

Các giải pháp thiết kế và thi công tầng hầm nhà cao tầng

I. Đặt vấn đề

Trong thiết kế nhà cao tầng hiện nay ở Hà Nội, 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.

Bài này đề cập đến các giải pháp thiết kế, thi công hiện nay cho dạng công trình này và ưu nhược điểm của từng giải pháp. Đồng thời so sánh các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật giữa các giải pháp thiết kế - thi công dùng tường cừ thép, tường vây barrette và các giải pháp thi công khác để qua đó rút ra những tổng kết ban đầu cho công tác thiết kế, thi công tầng hầm trong nhà cao tầng nhằm đáp ứng được công năng sử dụng và giá thành hợp lý trên địa bàn Hà Nội.

II. Tổng quan việc thiết kế nhà cao tầng có tầng hầm ở Hà Nội

Hiện nay công trình nhà cao tầng thường có từ một đến hai tầng hầm, trong đó nhà một tầng hầm là chủ yếu. Bảng 1. Thống kê một số công trình có hai tầng hầm trên địa bàn thành phố.

Bảng 1

TT	Tên công trình	Thiết kế	Đơn vị thi công	Đặc điểm thi công tầng hầm
1	Văn phòng và chung cư 27 Láng Hạ	CDCC	Bachy Soletanche Cty XD số 1 HN	- Tường barrette - Đào hở, chống bằng dàn thép
2	Trụ sở kho bạc NN 32 Cát Linh	CDCC	Delta	- Tường barrette - Top – down
3	Toà nhà 70-72 Bà Triệu	CDCC	Delta	- Tường barrette - Top – down
4	VP và Chung cư 47 Huỳnh Thúc Kháng	VNCC	Đông Dương	- Tường barrette - Top – down
5	Toà nhà Vincom 191 Bà Triệu	VNCC	Delta	- Tường barrette - Top – down

6	Chung cư cao tầng 25 Láng hạ	VNCC	Cty XD số 1 HN	- Tường barrette - Top – down
7	TT Viễn thông VNPT 57 Huỳnh Thúc Kháng	CDC	Bachy Soletanche	- Tường barrette - Không chống
8	Toà nhà tháp đôi HH4 Mỹ Đình	CDC	TCty XD Sông Đà	- Tường barrette - Đào hờ, chống bằng dàn thép
9	Trụ sở văn phòng 59 Quang Trung	Cty KT&XD-Hội KTS	Cty XD số 1, HN	- Tường barrette - Top – down
10	Ocean Park số 1 Đào Duy Anh	Tr. ĐH KT HN	Cty XD số 1, HN	- Tường bê tông thường - Cọc xi măng đất
11	Khách sạn Sun Way 19 Phạm Đình Hổ			- Tường barrette - Neo trong đất
12	Toà nhà tháp Vietcombank		Indochine Group	- Tường barrette - Neo trong đất
13	Pacific Place* 83 Lý Thường Kiệt	Archtype, Pháp	Cty XD Sông Đà 2	- Tường barrette - Top – down

* Riêng công trình Pacific Place có 05 tầng hầm.

Thống kê:

a.Loại tường:

- Tường barrette: 92%

- Tường bê tông thường: 8%

b. Phương pháp thi công hầm:

- Chống bằng thép hình: 15%;

- Top - down: 54%;

- Neo trong đất: 15%;

- Cọc xi măng đất: 8%;

- Không chống: 8%.

III. Các giải pháp thi công chủ yếu tường hầm

Khi thi công tầng hầm cho các công trình nhà cao tầng, một vấn đề phức tạp đặt ra là giải pháp thi công hố đào sâu trong khu đất chật hẹp liên quan đến các yếu tố kỹ thuật và môi trường. Thi công hố đào sâu làm thay đổi trạng thái ứng suất, biến dạng trong đất nền xung quanh khu vực hố đào và có thể làm thay đổi mực nước ngầm dẫn đến nền đất bị

dịch chuyển và có thể lún gây hư hỏng công trình lân cận nếu không có giải pháp thích hợp.

Các giải pháp chống đỡ thành hố đào thường được áp dụng là: tường cừ thép, tường cừ cọc xi măng đất, tường cừ barrette. 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.

Dưới đây tóm tắt các giải pháp thiết kế, thi công chủ yếu phục vụ việc chống giữ ổn định thành hố đào sâu:

1. 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:

1.1. 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.

a. 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.

b. Nhược điểm: độ cứng tổng thể nhỏ, mất nối ghép nhiều. Nếu cấu tạo mất 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 mất nối bị biến dạng.

1.2. 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. 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.

1.3. 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.

