

Các phương pháp tính toán hệ thanh chống tạm trong thi công tầng hầm công trình

Calculation for the temporary strut system in the basement construction

> **NGUYỄN THANH HẢI**

Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Trung, Việt Nam

Email: nguyenthanhhai@muce.edu.vn

TÓM TẮT:

Trong công tác thi công tầng hầm cho nhà cao tầng, hệ thanh chống dùng để chống giữ ổn định cho tường chắn đất đóng vai trò quan trọng, không những phải đảm bảo độ bền, đảm bảo khả năng chịu lực mà còn phải an toàn khi thi công. Bài viết này phân tích 2 bài toán tính hệ thanh chống tạm cho công trình thi công bằng phương pháp đào mở và phương pháp top-down. Mô hình 3D của hệ thanh chống được thiết lập bằng phần mềm ETABS 7.4 và PLAXIS 8.5. Mỗi bài toán được tính toán theo trình tự các bước thi công tại công trường. Kết quả mô hình cho thấy, ứng với mỗi phương pháp thi công khác nhau thì vai trò của thanh chống đứng và thanh chống ngang thay đổi. Theo đó, với phương pháp đào mở thanh chống ngang đóng vai trò chịu lực chính, thanh chống đứng có tác dụng định vị và giữ ổn định cho kết cấu. Ngược lại, theo phương pháp thi công top-down thì thanh chống đứng có nhiệm vụ tiếp nhận toàn bộ tải trọng do sàn bên trên truyền xuống trong quá trình thi công nên cần phải tính toán một cách chi tiết.

Từ khóa: Nhà cao tầng, tầng hầm, thanh chống tạm, thi công đào mở, thi công top-down

ABSTRACT:

In the construction of basements for high-rise buildings, the temporary strut system plays an important role, not only to ensure durability, bearing capacity but also to be safe on the site. This article analyzes the calculating temporary strut system for construction by open excavation method and top-down method. The 3D model of the strut system was established using ETABS 7.4 and PLAXIS 8.5 software. Each case is calculated according to the sequence of construction steps at the construction site. The model results show that, for each different construction method, the role of vertical struts and horizontal struts changes. Accordingly, with the open excavation method, the horizontal strut plays the main bearing role, and the vertical strut has the effect of positioning and stabilizing the structure. In contrast, according to the top-down construction method, the vertical strut is responsible for receiving the entire load transmitted by the upper floor during construction, so it needs to be calculated in detail.

Keywords: High-rise buildings, basement, temporary strut, open excavation method, top-down method.

