

CÔNG NGHỆ TOP-DOWN THI CÔNG TẦNG HẦM

Tổng quan

Để thi công phần ngầm của công trình nhà cao tầng thì vấn đề cơ bản là giữ thành hố đào không cho sập trong quá trình thi công. Trong thực tế có nhiều phương pháp giữ thành hố đào tùy thuộc vào độ sâu hố đào, điều kiện địa chất, mặt bằng thi công giải pháp kết cấu...

Với công trình VIETCOM BANK, phần ngầm thấp nhất (đáy đài) nằm ở độ sâu - 12.5m (11.16m so với mặt đất), xung quanh có các công trình đã xây dựng nằm liền kề trong điều kiện địa chất tương đối phức tạp. Tường cứng Diaphragm wall là vách tầng hầm dày 800mm được sử dụng làm vách chống hố đào trong quá trình thi công phần ngầm. Vấn đề đặt ra là làm thế nào để giữ vách hố đào trong suốt quá trình thi công phần ngầm. Các phương pháp đã được sử dụng nhiều ở nước ta bao gồm: khoan neo tường vào đất (Anchors - tie backs), chống trực tiếp lên thành hố đào và phương pháp mới top-down. Với thực tế hiện tại công trình VIETCOM BANK, về nguyên tắc giải pháp neo là không được phép do ảnh hưởng đến các công trình lân cận và một số nhược điểm của nó. Giải pháp chống trực tiếp lên thành vách bằng hệ chống sườn thép (đã được thực hiện) yêu cầu phải gia cố hệ sườn chắc chắn nhưng chưa tận dụng hết đặc điểm kết cấu thuận lợi của công trình. Phương pháp TOP-DOWN là phương pháp thi công tương đối mới với nước ta. Phương pháp này thi công phần ngầm từ các kết cấu từ cốt mặt đất trở xuống và lợi dụng hệ dầm - sàn của các tầng hầm làm hệ thống chống tường tầng hầm.

I. Thiết bị phục vụ thi công:

- Phục vụ công tác đào đất phần ngầm gồm: máy đào đất loại nhỏ, máy san đất loại nhỏ, máy lu nền loại nhỏ, các công cụ đào đất thủ công, máy khoan
- Phục vụ công tác vận chuyển: xe cần trục COBELCO 7045 phục vụ chuyển đất, vật liệu, thùng chứa đất, xe chở đất tự đổ
- Phục vụ công tác khác: hai máy bơm, hai thang thép đặt tại hai lối lên xuống, hệ thống đèn, điện chiếu sáng dưới tầng hầm
- Phục vụ công tác thi công bê tông: trạm bơm bê tông, xe chở bê tông thương phẩm, các thiết bị phục vụ công tác thi công bê tông khác
- Ngoài ra tùy thực tế thi công còn có các công cụ chuyên dụng khác

II. Vật liệu:

1. Bê tông:

Do yêu cầu thi công gần như liên tục nên nếu chờ bê tông tầng trên đủ cường độ rồi mới tháo ván khuôn và đào đất thi công tiếp phần dưới thì thời gian thi công kéo dài. Để đảm bảo tiến độ nên chọn bê tông cho các cấu kiện từ tầng 1 xuống tầng hầm là bê tông có phụ gia tăng trưởng cường độ nhanh để có thể cho bê tông đạt 100% cường độ sau ít ngày (theo thiết kế công trình này là 7 ngày).

Các phương án sau:

- Tăng cường độ bê tông bằng việc sử dụng phụ gia giảm nước
- Bổ sung phụ gia hoá dẻo hoặc siêu dẻo vào thành phần gốc, giảm nước trộn, giữ nguyên độ sụt nhằm tăng cường độ bê tông ở các tuổi

Trong công trình này bê tông dùng phụ gia siêu dẻo có thể đạt 94% cường độ sau 7 ngày. Cốt liệu bê tông là đá dăm cỡ 1-2. Độ sụt của bê tông 6 - 10 cm

Ngoài ra còn dùng loại bê tông có phụ gia trương nở để vá đầu cột, đầu lõi thi công sau, neo đầu cọc vào đài... Phụ gia trương nở nên sử dụng loại khoáng khi tương tác với nước xi măng tạo ra các cấu tử nở $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot (31-32)\text{H}_2\text{O}$ (ettringite). Phụ gia này có dạng bột thường có nguồn gốc từ:

+ Hỗn hợp đá phèn 9Alunit) sau khi được phân rã nhiệt triệt để (gồm các khoáng hoạt tính Al_2O_3 , K_2SO_4 hoặc Na_2SO_4 , SiO_2) và thạch cao 2 nước.

+ Mônô sulfôcanxialuminat $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, khoáng silic hoạt tính và thạch cao 2 nước.

Hàm lượng phụ gia trương nở thường được sử dụng 5-15% so với khối lượng xi măng. Không dùng bột nhôm hoặc các chất sinh khí khác để làm bê tông trương nở. Đối với bê tông trương nở cần chú ý sử dụng:

- + Cát hạt trung, hạt thô $M_{dl} = 2.4 - 3.3$
- + Độ sụt thấp = 2 - 4 cm ; max = 8cm
- + Kết hợp với phụ gia

2. Vật liệu khác :

- Khi thi công sàn - dầm tầng hầm thứ nhất (cốt -4.05m) , lợi dụng đất làm ván khuôn đỡ toàn bộ kết cấu . Do vậy , đất nền phải được gia cố đảm bảo cường độ để không bị lún , biến dạng không đều . Ngoài việc lu lèn nền đất cho phẳng chắc còn phải gia cố thêm đất nền bằng phụ gia . Mặt trên nền đất được trải một lớp Polyme nhằm tạo phẳng và cách biệt đất với bê tông khối ảnh hưởng đến nhau
- Khi thi công phân ngầm có thể gặp các mạch nước ngầm có áp nên ngoài việc bố trí các trạm bơm thoát nước còn chuẩn bị các phương án vật liệu cần thiết để kịp thời dập tắt mạch nước .
- Các chất chống thấm như vữa Sica hoặc nhũ tương Laticote hoặc sơn Insultec