2. Tường bao bê tông dày 300-400mm

2.1 Giữ ổn định bằng tường cừ thép

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 trực 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.

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 cố hố đào.

2.2. Giữ ổn định bằng cọc Xi măng đất

Cọc xi măng đất hay cọc vôi đất là phương pháp dùng máy tạo cọc để trộn cưỡng 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. Tại công trình Ocean Park (số 1 - Đào Duy Anh - Hà Nội) đã dùng tường cừ bằng cọc xi măng đất sét. Địa hình khu đất trước khi xây dựng tương đối bằng phẳng, phần lớn khoảng lưu không có chiều rộng trên 5m. Chiều sâu hố móng cần đào: phần giữa sâu 7.8m; phần lớn sâu 6.5m.

Bảng 2

Độ sâu hố đào (m)	Giải pháp
$H \leq 6m$	- Tường cừ thép (không hoặc 1 tầng chống, neo) - Cọc xi măng đất (không hoặc 1 tầng chống, neo)
$6m < H \leq 10m$	- Tường cừ thép (1-2 tầng chống, neo) - Cọc xi măng đất (1-2 tầng chống, neo) - Tường vây barrette (1-2 tầng chống, neo) tùy theo điều kiện nền đất, nước ngầm và chiều dài tường ngấp sâu vào nền đất.
$H > 10m$	- Tường vây barrette (≥ 02 tầng chống, neo) - Tường cừ thép (≥ 2 tầng chống, neo) nếu điều kiện địa chất và hình học hố đào thuận lợi.

IV. Thiết kế ổn định kết cấu chắn giữ hố móng

1. Các yêu cầu đặt ra trong thiết kế

- An toàn tin cậy
- Tính hợp lý về kinh tế.
- Thuận lợi và bảo đảm thời gian thi công.

2. Thiết kế ổn định tường chắn

Lựa chọn và bố trí kết cấu chắn giữ hố móng;

Có thể sơ bộ lựa chọn kết cấu chắn giữ theo độ sâu hố đào (H) như sau:

2.1. Kết cấu chắn giữ hố móng không hoặc một tầng chống, neo.

Tham khảo tài liệu: Cẩm nang dành cho kỹ sư địa kỹ thuật - Trần Văn Việt; Thiết kế móng sâu - Nguyễn Bá Kế.

2.2. Thiết kế tường chắn nhiều hàng neo, chống.

Gồm thiết kế tường chắn và thiết kế hệ neo chống. Cả hai công việc này đều dựa trên kết quả tính toán nội lực và chuyển vị trong tường chắn.

Các phương pháp tính toán tường chắn:

- Phương pháp 1: Dùng sơ đồ phân bố áp lực đơn giản của Tarzaghi và Peck, 1967 và tính toán tường chắn như một dầm liên tục tựa lên các gối là thanh chống hoặc neo.
- Phương pháp 2: Dùng chương trình phần mềm nền móng chuyên dụng PLAXIS 2D (Hà Lan) hoặc GEOSLOPE (Canada).

Thực tế cho thấy chỉ có dùng chương trình phần mềm địa kỹ thuật chuyên dụng mới có thể giải quyết ổn thỏa bài toán tường chắn nhiều tầng neo chống.

Chương trình PLAXIS 2D cho phép mô tả kết cấu chắn giữ bằng các thông số hình học

(chiều dài, tiết diện, mômen quán tính), loại vật liệu (trọng lượng riêng); tiết diện, cường độ, khoảng cách các thanh neo chống; các thông số cơ bản của nền đất (γ , c , ϕ , k , E), các chế độ nền đất thoát nước hay không, các loại tải trọng trên mặt đất. Các mô hình tính toán của chương trình (đàn hồi tuyến tính, đàn hồi dẻo tuyệt đối, đất mềm, đất yếu). Đặc biệt, chương trình đưa ra kết quả mô phỏng ở các giai đoạn thi công khác nhau của hố đào. Các kết quả nếu được hiệu chỉnh theo kinh nghiệm xây dựng, các số liệu quan trắc tại địa phương thì sẽ cho kết quả khả quan.

3. Tính toán thiết kế cơ cấu giữ ổn định tường chắn

3.1. Phương pháp tính toán ổn định hệ dàn chống bằng thép hình

Mô hình hệ dàn chống bằng chương trình tính toán kết cấu không gian (chương trình SAP, Etabs, Staad...) tính toán sự ổn định và khả năng chịu lực của tiết diện thanh chống và cột chống dưới tác động của tải trọng ngang; áp lực gây ra do đất nước và hoạt tải đứng.