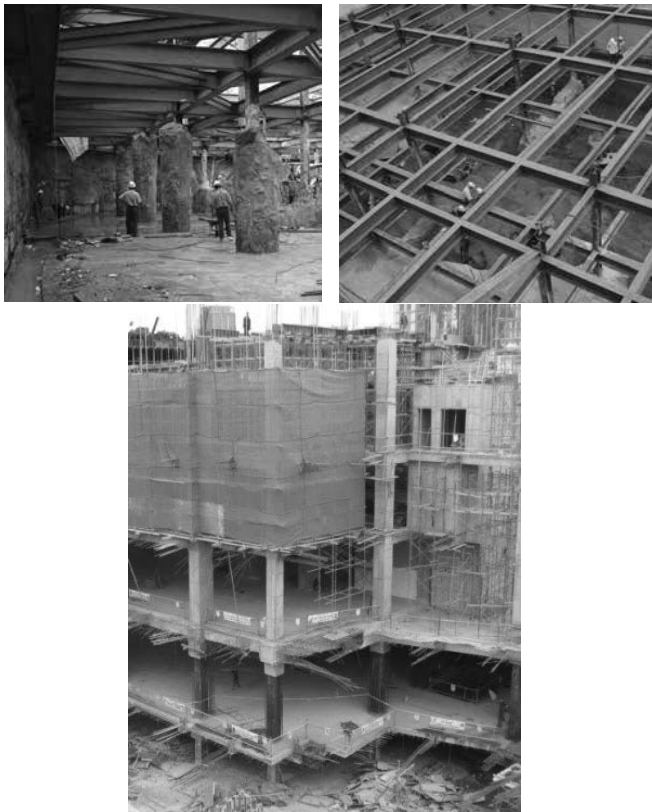
1. Giới thiệu

Hiện nay, với tốc độ đô thị hóa ở nước ta, nhiều công trình cao tầng được xây dựng nhằm đáp ứng với nhu cầu về nhà ở và không gian sử dụng ngày càng tăng. Các công trình có thể có từ 3 đến 4 tầng hầm được thi công trong không gian đô thị chật hẹp, không có nhiều không gian để thi công, mở rộng hố đào. Do đó, lựa chọn các giải pháp thi công sao cho công trình vừa đảm bảo khả năng chịu lực cũng như đảm bảo tính an toàn cho các nhà liền kề luôn được các kỹ sư quan tâm. Hệ thanh chống đỡ vách hố đào đóng vai trò quan trọng trong quá trình thi công công trình. Hệ thống này chủ yếu làm bằng thép hình như hình 1, chống theo phương ngang, phương đứng hoặc xiên. Dựa vào tải trọng công trình và áp lực đất tác dụng lên hệ thanh chống, có thể tính toán xác định được biến dạng và nội lực trong các cấu kiện, từ đó lựa chọn

tiết diện phù hợp cho hệ. Nội lực và biến dạng của hệ sẽ thay đổi tùy theo phương pháp và giai đoạn thi công.

Việc vận chuyển đất ra ngoài hố đào trong thi công tầng hầm sẽ làm thay đổi ứng suất trong đất ở phía bên dưới và bên cạnh hố đào, dễ gây ra hiện tượng biến dạng đất nền và xảy ra hiện tượng lún cho các công trình liền kề. Do đó, khi kết cấu chống đỡ được thiết kế hợp lý thì có thể giảm đáng kể sự thay đổi áp lực ngang trong vùng đất liền kề hố móng, nên có thể giảm độ lún tới giá trị cho phép [1].

Hiện nay, vẫn chưa có tiêu chuẩn hướng dẫn tính toán cho hệ thanh chống trong thi công tầng hầm công trình, việc đưa ra biện pháp tính toán hợp lý là hết sức cần thiết. Bài báo này trình bày phương pháp tính toán hệ thanh chống, bằng cách xây dựng mô hình mô phỏng của hệ tùy thuộc vào điều kiện và loại hình thi công được áp dụng đối với từng công trình cụ thể.

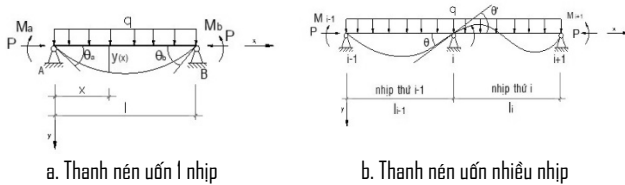


Hình 1. Thanh chống cho tầng hầm công trình

2. Cơ sở lý thuyết

Thanh chống trong tầng hầm công trình là một hệ gồm nhiều thanh ngang, thanh đứng và có thể có nhiều tầng tùy thuộc vào chiều sâu hố đào. Số lượng, chiều sâu, vị trí và số tầng chống phụ thuộc vào phương pháp thi công. Việc xác định nội lực các thanh chống phải dựa vào các phần mềm phân tích kết cấu và tiến hành phân tích bài toán ứng với các tổ hợp tải trọng gây bất lợi nhất. Hiện nay, phương pháp thi công tầng hầm công trình có thể thi công theo 2 phương pháp là theo hướng từ dưới lên (còn gọi là phương pháp đào mở) hoặc thi công từ trên xuống (còn gọi là phương pháp Top-down).

Thanh chống bằng thép hình sử dụng trong công trình được tính toán như thanh chịu nén uốn. Phương pháp tính nội lực và chuyển vị được sử dụng với sơ đồ tính của thanh một nhịp và thanh liên tục nhiều nhịp được thể hiện như hình 2 [2].