III. Quy trình công nghệ :

Quá trình thi công theo phương pháp top-down thường đi theo trình tự từng bước như sau:

1. Giai đoạn I : Thi công phần cột chống tạm bằng thép hình

Do phương án chống tạm theo phương đứng là dùng các cột chống tạm bằng thép hình cắm trước vào các cọc khoan nhồi ở đúng vị trí các cột suốt chiều cao từ mặt đất đến cọc nhồi . Các cột này được thi công ngay trong giai đoạn thi công cọc khoan nhồi

2. Giai đoạn II : Thi công phần kết cấu ngay trên mặt đất (tầng 1 cốt 0.00m)

Mặt cắt địa chất và vị trí các kết cấu của phần ngầm có dạng như hình vẽ :

Giai đoạn này bao gồm các công đoạn sau :

- Đào một phần đất 1.66m để tạo chiều cao cho thi công dầm sàn tầng 1
- Ghép ván khuôn thi công tầng 1
- Đặt cốt thép thi công bê tông dầm - sàn tầng 1
- Chờ 10 ngày cho bê tông có phụ gia đủ 90% cường độ yêu cầu

3. Giai đoạn III : Thi công tầng hầm thứ nhất (cốt -4.00m)

Gồm các công đoạn sau :

- Tháo ván khuôn dầm - sàn tầng 1
- Bóc đất đến cốt - 6.80m
- Ghép ván khuôn thi công tầng ngầm thứ nhất
- Đặt cốt thép và đổ bê tông dầm - sàn tầng ngầm thứ nhất
- Ghép ván khuôn thi công cột — tương từ tầng hầm thứ nhất đến tầng 1
- Chờ 10 ngày cho bê tông có phụ gia đủ 90% cường độ yêu cầu

4. Giai đoạn IV: Thi công tầng hầm thứ hai (cốt -8.00m)

Gồm các công đoạn sau :

- Tháo ván khuôn chịu lực tầng ngầm thứ nhất.
- Đào đất đến cốt mặt dưới của đài cọc (-12.5m)
- Chống thấm cho phần móng
- Thi công đài cọc
- Thi công chống thấm sàn tầng hầm
- Thi công cốt thép bê tông sàn tầng hầm thứ hai
- Thi công cột và lõi từ tầng hầm thứ hai lên tầng hầm thứ nhất

Thiết kế kĩ thuật thi công theo phương pháp top-down

I. Thi công đặt trước cột chống tạm bằng thép hình:

Cột chống tạm được thiết kế bằng tổ hợp 2I -55 dài 13.7m phải được đặt trước vào vị trí cột trong giai đoạn thi công cọc khoan nhồi . Công đoạn này thực hiện theo các yêu cầu sau :

- Định vị lại tim cột trên mặt đất sau khi thi công xong cọc nhồi ở ngay dưới chân cột

- Dùng cần trục hạ từ từ cột thép hình xuống lòng hố khoan , tay cần trục không dịch chuyển mà chỉ cuốn tang cáp để tránh chạm cột vào thành hố khoan
 - Rung lắc hoặc dùng cần trục ấn cột thép sao cho ngập sâu trong bê tông cọc khoảng 1m
 - Chỉnh lại trục thẳng đứng của cột thép cho trùng với trục cột và cố định cột thẳng đứng bằng hệ chống tạm
 - Đổ bê tông vào hố sao cho làm đầy thêm hố đào khoảng 1m
 - Đổ cát làm đầy phần còn lại của hố khoan
 - Bảo vệ tránh va chạm vào cột thép
- Cột thép sau khi “chôn” vào cọc nhồi chỉ còn nhô lên trên mặt đất 2m (nhô lên khỏi sàn 0.86m) . Cần trục phục vụ thi công loại cột này dùng luôn cầu COBELCO 7045 đã phục vụ thi công khoan nhồi. Các thông số cầu đều thoả mãn việc cầu lắp cột thép dài 10m

II. Giai đoạn II : Thi công sàn dầm tầng I (cốt 0.00m)

1. Đào đất phục vụ thi công tầng I :

Chiều sâu cần đào là 1.66m đủ chiều cao 2.8m cho việc đặt giáo định hình cho thi công dầm - sàn tầng I (ở độ sâu này độ võng của tường Barrette ở giới hạn cho phép không ảnh hưởng đến sự làm việc của các dầm tầng ngầm thứ nhất) cần đào hai lớp nhưng chỉ dịch chuyển máy một lần. Mỗi luống đào rộng 5m .Máy đào đi theo phương dọc để bên nhà . Mỗi nhịp giữa hai trục cột đào làm hai luống rộng 8.5m , để lại phần đất quanh cột thép hình và sát tường Barrete đào bằng thủ công . tính toán máy đào 90% khối lượng đất,còn 10% khối lượng đất được đào bằng thủ công. Đất từ máy đào được đổ ngay lên xe BÉN tự đổ vận chuyển ra khỏi công trường .

Sơ đồ đào đất giai đoạn này xem hình vẽ

Khối lượng đất cần đào : $V = h_{\text{đào}} \times F_{\text{hố đào}} = 1.66 \times 1840 \times 0.9 = 2748.96 \text{ m}^3$

- Dung máy đào gầu nghịch E với các thông số sau thực hiện công tác đào đất .

