quan trắc chuyển vị và biến dạng của công trình lân cận trong quá trình thi công

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Kết luận

Trong luận văn đã sử dụng phương pháp tính toán dầm trên nền đàn hồi để tính toán độ lún nhà lân cận hố đào sâu và độ lún bề mặt đất nền khi so sánh với kết quả quan trắc thực tế. Ngoài ra để chính xác hóa kết quả tính toán, tác giả luận văn đã sử dụng thêm phương pháp PTHH. So với phương pháp dầm trên nền đàn hồi, phương pháp phần tử hữu hạn có ưu điểm hơn vì ngoài độ lún, nó còn cho kết quả tính chuyển vị ngang của đất nền và nội lực trong kết cấu chắn giữ hố đào. Trong thực tế khi thi công hố đào sâu thì chuyển vị ngang cũng cần được quan tâm.

Khi sử dụng kết cấu chắn giữ hố đào bằng “tường trong đất” thi công theo phương pháp Top – Down và tường cừ thép hình độ lún mặt nền công trình lân cận hố đào lớn hơn khi đất nền là đất á sét dẻo mềm và đất sét pha nửa cứng với chỉ số độ chặt và biến dạng thấp, ngược lại, độ lún mặt nền công trình lân cận sẽ thấp khi đất nền là đất cát hạt nhỏ chặt vừa.

Trong cùng một điều kiện địa chất như nhau, độ lún nền nhà lân cận khi gia cường hố đào bằng tường cừ thép hình hoặc tường trong đất BTCT thay đổi là đáng kể. Mức độ gây lún do kết cấu tường cừ là lớn hơn nhiều so với kết cấu “tường trong đất” thi công Top – Down.

Với cùng điều kiện về độ sâu hố đào, phương pháp thi công, độ sâu móng công trình, khoảng cách tới hố đào, kết quả tính toán giữa lý thuyết và thực tế có sự khác biệt. Biểu đồ độ lún đo được bằng quan trắc thực tế cho thấy chuyển vị lún nền đạt giá trị lớn nhất không phải ở gần hố đào, lý do là phương pháp gia cố hố đào bằng hệ dầm sàn BTCT trong phương pháp Top – Down ngay tại cốt mặt đất đã giảm chuyển vị đáng kể của những điểm gần hố đào. Ngoài ra biểu đồ cho thấy phương pháp PTHH cho kết quả gần với thực tế hơn.

## **2.Kiến nghị**

Trong luận văn đã giải quyết bài toán xác định độ lún do ảnh hưởng của các loại tường chắn và đất nền khác nhau, đồng thời tác giả luận văn đã cố gắng so sánh với số liệu thực tế. Tuy nhiên, tác giả luận văn chỉ xét đến một số loại đất đặc trưng ở Hải Phòng, hệ số nền lấy để tính toán dựa trên công thức lý thuyết. Để kiểm nghiệm các kết quả tính độ lún của nền theo các phương pháp khác nhau cần các số liệu đo biến dạng ngoài hiện trường.

Phương hướng nghiên cứu tiếp theo cần mở rộng xét đến ảnh hưởng của hố đào sâu đến công trình lân cận do công nghệ thi công, xác định hệ số nền thực tế, nghiên cứu cho nhiều loại đất hơn để có kết quả đánh giá tốt nhất.

Công tác khảo sát địa chất cần phải tuân thủ các tiêu chuẩn, quy chuẩn xây dựng hiện hành, đồng thời chú trọng đảm bảo số liệu địa chất có độ chính xác cao.

Trong công tác thiết kế và thi công cần phải tính toán lựa chọn nhiều giải pháp gia cường, chắn giữ hố đào khác nhau nhằm tìm ra giải pháp tối ưu, tránh ảnh hưởng lớn tới công trình lân cận. Tại giai đoạn thiết kế cần thiết có biện pháp công nghệ thi công đất để giữ gìn tốt nhất tránh thiệt hại đối với nhà hiện có và đánh giá khối lượng dự kiến đối với biện pháp bảo vệ chúng.

Để hạn chế các sự cố do hư hỏng cục bộ của hệ tường vây cần thiết tăng cường công tác giám sát lựa chọn nhà thầu thi công có nhiều kinh nghiệm cùng với việc xử lý công việc bằng những thiết bị hiện đại.

Khi xây dựng công trình có nhiều tầng hầm, phải chú trọng công tác đo đạc quan trắc chuyên dịch đất nền xung quanh khu vực xây dựng.

Ngoài ra công việc khảo sát tính chất, quy mô công trình lân cận cũng cần phải hết sức coi trọng, giảm thiểu rủi ro, sự cố cho các công trình này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Hồng Nam, Đỗ Văn Thiệu, Bài Báo “*Ảnh hưởng của hố đào sâu đến lún mặt nền công trình lân cận*”.
2. PGS.TS Nguyễn Bá Kế - “*Thiết kế và thi công hố đào sâu*”. NXB xây dựng 2000
3. GS.TSKH Nguyễn Văn Quảng - “*Nền móng nhà cao tầng*”. NXB Khoa Học và Kỹ Thuật.
4. Lê Xuân Thuởng, Đinh Xuân Bảng, Nguyễn Tiên Cường, Phí Văn Lịch – “*Cơ sở thiết kế công trình ngầm*” -NXB khoa học kỹ thuật-1981
5. Chu Quốc Thắng-“*Phương pháp phân tử hữu hạn*” NXB khoa học kỹ thuật-1997
6. Trần Thanh Giám, Tạ Tiên Đạt - “*Tính Toán Thiết Kế Công Trình Ngầm*”NXB Xây Dựng - 2002.
7. TS.Nguyễn Đức Nguyên - “*Địa Kỹ Thuật Trong Xây Dựng Công Trình Ngầm*”- NXB Xây Dựng 2008 .
8. Nguồn Internet .