Hình 2. Sơ đồ tính của thanh chống [2]

Trong đó: q – tải phân bố đều và tải trọng bản thân trên thanh l – nhịp của thanh

$M_a, M_b, M_{i-1}, M_{i+1}$ – mô men uốn ở đầu thanh nén

P – lực dọc trục thanh nén

$y(x)$ – độ võng tại x

θ_a, θ_b – góc xoay tại tại gối tựa A, B;

θ_i – góc xoay tại tại gối i của nhịp i-1; θ'_i – góc xoay tại tại gối i của nhịp i

Giá trị tải trọng được xác định từ áp lực đất, nước, tải phân bố trên mặt đất tác dụng vào tường chắn, sau đó được truyền từ tường

chấn về thanh chống ngang và thanh chống đứng, các giá trị này luôn thay đổi phụ thuộc vào quá trình thi công. Thanh chống ngang được lắp đặt từ trên xuống theo từng đợt thi công đào đất, và được thay thế bằng dầm sàn BTCT khi thi công bằng phương pháp top-down.

Thanh chống đứng trong thi công top - down thường là thanh chống tạm hoặc cốt cứng trong cột BTCT, giá trị tải trọng được xác định từ tải tác dụng lên sàn BTCT của các tầng hầm và các sàn trên mặt đất đã thi công xong truyền xuống. Số tầng sàn được đưa vào tính toán trong mô hình tương ứng với số tầng sàn thực tế thi công.

Khi thiết lập mô hình tính thì lưu ý là thanh chống đứng có chiều dài lớn nhất được tính từ đỉnh cọc nhồi đến đáy sàn tầng đang thi công, chiều dài giảm dần khi thi công các tầng sàn từ trên xuống, chiều dài thanh ngang là khoảng cách giữa các cột chống và khoảng cách giữa cột chống với tường chắn.

Nội lực và biến dạng của hệ thanh chống sẽ luôn thay đổi theo sự tiến triển của thi công nên việc tính toán thiết kế cần phải được tiến hành ở giai đoạn đặc trưng nhất, đồng thời cần xem xét ảnh hưởng của giai đoạn thi công trước đến giai đoạn thi công sau trong tính toán nội lực và biến dạng này [3].

3. Các phương pháp tính toán

3.1. Phạm vi áp dụng

Hiện nay chưa có tiêu chuẩn hướng dẫn tính toán cụ thể cho hệ thanh chống tầng hầm. Trong bài viết này, tác giả lựa chọn sử dụng phương pháp tính toán cột chống cho công trình có 3 tầng hầm sử dụng phương pháp thi công đào mở và top - down.

Mô hình 3D được thiết lập bằng phần mềm ETABS và PLAXIS, từ giá trị nội lực có được của bài toán, tiết diện thanh chống được lựa chọn và kiểm tra độ bền theo TCVN 5575:2012: Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế [4].

Việc mô phỏng tính toán thanh chống được thực hiện tùy thuộc vào biện pháp thi công. Các số liệu tải trọng trong mô hình được lấy từ công trình thực tế.

3.2. Các dạng bài toán

3.2.1. Dạng bài toán số 1 – Tính toán theo phương pháp đào mở

Phương pháp thi công đào mở là phương pháp cổ điển và được áp dụng khi chiều sâu hố đào không lớn. Theo phương pháp này thì toàn bộ hố đào được đào lên bằng độ sâu đặt móng, có thể dùng thủ công hay cơ giới tùy thuộc vào độ sâu hố đào, điều kiện địa chất thủy văn, khối lượng đất cần đào hoặc khả năng cung cấp máy của đơn vị thi công. Sau khi đào xong, người ta tiến hành thi công công trình theo trình tự thông thường từ dưới lên trên [2].

Thi công theo phương pháp này dễ gây mất ổn định thành hố đào do đó người ta phải sử dụng tường cừ và hệ thanh chống đỡ để giữ ổn định thành hố trong quá trình thi công. Việc tính toán, lựa chọn tiết diện thanh chống và đánh giá độ ổn định hệ thanh chống là hết sức cần thiết, đảm bảo khả năng chịu lực và điều kiện an toàn trong thi công.

a. Khai báo mô hình

Công trình có 3 tầng hầm, sử dụng biện pháp thi công đào đất bằng phương pháp đào mở, thành vách đất được chống đỡ bằng tường Barrette và tường được chống đỡ bằng thanh chống thép hình (hình 3a). Số liệu địa chất và chiều sâu hố đào được thể hiện trong hình 3b với chiều sâu hố đào 11m, mực nước ngầm cách mặt đất 3,0m. Công trình sử dụng 2 tầng chống bằng thép hình cách nhau 4m, tường Barrette dày 600mm, sâu 25m.