- Dung tích gầu : $q = 0.25 \text{ m}^3$

- Bán kính đào : $R = 5 \text{ m}$

- Chiều cao đổ đất : $H = 2.2 \text{ m}$

- Trọng lượng máy : $Q = 5.1 \text{ T}$

- Bề rộng máy : $b = 2.1 \text{ m}$

- Chiều sâu đào đất lớn nhất : $H_{\text{đào}} = 3.5 \text{ m}$

- Thời gian 1 chu kỳ $t_{\text{ck}} = 20 \text{ s}$

Công suất máy đào :

$$N = q \frac{K_d}{K_t} N_{\text{ck}} K_{\text{tg}} (\text{m}^3 / \text{h})$$

Trong đó :

- $K_d = 1.2$: hệ số đầy gầu phụ thuộc vào loại đất

- $K_t = 1.1$: hệ số tơi của đất

- $N_{\text{ck}} = 3600/T_{\text{ck}}$

- $T_{\text{ck}} = t_{\text{ck}} \times K_{\text{vt}} \times K_{\text{quay}} = 20 \times 1.1 \times 1 = 22 \text{ s}$

+ $t_{\text{ck}} = 20$ khi góc quay 90°

+ $K_{\text{vt}} = 1.1$ khi đổ đất lên thùng

+ $K_q = 1$ khi góc quay là 90°

$N_{\text{ck}} = 3600/22 = 163.63 (\text{m}^3/\text{h})$

$K_{\text{tg}} = 0.8$: hệ số sử dụng thời gian

Vậy :

$$N = q \frac{K_d}{K_t} N_{\text{ck}} K_{\text{tg}} = 0.25 \times \frac{1.2}{1.1} \times 163.63 \times 0.8 = 35.7 (\text{m}^3 / \text{h})$$

Số ca máy : $= 2748.96 / (35.7 \times 8) = 10 \text{ ca}$

2. Thi công bê tông dầm - sàn tầng I :

Thi công bê tông dầm sàn tầng I bao gồm các công tác : lắp đặt ván khuôn, đặt cốt thép, đổ bê tông dầm - sàn .

- Lắp đặt ván khuôn tiến hành như đối với dầm sàn bình thường (phân thi công thân) với lưu ý cột chống chỉ dùng 1 giá chống PAL là đủ cao độ thi công . Chân giáo phải được đặt trên lớp đệm đảm bảo không bị lún do đặt trực tiếp trên nền đất tự nhiên yếu , thường lót bằng ván .
- Bê tông được đổ trong từng phân khu nhờ máy bơm tự hành vì khi này chưa lắp đặt cần trục tháp . Bê tông là loại có phụ gia đông kết nhanh nên hàm lượng phụ gia phải đúng thiết kế , phải kiểm tra độ sụt trước khi đổ , kiểm tra cường độ mẫu thử trước khi đặt mua bê tông thương phẩm .
- Chú ý công tác bảo quản và vệ sinh , quy cách chất lượng cốt thép các mối nối với thép hình . Các hệ thống gia cường phải thực hiện đúng theo thiết kế để hệ kết cấu chịu lực đúng

III. Giai đoạn III : Thi công sàn dầm tầng ngầm thứ nhất

Mặt bằng thi công hệ dầm sàn tầng ngầm thứ nhất như hình vẽ .

1. Đào đất phục vụ thi công tầng ngầm thứ nhất :

Mặt bằng thi công đào đất thi công tầng ngầm thứ nhất có dạng như hình vẽ: Chiều sâu lớp đất cần đào là 4.00m , không gian phía trên không cho phép sử dụng máy đào nên phải tiến hành đào đất bằng thủ công kết hợp các máy đào loại nhỏ đã chọn

- Do điều kiện làm việc thiếu ánh sáng nên phải bố trí thêm hệ thống chiếu sáng trên trần tầng một đủ để phục vụ việc đào đất được tốt .

- Với chiều sâu lớp đất là 4.00m buộc phải chia làm hai lượt đào : lượt đầu dày 2.50m , lượt sau dày 1.50m . Lớp đầu dày 2.50m đảm bảo cho công nhân thi công trong tư thế tương đối thoải mái . Khi thi công giai đoạn này chú ý mực nước ngầm ở độ sâu -2.2m dưới mặt đất phải bố trí rãnh tích nước , giếng thu nước và máy bơm

- Các kĩ thuật cũng như yêu cầu đối với đào đất tầng hầm xem phân thi công tầng ngầm thứ hai .

Tính toán tiến độ thi công đất tầng ngầm I

Tính toán diện tích cần đào: $F=32,5 \times 54 + [(2,3+6,06) \times 23,6/2] + (7,3 \times 6,06/2) - (8,5 \times 8,5/2)$
 $=1755+98,648+22,119-36,125=1839,642m^2$

Chiều sâu lớp đào là 4m

Thể tích đất đào là $V_{đất}=4 \times 1839,642=7358,568$

Định mức đào và vận chuyển đất là: $T=0,8(0,6+0,03)=0,504$ công / m^3

\Rightarrow Số công cần đào là: $\sum T=0,504 \times 7358,568=3708,72$ công

Dự kiến làm việc hai ca hoàn thành trong 10 ngày

\Rightarrow Số công nhân cho một ca là : $N=3708,72/10 \times 2=185$ người làm việc trên toàn diện tích hố đào

2. Thi công bê tông tầng ngầm thứ nhất :

Các kĩ thuật như đối với các tầng khác nhưng do không gian bị hạn chế nên việc vận chuyển bê tông xuống các tầng cần chú ý :

- Hàn các thép bản cấu tạo nút khung phải chính xác về cấu tạo theo thiết kế , phải đặt đúng cao trình để bảo đảm sự chịu lực của chúng .

- Bố trí các đường ống bơm bê tông sao cho lợi dụng được các lỗ trống của sàn và khoảng hở giữa Barrette mà vẫn đảm bảo đường ống không bị chuyển hướng đột ngột dẫn đến tắc ống đổ bê tông .

- Hệ thống chiếu sáng phải được bố trí đến tận nơi đổ bê tông để đảm bảo có thể quan sát quá trình đổ bê tông một cách sát sao .

3. Thi công cốt thép tường tầng ngầm thứ nhất :

Sau khi thi công xong phân sàn - dầm tầng ngầm thứ nhất hai ngày thì tiến hành ghép ván khuôn thi công luôn cột và lõi của tầng này . Các bước và yêu cầu kĩ thuật giống như đối với các tầng bình thường khác (xem công nghệ thi công thân) . Ngoài ra do đặc điểm cột có lõi thép hình đã được đặt trước nên việc thi công cần chú ý các vấn đề sau :

- Cốt thép mềm được buộc từng cây một vào thép chờ chứ không phải là cả lồng thép như thi công bình thường .