3.2 Phương pháp tính toán neo phụt

(Tham khảo Tiêu chuẩn Anh BS 8081: 1989) Về cơ bản, việc thiết kế hệ thanh neo trong đất bao gồm các công việc sau:

- Xác định sức kháng cắt của đất tại khu vực bầu neo.
- Thiết kế số tầng thanh neo, khoảng cách thanh neo, góc nghiêng.
- Tính toán ổn định tổng thể thanh neo.

3.3. Tính toán kiểm tra ổn định kết cấu tường vây - sàn hầm bằng phương pháp thi công Top - down

Kiểm tra ổn định và khả năng chịu lực của sàn hầm dùng để giữ ổn định xô ngang của tường hầm bằng chương trình tính toán kết cấu không gian (Sap, Etabs, Staad...).

V. So sánh chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật cho giải pháp tường cừ thép và tường barrette trong thi công nhà cao tầng có 2 tầng hầm

Dưới đây, chúng tôi so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật tại một công trình có 02 tầng hầm mà ở đó 02 giải pháp khác nhau là khả thi về mặt kỹ thuật.

Giải pháp 1: Thiết kế, thi công, giữ ổn định hố đào bằng tường vây barrette, dày 600mm, sâu 16m;

Giải pháp 2: Thiết kế tường bao bê tông dày 400mm, sâu 7,3m, giữ ổn định bằng cừ thép dài 12m..

Bảng 3. So sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật theo các giải pháp thiết kế

T T	Chỉ tiêu so sánh	Đơn vị	Vật liệu		Giá XL (triệu VND)	
			Cừ thép + tường D400	Tường Barrette D600	Cừ thép + tường D400	Tường Barrette D600
1	Cừ thép 12m	m	227	0	681	0
2	Tường BT chu vi 203m	m ³	593	1949	1779	9745
3	Công tác đất ngoài chu vi CT	m ³	4200	0	168	0
Tổng Gxl phần ngầm 25,5 tỷ. Phương án Cừ thép tiết kiệm 7,1 tỷ đồng (28% Gxl phần ngầm)					2628	9745

VI. So sánh chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật với giải pháp giữ ổn định tường vây barrette bằng hệ dàn thép và phương pháp thi công Top - down

Chúng tôi so sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật tại một công trình có 02 tầng hầm, giải pháp thiết kế là tường vây barrette, cọc khoan nhồi. Các giải pháp chống giữ hố đào là:

Giải pháp 1: giữ ổn định tường vây barrette bằng hệ dàn thép hình chữ H, 2 tầng chống;

Giải pháp 2 : giữ ổn định tường vây barette bằng phương pháp thi công Top - down.

Bảng 4. So sánh các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật theo giải pháp thi công

TT	Chỉ tiêu so sánh	Đơn vị	Vật liệu		Giá XL (triệu VND)	
			Chống bằng dàn thép hình	Thi công Top - down	Chống bằng dàn thép hình	Thi công Top - down
1	Cột thép H400 Đào mở: 240m*56.1kg/m Topdown: 160m*56.1kg/m	Tấn	13.5	9.0	162	108
2	Dầm thép H300 Đào mở: 1490m*36.5kg/m	Tấn	54.4	0	653	0
3	Chi phí liên kết của					100

	phương pháp Topdown					
<i>Tổng Gxl phần ngầm 32.6tỷ Phương án Topdown tiết kiệm 0.6 tỷ đồng (60% chi phí BPTC)</i>					815	208

VII. Kết luận

- Giải pháp thiết kế và thi công công trình tầng hầm gắn bó chặt chẽ với nhau do đặc điểm thiết kế kết cấu chắn giữ công trình tầng hầm phụ thuộc vào công nghệ thi công. Kết cấu chắn giữ có thể đồng thời là kết cấu chịu lực vĩnh cửu cho công trình. Do đó giải pháp thi công tổng thể cần được lựa chọn ngay từ khâu thiết kế công trình.
- Công nghệ thi công hiện nay là khá đa dạng. Do đó đơn vị thiết kế và thi công cần phân tích, đưa ra giải pháp thiết kế và thi công phù hợp nhất trong những điều kiện hiện có.
- Về mặt kinh tế, công trình tầng hầm là dạng công trình mà ở đó có thể gây lãng phí nếu lựa chọn giải pháp thiết kế, thi công không phù hợp với đặc điểm dự án.
- Về mặt kỹ thuật, đây là dạng công trình phức tạp; thi công dưới sâu, dễ xảy ra sự cố cho bản thân công trình và các công trình liền kề. Vì vậy, công việc thiết kế, thi công, giám sát thi công phải được đặc biệt coi trọng.