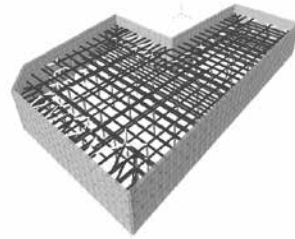
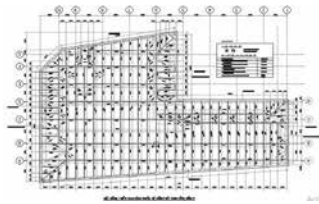
Hệ thanh chống được mô hình bằng phần mềm ETABS như hình 4, theo đó hệ thanh chống được mô hình thành các đợt dũa

theo qui trình thi công. Số liệu tải trọng tính toán được lấy theo giá trị thực tế của công trình.



a. Mặt bằng công trình
b. Số liệu bài toán

Hình 3. Công trình sử dụng phương pháp thi công đào mở



a. Mặt bằng bố trí thanh chống
b. Mô hình phần tử hữu hạn trong ETABS

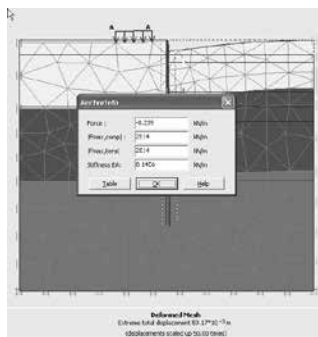
Hình 4. Hệ thanh chống theo phương pháp đào mở

b. Kết quả tính toán

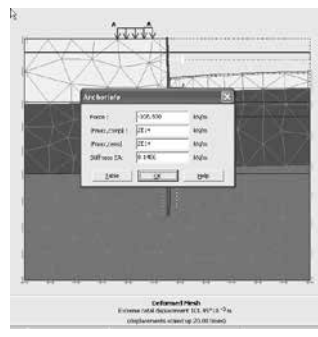
Nội lực của hệ thanh chống tính toán bằng phần mềm ETABS được hiển thị ở hình 5a, giá trị này được nhập vào mô hình Plaxis như hình 5b. Thanh chống ngang số 1 đặt ở cao độ -3m tính từ mặt đất, thanh chống ngang số 2 đặt ở cao độ -7m tính từ mặt đất, các giá trị nội lực của thanh ứng với độ sâu đào 3m, 7m và 11m được thể hiện ở hình 6 và kết quả nội lực được tổng hợp trong bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp kết quả nội lực trong thanh chống theo các giai đoạn thi công

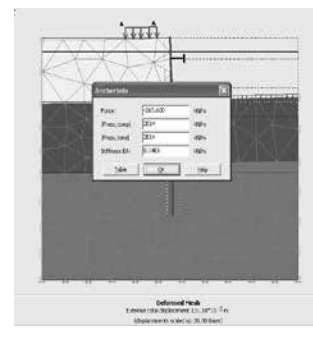
Giai đoạn đào đất	Thanh chống ngang số 1		Thanh chống ngang số 2		Thanh chống đứng	
	N (KN)	M (KN.m)	N (KN)	M (KN.m)	N (KN)	M (KN.m)
Giai đoạn đào 3.0m	0.29	-	-	-	-	-
Giai đoạn đào 7.0m	-108.8	160	-0.24	-	-63.2	12.6
Giai đoạn đào 11.0m	-1.8	20.5	-265.6	36.4	-90.4	53.4