- Cốt đai được chế tạo đặc biệt gồm hai nửa để tiện cho việc thi công nên các mối nối phải đủ chiều dài và chắc (xem bản vẽ kết cấu cột)

- Ván khuôn được ghép trước 3 mảnh như bình thường nhưng nhất quyết phải chừa cửa đổ bê tông ở giữa và ở đỉnh cột .

Khi xử lý mối nối khô ở các cột cần chú ý các vấn đề kĩ thuật sau :

- Vữa dùng cho mối nối cần dùng loại vữa có phụ gia trương nở như đã thiết kế (phần vật liệu)
- Mối nối phải được vệ sinh kĩ trước khi thi công để đảm bảo tính toàn khối của kết cấu
- Vữa có phụ gia được phun vào chỗ nối bởi máy phun bê tông loại nhỏ có áp lực qua ống nối có đường kính 100mm được để sẵn từ trước sau đó gắn bù lại .

IV. Giai đoạn IV : Thi công tầng ngầm thứ hai

Sau khi sàn - dầm tầng ngầm thứ nhất thi công xong 10 ngày , bê tông có phụ gia tăng cường độ nhanh đạt 90% cường độ thiết kế , tiến hành tháo cốt pha chịu lực và bắt đầu thực hiện thi công tầng ngầm thứ hai .

1. Thi công đào đất :

Sau khi sàn - dầm TN1 đủ cường độ, hệ thống này sẽ làm việc như một hệ giằng chống ngang đỡ tường Barrette . Việc tính toán kiểm tra cường độ , biến dạng của hệ này đã được thực hiện cho thấy hệ bảo đảm làm việc trong giới hạn cho phép khi tầng ngầm thứ hai được đào rỗng (xem phụ lục tính toán).

Sơ đồ thi công đào đất tầng này bố trí như hình vẽ, trong đó :

- Cửa vận chuyển đất từ dưới lên được thực hiện qua hai nơi : lồng lõi thang máy nhỏ (8×2.5 m) ở giữa và ở góc thuộc phần đường ô tô đi xuống tầng hầm thứ nhất cũng như bể xử lý nước tầng ngầm thứ hai (8.5×8.5).

- Hai cần trục COBELCO 7045 đứng phục vụ việc vận chuyển đất từ dưới lên qua hai cửa bằng thùng chứa tự chế đổ vào hai ô tô BEN tự đổ. Việc vận chuyển từ dưới lên chủ yếu thực hiện bằng thao tác cuốn tang quán cáp . Hai công nhân đứng dưới hố đào vừa thực hiện công việc móc thùng cầu vừa dẫn hướng cho thùng cầu không chạm vào thành hai bên .

- Tiêu nước mặt bằng : bằng hai trạm bơm phục vụ công tác tiêu nước hố đào được đặt ngay hai cửa vận chuyển trên sàn TN1 đầu ống hút thả xuống hố thu nước , đầu xả được đưa ra ngoài thoát an toàn vào hệ thống thoát nước thành phố . Hệ thống mương dẫn nước bố trí giữa các hàng đài cọc có độ dốc $i=1\%$ sâu 0.5m hướng về các hố thu nước được đào sâu hơn cốt đáy đài 1m . Hố này có chu vi 1.5×1.5 m được gia cố bằng ván và cột chống gỗ , đáy hố được đổ một lớp bê tông mác 150 dày 200mm . Số lượng máy bơm cần thiết được xác định bằng phương pháp bơm thử với 3 trường hợp:

+ Mực nước trong hố móng hạ xuống rất nhanh chứng tỏ khả năng thiết bị bơm quá lớn . Phải hạn chế lượng nước bơm ra bằng cách đóng bớt máy bơm lại sao cho tốc độ hạ mực nước phù hợp với độ ổn định của mái đất .

+ Mực nước trong hố móng không hạ xuống chứng tỏ lượng nước thấm hơn lượng bơm ra . Cần tăng công suất trạm bơm .

+ Mực nước rút xuống đến độ sâu nào đó rồi không hạ thấp xuống được nữa vì độ chênh mực nước tầng.

Do đất nền ở tầng này tương đối yếu (cát bùn nâu vàng) nên khi tiêu nước cần chú ý hiện tượng bục lở do nền dòng nước thấm ngược hoặc hiện tượng nước thấm quá nhanh làm lõi cuốn các hạt đất . Nếu biện pháp tiêu nước không hiệu quả thì phải thiết kế thêm hệ thống hạ mực nước ngầm bằng hệ thống kim lọc xung quanh công trình . Máy bơm thường dùng là loại máy bơm li tâm vì chúng thích hợp với chế độ làm việc thay đổi .

Thi công đào đất tầng này cần lưu ý các yêu cầu sau :

- Đào đất từ các cửa vận chuyển trước rồi mở rộng theo phương ngang và phương dọc công trình . Khi đào phải đảm bảo mặt đất luôn dốc về hố thu nước .

- Đào đất từ trên lớp đất sát sàn tầng trên xuống để tránh đất đá rơi xuống đầu công nhân. Khi đến lớp bê tông lót đáy sàn dầm tầng trên thì dùng xà beng cạy dần từng mảng một rồi kéo tấm Polyme xuống

- Trong phạm vi một ô sàn 8.5×8.5 m phải có một cột chống tạm lên sàn .

- Đào đất bằng chủ yếu là thủ công có kết hợp cơ giới nhỏ . Giữa các công nhân phải đảm bảo cự li an toàn để không vướng gây tan nạn .

- Đất được đổ vào các thùng chứa đặt trên xe cút kít rồi chuyển đến cửa vận chuyển.
- Đào đất đảm bảo sao cho mặt đất nghiêng từ hai phía tường về giữa hố đào để tiện thu hồi nước và giữ chân tường Barrette .