a. Độ sâu 3m



b. Độ sâu 7m



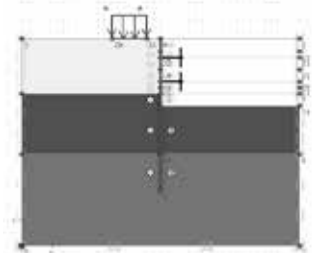
c. Độ sâu 11m

Hình 6. Nội lực của thanh chống ngang ứng với các chiều sâu hố đào khác nhau

Từ kết quả tính toán nội lực có được của mô hình, tiến hành tính toán và lựa chọn tiết diện thanh cũng như kiểm tra điều kiện ổn định tổng thể và ổn định cục bộ của hệ. Theo đó, chọn tiết diện thanh chống ngang bằng thép hình chữ H (400x250x25)mm và thanh chống đứng tiết diện H(250x250x25)mm để chống giữ tường. Tiết diện này được lựa chọn trước rồi sau đó được kiểm tra lại khả năng chịu lực với các nội lực được tính ở trên.



a. Nội lực của hệ thanh chống



b. Sơ đồ thanh chống khai báo trong PLAXIS

Hình 5. Nội lực của hệ thanh chống trong ETABS và khai báo các thanh chống trong PLAXIS

Với kết quả trong bảng 1, thấy rằng lực tác dụng vào thanh chống đứng trong quá trình thi công tương đối nhỏ, tải trọng tác dụng chủ yếu vào thanh đứng là trọng lượng bản thân, thanh chống đứng đóng vai trò định vị các thanh ngang, giữ ổn định cho hệ.

Tính toán theo phương pháp đào mở thấy rằng lực tác dụng vào thanh ngang lớn hơn nhiều so với thanh đứng. Thanh ngang có tác dụng chống giữ cho tường ổn định, khống chế chuyển vị ngang của tường không vượt quá giới hạn cho phép, xem như thanh ngang chịu nén uốn. Trong quá trình tính toán, cần lưu ý đến việc kiểm tra khả năng chịu lực của thanh ngang. Việc tính toán độ bền của thanh được thực hiện theo qui định của tiêu chuẩn hiện hành.

3.2.2. Dạng bài toán số 2 – Tính toán theo phương pháp top-down

Phương pháp thi công top-down đang được ứng dụng nhiều trong thi công công trình có tầng hầm, với phương pháp này vừa thi công tầng hầm từ trên xuống vừa làm phần thân nhà từ dưới lên, lấy mặt đất làm mốc khởi hành [2]. Theo phương pháp này thì tường trong đất và cọc khoan nhồi được thi công trước, thanh chống đứng bằng thép hình được lắp đặt trong quá trình thi công cọc nhồi. Chiều dài thanh tính từ đầu cọc lên đến mặt đất, sàn tầng trệt được đổ bê tông ngay trên mặt đất tự nhiên, lúc này sàn tầng trệt sẽ tựa lên tường trong đất và cột tầng hầm. Đối với phương pháp thi công này, thanh chống đứng chịu lực toàn bộ tải trọng sàn bên trên truyền xuống trong quá trình thi công tầng hầm.

Ở bài viết này, bài toán áp dụng tính toán cho công trình có 3 tầng hầm được thi công theo phương pháp top-down. Thời điểm bắt đầu thi công sàn BTCT tại vị trí mặt đất, thanh chống chịu tải trọng của một sàn, chiều dài tính toán thanh chống đứng được tính từ đầu cọc nhồi lên đến mặt đất. Khi thi công sàn hầm thứ 1 đồng thời thi công sàn tầng 1, thanh chống chịu tải trọng của 3 sàn truyền xuống, chiều dài tính toán tính từ đầu cọc nhồi đến sàn hầm 1. Sau đó, tiếp tục thi công sàn hầm 2 và sàn tầng 2, thanh chống chịu tải của 5 sàn truyền xuống, chiều dài tính toán của thanh được tính từ đầu cọc nhồi đến sàn hầm 2. Cuối cùng, thi công sàn hầm 3 (sàn đáy) kết hợp với đài móng thì trên mặt đất thi công sàn tầng 3, thanh chống chịu tải của 7 sàn truyền xuống, chiều dài tính toán ngắn nhất tính từ đầu cọc nhồi đến sàn đáy.

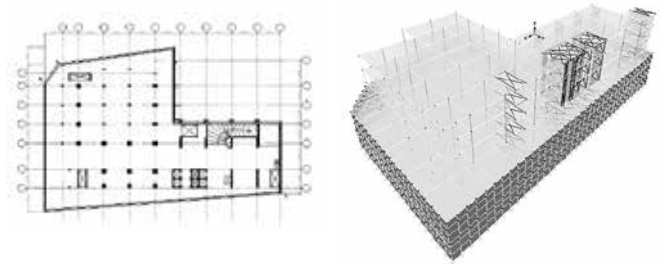
a. Khai báo mô hình

Công trình thi công theo phương pháp top-down được lập bằng phần mềm ETABS với tổng 3 tầng nổi, 3 tầng chìm. Theo đó, tại thời điểm thi công đến đáy sàn hầm 3 thì trên mặt đất thi công đồng thời lên đến sàn tầng 3 (hình 7b).

Công trình dùng tường Barrette chống đỡ vách đất, chiều sâu hố đào 11m, mực nước ngầm cách mặt đất 3,0m. Công trình đặt trên nền đất gồm có 6 lớp đất lần lượt từ trên xuống dưới gồm có: cát hạt trung, cát hạt thô, cát sỏi, cát mịn, cát pha và sét. Sàn trên mặt đất và sàn tầng hầm có chiều dày 200mm, kết hợp dầm BTCT

(800x450)mm. Sàn hầm 1 cách mặt đất 3.5m, sàn hầm 2 cách mặt đất 7.0m, sàn hầm 3 cách mặt đất 11.0m. Tường Barrette dày 600mm, sâu 40m. Thanh chống đứng dùng thép hình chữ H(500x400x25)mm, đặt từ tầng hầm đến mặt đất, từ tầng 1 lên tầng 3 là cột BTCT.

Mô hình được lập bằng phần mềm ETABS với số tầng đã thi công bên trên mặt đất cộng với 3 tầng hầm theo từng giai đoạn thi công như hình 7b. Kết quả nội lực tại các thanh chống đứng do công trình truyền xuống được thể hiện trong bảng 2. Với các giá trị nội lực vừa tìm được, tiến hành lập mô hình Plaxis, kết hợp với tải trọng do áp lực đất, áp lực nước và tải trên mặt đất để xác định nội lực trong thanh chống đứng, thanh chống ngang và tường barrette trong quá trình thi công như hình 8.