2. Thi công đài cọc :

Gồm các bước như sau :

- Truyền cốt xuống tầng ngầm thứ hai
- Phá đầu cọc đến cốt đáy đài + 0.15 m , vệ sinh cốt thép chờ đầu cọc và cốt thép hình cắm vào cọc
- Chống thấm đài cọc bằng một trong các phương pháp : phụt vữa bê tông , bi tum hoặc thủy tinh lỏng .
- Đổ bê tông lót đáy đài .
- Đặt cốt thép đài cọc và hàn thép bản liên kết cột thép hình , cốt thép chờ của cột
- Dựng ván khuôn đài cọc .
- Đổ bê tông đài cọc .
- Đổ cột đến cốt mặt sàn tầng ngầm thứ hai .
- Thi công chống thấm cho sàn tầng hầm
- Thi công cốt thép và bê tông sàn tầng hầm .
- Thi công cột - lõi .

Công việc trắc đạc chuyển lưới trục chính công trình xuống tầng hầm là hết sức quan trọng cần phải được bộ phận trắc đạc thực hiện đúng với các sai số trong giới hạn cho phép . Muốn vậy phải bắt buộc sử dụng các loại máy hiện đại như : máy đo thủy chuẩn Ni030 của Đức , máy NA 824 của Thụy Sĩ hoặc máy có độ chính xác tương đương (máy chiếu đứng lade).

Việc phá đầu cọc và vệ sinh cốt thép phải được thực hiện nhanh chóng , đảm bảo yêu cầu : sạch ,kĩ. Ngay sau đó phải tổ chức ngay việc chống thấm đài và đổ bê tông lót , tránh để quá lâu trong môi trường ẩm , xâm thực gây khó khăn cho việc thi công và chất lượng mối nối không đảm bảo . Đối với nền đất là cát bùn nâu vàng thì phương pháp phụt thủy tinh lỏng được ưu tiên vì nó nâng cao khả năng chịu lực của đất nền vừa có khả năng chống thấm ngăn nước ngầm chảy vào hố móng .

Đào đất lần 3:Đào đất đến cốt đáy đài. Chiều cao đài 3,3m

Lớp bê tông lót 0,1m. Lớp đất +bê tông nền TN2:1m

Như vậy cao trình tại đáy lớp đào là: $-(2 \times 4 + 3,3 + 0,2 + 1) = -12,5\text{m}$

Đợt 2 đào tới -6,8m \Rightarrow chiều dày lớp đất cần đào đợt 3 là $+12,5 - 6,8 = 5,7\text{m}$

Thể tích đất cần đào $V_d = 5,7 \times 1840 = 10488\text{m}^3 \Rightarrow \Sigma T = 0,504 \times 10488 = 5285,952$ công

Dự kiến làm việc 2 ca hoàn thành trong 15 ngày

Số công nhân trong 1 ca là $n = 5285,952 / 15 \times 2 = 176$ người

Tính toán khối lượng đất lấp móng

Diện tích toàn bộ phần tầng ngầm là $S = 1840\text{m}^2$

Chiều cao đài là 3,3m, chiều cao hơn mặt móng một lớp 0,6 m \Rightarrow Tổng chiều cao đất đắp là $3,3 + 0,6 = 3,9\text{m} \Rightarrow$ Thể tích bê tông đài là

$V_{BT\text{đài}} = 1565,388 + 912,384 + 475,068 + 608,256 = 3561,096\text{m}^3$

$V_{\text{đài}} = 10,92 + 2,94 + 3,255 + 1,365 + 7,14 + 1,12 = 26,74\text{m}^3$

$V_{\text{cột}} = 0,6(1,4 \times 1 \times 16 + 0,8 \times 1,5 \times 6) = 17,76\text{m}^3$

$\Rightarrow \Sigma V_{BT} = 3561,096 + 26,74 + 17,76 = 3605,6\text{m}^3 \Rightarrow V_{\text{đất lấp}} = 1840 \times 3,9 - 3605,6 = 3570,4\text{m}^3$

Tra định mức:Đắp đất nền móng công trình định mức $0,8 \times 0,51$ công/m³ = 0,408 công/m³

Tổng nhân công cần sử dụng để lấp đất là $N = 0,408 \times 3570,4 = 1456,72$ công

Lấp đất 2 ca dự định lấp đất trong 10 ngày

Số công nhân 1 ca là $1456,72 / 20 = 73$ nhân công

Phụ lục tính toán cho công nghệ top-down

1).Thiết kế cột chống tạm bằng thép hình

a. Chọn tiết diện

Cột thép hình phải được tính toán đủ khả năng chịu tải trong bản thân cũng như tải trọng thi công công trình dự tính chịu được cho 4 tầng, phần cốt cứng này sẽ tham gia chịu lực cùng với cốt mềm và bê tông trong việc chịu tải trọng của công trình này

Tải trọng mà 1 cột phải chịu trong giai đoạn thi công phần ngăn sơ bộ tính cho cột giữa là :

$$N = F_{\text{chịu tải}} \times (q_{\text{tt}} + q_{\text{ht}}) \times 4, \quad q_{\text{tt}} = 1,1 \times 0,3 \times 2,5 = 0,825 \text{ T/m}^2.$$

$$q_{\text{ht}} = 0,4 \text{ T/m}^2. \quad F_{\text{CT}} = 8,5 \times 8,5 = 72,25 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow N = 72,25(0,825 + 0,4) \times 4 = 354,025. \text{ Chọn loại thép CT3 có } R = 2550 \text{ kg/cm}^2.$$

Tính toán kiểm tra cột thép hình như cột thép chịu nén đứng tâm

- Chiều dài tính toán $l_0 = 0,5H_{\text{tầng}}(3,3 + 1 + 4) = 4,15 \text{ m}$

$$\text{- Diện tích yêu cầu: } A_{yc} = \frac{N}{2\varphi_y \cdot R \cdot \gamma}$$

Trong đó: φ_y được giả thiết trước hoặc xác định theo độ mảnh giả thiết

Giả thiết độ mảnh $l_{y\text{gt}} = 60$. Nhánh là thép chữ I với

$\lambda_{\text{gt}} = 60$ và $R = 2250$ tra bảng II.1 phụ lục II (sách kết cấu thép)

ta được $\varphi_y = 0,8133$, từ đó diện tích yêu cầu được xác định.

$$A_{yc} = 354025 / (2 \times 0,8133 \times 2250 \times 1) = 96,73 \text{ cm}^2.$$