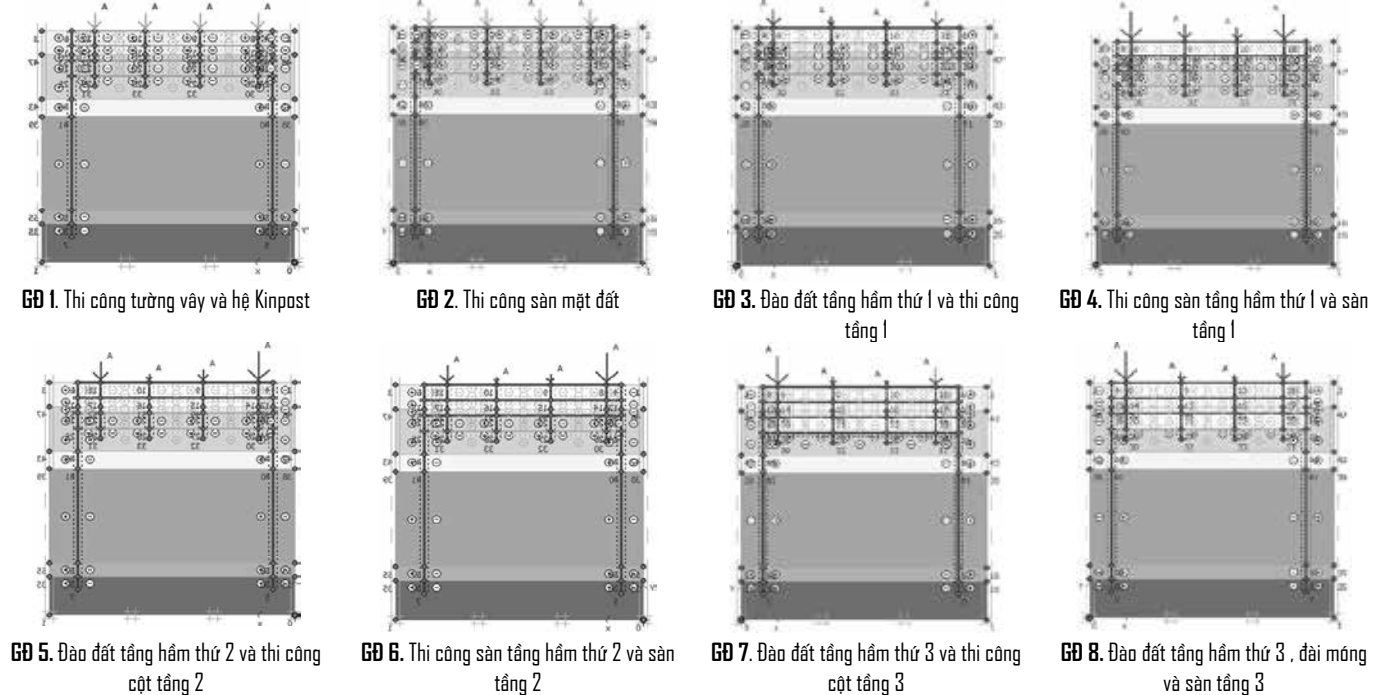


a. Mặt bằng bố trí thanh chống đứng b. Mô hình phần tử hữu hạn

Hình 7. Công trình thi công bằng phương pháp top-down

Bảng 2. Tải trọng các sàn tầng trên truyền xuống cột chống theo các giai đoạn thi công

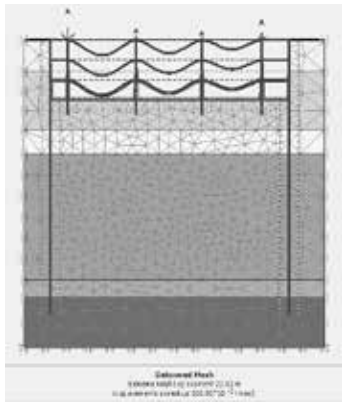
Giai đoạn	Thanh số 1 (kN)	Thanh số 2 (kN)	Thanh số 3 (kN)	Thanh số 4 (kN)
GĐ2	-192.25	-594.1	-754.44	-219.2
GĐ4	-1076.28	-1300.26	-1919.97	-919.09
GĐ6	-1694.07	-2240.94	-3102.24	-1542.23
GĐ8	-2023.60	-2641.93	-3598.61	-1841.71



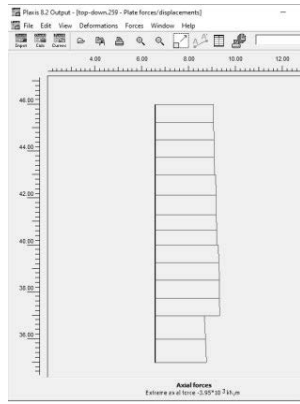
Hình 8. Mô hình cột chống ứng với các giai đoạn thi công

b. Kết quả tính toán

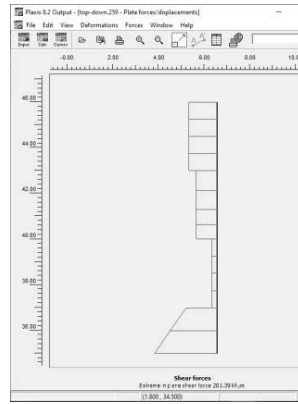
Kết quả nội lực của phương pháp top-down được thể hiện như hình 9. Tại thời điểm cuối khi thi công đến sàn đáy lực dọc đạt -3950 KN, mô men lớn nhất đạt 374.13 KN.m và giá trị lực cắt lớn nhất đạt 201.39 KN.