Ta có $l_y = 0,5l_{\text{thực}} = 4,15 \text{ m} = 415 \text{ cm}$. $\Rightarrow C_{yc} = l_x / \lambda_{\text{gt}} = 415 / 60 = 6,92 \text{ cm}^2$

Căn cứ vào các số liệu trên lựa chọn thép nhánh chữ I55

Có $A_{\text{nh}} = 118 \text{ cm}^2$, $J_x = 55962 \text{ cm}^4$, $W_x = 2035 \text{ cm}^3$, $r_x = 21,8 \text{ cm}$

$$J_y = 1356 \text{ cm}^4, \quad W_y = 151 \text{ cm}^3, \quad r_y = 3,39 \text{ cm}$$

Kiểm tra nhánh đã chọn

$\lambda_x = 415 / 21,8 = 19,03 < [\lambda] = 120$ cột đảm bảo về độ mảnh theo phương trục 1-x

tra bảng II-1 phụ lục II với $\lambda_x = 19,03$, $R = 2250 \text{ kg/cm}^2$ ta có

$\varphi_x = 0,965$ ứng suất trong cột xét đến uốn dọc theo trục x-x là

$$\sigma = N / (\varphi_y \cdot A) = 354025 / (0,965 \times 2 \times 118) = 1554,5 < \gamma R = 2250 \text{ kg/cm}^2$$

Cột đảm bảo ổn định theo phương trục x-x

b). Xác định khoảng cách giữa 2 nhánh

sơ bộ chọn $l_{\text{nh}} = 56 \text{ cm}$, có độ mảnh của nhánh theo trục y là

$\lambda_{\text{nh}} = l_{\text{nh}} / r_x = 56 / 3,39 = 16,52$. Theo yêu cầu cấu tạo $\lambda_{\text{nh}} = 16,52 < 40$, $\lambda_{\text{nh}} < \lambda_x = 19,03$

Theo công thức (4.34) và (4.36) có:

$$\lambda_{xyc} = \sqrt{19,03^2 - 16,52^2} = 9,446 \quad r_{xyc} = l_y / \lambda_{xyc} = 415 / 9,446 = 43,93$$

$$\Rightarrow C_{yc} = 2 \sqrt{43,93^2 - 3,39^2} = 87,6 \text{ cm}$$

Chọn khoảng cách giữa hai trục nhánh là $100 \text{ cm} > 87,6$

c). Kiểm tra tiết diện cột đã chọn theo trục ảo

để tiến hành, trước hết theo điều kiện cấu tạo chọn tiết diện bản giằng là $\delta_g = 8 \text{ mm}$, $d_g = 20 \text{ cm} \Rightarrow$

khoảng cách tâm 2 bản giằng là $a = l_{\text{nh}} + d_g = 56 + 20 = 76 \text{ cm}$

Xác định tỷ số độ cứng đơn vị theo công thức (4.17) có

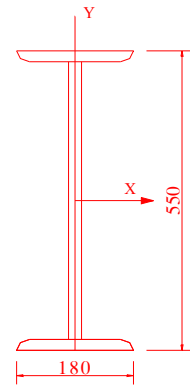
$$n = \frac{J_y \cdot c}{I_g \cdot a} = \frac{1356 \times 100 \times 12}{0,8 \times 20^3 \times 76} = 3,34 > \frac{1}{5}$$

Chọn lại tiết diện bản giằng $\delta_g = 1,4 \text{ cm}$, $d_g = 40 \text{ cm}$

$$\Rightarrow a = 56 + 40 = 96 \text{ cm} \Rightarrow n = \frac{J_y \cdot c}{I_g \cdot a} = \frac{1356 \times 100 \times 12}{1,4 \times 40^3 \times 96} = 0,189 < \frac{1}{5} = 0,2$$

vậy độ mảnh tương đương được xác định theo công thức sau

$$\lambda_{\text{td}} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_{\text{nh}}^2} \quad \text{với } J_{y\text{td}} = 2(J_{y0} + c^2 \cdot A_{\text{nh}} / 4) = 2(1356 + 100^2 \times 118 / 4) = 592712 \text{ cm}^4$$



$$\Rightarrow r_y = \sqrt{\frac{J_{ytd}}{A}} = \sqrt{\frac{592712}{2 \cdot 118}} = 50,114 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_y = 415/50,114 = 8,28$$

$$\text{Vậy } \lambda_{td} = \sqrt{8,28^2 + 16,52^2} = 18,48 < \lambda_x$$

Vậy không cần kiểm tra tiếp, cột đã chọn đảm bảo yêu cầu về ổn định độ mảnh
d). Tính toán bản giằng và liên kết

theo (4,31) ta có $Q_{qu} = 7,15 \cdot 10^{-6} (2330 - 2,06 \cdot 10^6 / 2250) \times 354025 / 0,968 = 3698,7 \text{ kg}$

Với $\varphi = 0,968$ ứng với $\lambda_{td} = 18,48$ Ta có $Q_r = n \times Q_{qu} = 0,5 \times 3698,7 = 1849,4 \text{ kg}$

Ta có $M_b = Q_r \cdot a / 2 = 1849,4 \times 96 / 2 = 88769,08 \text{ kg.cm}$

$Q_b = Q_r \cdot a / c = 1849,4 \times 96 / 100 = 1775,42 \text{ kg}$

$$\text{Ta có } \sigma = \frac{M_b}{W_b} = \frac{88769,08 \times 6}{1,4 \times 40^2} = 237,77 \text{ kg/cm}^2 < \gamma \cdot R = 2150 \text{ kg/cm}^2$$

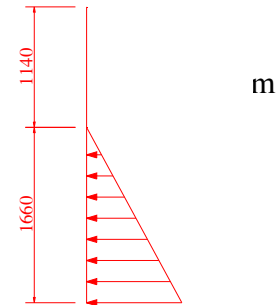
Bản giằng liên kết vào nhánh cột. Mỗi hàn được thực hiện bằng thủ công có $\beta_t = 1, \beta_h = 0,7$,
 $R_{gh} = 1650 \text{ kg/cm}^2, R_{gh} = 1800 \text{ kg}$