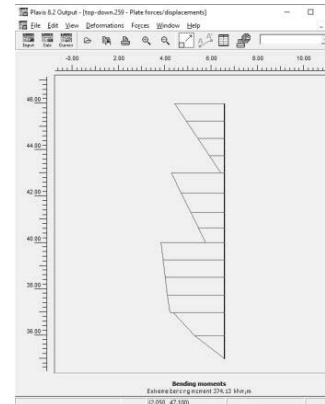
a. Chuyển vị của hệ



b. Biểu đồ lực dọc



c. Biểu đồ lực cắt



d. Biểu đồ mô men

Hình 9. Nội lực của hệ cột chống

3.2.3. Nhận xét

Với kết quả nội lực của 2 bài toán, có thể thấy rằng thanh chống đứng có lực dọc tăng dần theo quá trình thi công, nếu so sánh với phương pháp thi công đào mở thì phương pháp top-down có lực dọc truyền về thanh đứng cao hơn gấp 43.8 lần, mô men cao hơn gấp 2.45 lần và lực cắt cao hơn gấp 3.28 lần so với phương pháp đào mở.

Tính toán theo phương pháp top-down là khá phức tạp, việc xác định tải từ sàn tầng trên truyền xuống cột chống theo giai đoạn thi công khó chính xác. Do vậy, thanh chống đứng yêu cầu có tiết diện lớn hơn nhiều so với thanh chống đứng của phương pháp đào mở, thanh phải đủ khả năng chịu tải nhiều tầng sàn bên trên trong khi cột chưa đổ bê tông. Bên cạnh đó, sàn tầng hầm có chiều dày lớn từ 200-400 mm mới đảm bảo đủ khả năng chống giữ tường barrette và liên kết thanh chống đứng bằng thép hình với dầm sàn BTCT rất phức tạp.

4. Kết luận

Thi công tầng hầm là giai đoạn triển khai dự án ngoài thực địa, khi đó phương pháp thi công quyết định đến chất lượng, tiến độ, an toàn và giá thành công trình. Lựa chọn phương pháp thi công còn phụ thuộc vào năng lực của đơn vị thi công, do đó khi lựa chọn phương pháp thi công đào mở, top-down hay phương pháp khác cần được đơn vị thiết kế định hướng lựa chọn và phương pháp phải phù hợp với đặc điểm kết cấu công trình.

Trong công tác thi công tầng hầm, đều phải sử dụng hệ thanh chống đỡ chống đỡ tường chắn đất và tải trọng công trình truyền xuống. Do đó, cần lựa chọn thanh chống đủ khả năng chịu lực và đảm bảo an toàn lao động, đơn vị thi công cần tính toán cụ thể chi tiết cho các thanh chống và lựa chọn phương án thi công tốt nhất.

Ở bài viết này tác giả đã tính toán cho một công trình thi công theo 2 phương pháp khác nhau: phương pháp đào mở và top-down, mỗi phương pháp được thể hiện các bước tính toán riêng, có ưu nhược điểm khác nhau. Theo đó, phương pháp đào mở lưu ý cần kiểm tra tính toán thanh chống ngang vì lực từ tường chắn truyền về thanh chống ngang là chủ yếu. Ngược lại, đối với phương pháp top-down lực truyền về thanh chống đứng rất lớn, nên cần kiểm tra

khả năng chịu lực và độ ổn định của thanh trong tất cả các giai đoạn thi công.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Uyên, Thiết kế và xử lý hố móng, Hà Nội, Nhà xuất bản Xây dựng, 2008.
- [2] PGS. TS. Nguyễn Bá Kế, Thiết kế và thi công móng sâu, Nhà xuất bản xây dựng, 2002.
- [3] PGS. TS. Nguyễn Bá Kế, Xây dựng công trình ngầm đô thị theo phương pháp đào mở, Hà Nội, Nhà xuất bản Xây dựng, 2006.
- [4] TCVN 5575:2012 - Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế, Hà Nội, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng - Bộ Xây dựng, 2012.
- [5] PGS. TS. Nguyễn Đức Nguồn, Thiết kế thi công công trình ngầm đô thị, 2009.
- [6] PGS. TS. Ngô Văn Quý, Các phương pháp thi công xây dựng, Hà Nội, Nhà xuất bản Xây dựng, 2010.