Vậy ta có: chiều dài tính toán của đường hàn $L_n = 40 - 1 = 39 \text{ cm}$

Chiều cao đường hàn được xác định theo công thức

$$h_n \geq \frac{1}{I_n (\beta R_g) \min} * \sqrt{Q + \left(\frac{6M_b}{I_n}\right)^2} \Rightarrow h_n = \frac{1}{39 * 1260} * \sqrt{1775,42^2 +}$$

chọn $h_n = 10 \text{ mm}$ cho cả hai cột



Tính toán tường BARRETTE trong các giai đoạn thi công

Khi tính toán kết cấu tường Barrette vì chiều dài của nhà là rất lớn $75 \gg 2$ vì vậy ta tính toán theo sơ đồ phẳng. Cắt 1m tường ra để tính với tường được xem là khớp

Liên kết tường với đất được xem là ngàm

1). Giai đoạn 1: khi thi công đào 1,66m

để làm giáo, ván khuôn tầng 1

Sơ đồ tính là dầm 1 đầu ngàm, 1 đầu tự do. Mômen uốn lớn nhất tại chân ngàm là:

$$M = (1/2) \times 1,66 \times 3,087 \times 1,66 / 3 = 1,417 \text{ Tm}$$

Giá trị mômen quá nhỏ

2) Giai đoạn 2: Tháo ván khuôn dầm sàn tầng 1.

Đào 1 lớp đất 4m để thi công ván khuôn tầng ngàm 1, sơ đồ tính toán của tường là dầm 1 đầu ngàm, 1 đầu khớp. Sơ đồ tính như hình vẽ.

Trọng lượng thể tích trung bình của đất:

$$\gamma_{tb} = 4,5 \times 1,86 + 1,16 \times 1,72 / 5,66 = 1,83 \text{ T/m}^3$$

Với độ sâu của mực nước ngàm ở cao độ -2,2m.

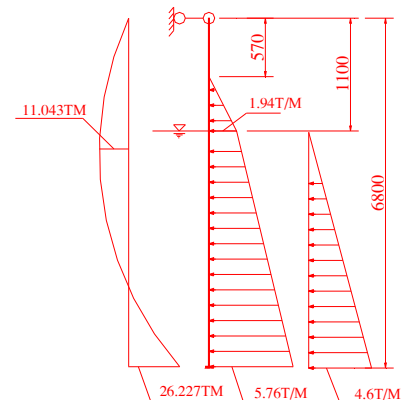
Có xét đến tính đẩy nổi của nước và áp lực thủy tĩnh của nước lên tường chắn.

Giá trị mômen dương lớn nhất $M^+ = 11,043 \text{ Tm}$

Giá trị mômen âm lớn nhất $M^- = -26,227 \text{ Tm}$

Chuyển vị của tường (về phía trong) lớn nhất Tại điểm cách đỉnh 1 đoạn 3,4m là $y = 0,000358 \text{ m} = 0,358 \text{ mm}$

Như vậy chuyển vị là quá nhỏ \Rightarrow có thể bỏ qua



Tính toán khả năng chịu uốn của dầm

Như đã chọn trong thiết kế tường

Vật liệu tường: bê tông mác 300 có $R_n = 130 \text{ kg/cm}^2$.

Cốt thép chủ $\phi 25 \times 200$ AII đạt suất chiều cao tường. Ta tính toá

Sơ đồ tính là bài toán dầm có tiết diện $b \times h = 1 \times 0,8 \text{ m}$

$$\text{Có } F_a' = 6\phi 25 = 6 \times 4,908 = 29,45 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ta có: } A = M - R_a \cdot F_a' \cdot (h_0 - a) / (R_n \cdot b \cdot h_0^2)$$

$$= 10^2 \times 26227 - 2700 \times 29,45 \times (75 - 5) / (130 \times 100 \times 75^2) < 0$$

Như vậy cốt thép đã đặt theo cấu tạo là thừa khả năng chịu lực \Rightarrow tường đảm bảo độ bền.

Giai đoạn 3: đào đất tới cốt đáy dài. Lúc đó đã đổ sàn tầng ngầm thứ nhất sơ đồ tính là 1 đầu ngầm (với đất), 1 gối cố định (với ô sàn TN1) và 1 khớp

$$\gamma_{tb} = 4,5 \times 1,86 + 6,86 \times 1,65 / 11,36 = 1,733 \text{ T/m}^3$$

$$\text{áp lực đất tại ngầm là } P = 1,06 \times 1,733 + 10,3 \times (1,733 - 1) = 9,386 \text{ T/m}$$

$$P_{\text{nước}} = 10,3 \times 1 = 10,3 \text{ T/m}$$

Giả bài toán trên với dữ liệu về tiết diện như trên

ta có Mômen uốn lớn nhất tại tiết diện chân ngầm là:

$$M_{\text{max}} = -94626,21 \text{ kg.m}$$

Chuyển vị ngang lớn nhất tại giữa dầm

$$y_{\text{max}} = 0,001942 \text{ m} = 1,942 \text{ mm}$$

Tại điểm cách đỉnh tường là 8m

Chuyển vị là quá nhỏ (cho phép)

Kiểm tra độ bền vững của tường

$$\text{Vẫn với bài toán như vậy ta có } F_a' = 20,45 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow A = 94626,21 \times 10^2 - 2700 \times 20,45 \times (75 - 5) / (130 \times 100 \times 75^2)$$

$$= 3896571 / (130 \times 100 \times 75^2) = 0,0532 < A_0$$

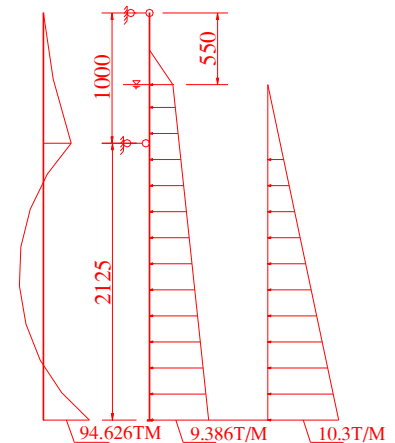
$$\Rightarrow \alpha = 0,0547 \Rightarrow x = \alpha h_0 = 0,0547 \times 75 = 4,1025 < 2a'$$

Từ đó F_a được tính theo công thức

$$F_a = M / R_a \cdot (h_0 - a) = 9462621 / 2700 (75 - 5) = 50,06 \text{ cm}^2$$

Như vậy F_a đã chọn $6\phi 25$ là không thoả mãn ta phải tăng diện tích cốt thép.

Thiên về an toàn chọn cốt thép $7\phi 32$ cho 1m tường hay $\phi 32a160$ có $F_a = 7 \times 8,042 = 56,297 \text{ cm}^2$ và đặt đều cho hai mép tường. Giá trị này được lấy thiên về an toàn khi chưa xét đến tải trọng động đất và tải trọng di động trên mặt đất (xe vận chuyển cạnh tường) cốt thép ngang được chọn theo cấu tạo $\phi 20a200$.



PHƯƠNG ÁN THI CÔNG TƯỜNG TRONG ĐẤT

1). Các số liệu tính toán

- Chiều cao 2 tầng hầm 8m
- Chiều dày đáy sàn tầng hầm và lớp chống thấm dày 1 m
- Chiều cao đài móng 3,3m

Như vậy để ổn định khi thi công đài móng \Rightarrow chiều cao tối thiểu của tường là $h_t \geq 8 + 1 + 3,3 = 12,3 \text{ m}$

Vì chân tường là đất sét (không cắm vào đá) và dưới đài móng là lớp đất bùn yếu vì vậy dự kiến tường kéo dài xuống qua lớp đất thứ 3 và 4, và ngầm vào lớp đất thứ 5 1 đoạn là 1.3m vậy chiều cao dự kiến của tường là:

$$H = 19.7 + 1.3 + 1.14 = 22.14 \text{ m}$$

Chiều dày của tường là 0.8m được duy trì trên suốt chiều cao tường. Cột tự nhiên cách mặt sàn tầng 1 là 1,14m

Vậy chiều sâu của tường kể từ mặt đất cần đào là: $h = 22.14 - 1.14 = 21 \text{ m}$,

2). Vật liệu để xây dựng tường trong đất

- Bê tông mác 300.
- Cốt thép nhóm AII.
- Dung dịch vữa sét

3). Giải pháp kết cấu của tường trong đất

Vì chu vi của tường quanh nhà là rất lớn yêu cầu tính toán khối của tường là cao nhất tuy nhiên trong thực tế thi công không thể đào hào 1 lần theo chu vi tường mà ta phải chia làm nhiều đoạn.

Chiều dài của từng đoạn được tính toán theo sự ổn định của vách hào và điều kiện thi công. Dự kiến chiều dài hố đào là 10m, chiều dày của tường là 0,8m.

Để làm cốt thép cho tường ta sử dụng thép gai thông thường chúng được buộc thành khung có chiều dài tương ứng với chiều sâu hố đào. Nhưng do chiều sâu lớn 21m ta chia làm 2 khung, mỗi khung có chiều cao 11m, chiều dài là 10m được hạ xuống hố đào bằng máy.

khung thứ nhất hạ xuống hào rồi dùng các thiết bị chắn ngang để định khung nằm ở cao trình mặt đất dùng cần trục để đưa khung thứ hai vào tới vị trí khung thứ nhất, định vị rồi nối buộc lắp ráp 2 khung lại với nhau sau đó hạ cả khung xuống tới chiều sâu thiết kế.

Chọn chiều dày lớp bảo vệ cốt thép là 5cm. Như vậy chiều rộng của khung là $80-2 \times 5 = 70\text{cm}$

-Cốt thép chủ theo phương thẳng đứng không được ngăn cản sự chuyển động của bê tông từ dưới lên và sự chảy của bê tông trong khối đổ. để đảm bảo điều kiện này khoảng cách giữa các thanh cốt chủ không nhỏ hơn 170-200mm. Đường kính cốt thép từ 20- 32mm. Vậy sơ bộ chọn các cốt chủ theo phương thẳng đứng là $\phi 25 \times 200$ được đặt đều cho cả hai bên mặt của tường. Giá trị này được kiểm tra trong phần thi công tầng hầm trong khung cốt thép được bố trí chỗ để đặt ống đổ bê tông. Hai phía mặt ngoài của khung có các tai cố định vị khung ở trong hào (cũng là để đảm bảo lớp bảo vệ của bê tông) ngoài ra phải làm các chi tiết chôn sắt để liên kết tường với đáy hoặc các tường ngang (sàn sau này)

Bê tông được đổ vào hào theo phương pháp đổ bê tông trong nước và tuân thủ nghiêm ngặt các yêu cầu của quá trình đổ bê tông trong nước.

Bê tông mác 300 đường kính cốt liệu lớn nhất $\leq 50\text{mm}$, bê tông cần phải dẻo thời gian ninh kết là tối đa, còn độ sụt là 16-20 cm. Để tăng cường thời gian ninh kết của bê tông ta sử dụng thêm phụ gia đặc biệt.

Trong quá trình đổ bê tông ta dùng vách chắn đầu là thép tấm 1 mặt hàn vào khung cốt thép để đảm bảo độ cứng của vách chắn như đã thể hiện trong bảng vẽ thi công phần ngầm, vách chắn là thép tấm có tăng cường ở mép là thép góc và thép chữ U, thép chữ U cũng dùng để định hướng khi hạ khung cốt thép vào hào khoảng cách giữa các thép chữ U được chọn phù hợp với bề rộng thiết kế của tường còn thép góc thì nhô ra khỏi hào 2 —3 cm để đảm bảo không thấm qua mối nối khi đổ bê tông.

Các cốt thép phân bố trong khối đổ (bước đào được hàn vào sắt góc với bước là 50 cm để chịu áp lực của bê tông từ tấm chắn truyền vào. đầu kia của thanh leo này được hàn vào 1 thép góc đặt thẳng đứng mà cánh của nó sẽ lùa vào sau cánh của thép chữ U, các thép góc được liên kết với nhau bằng các thanh cốt thép tạo thành một lưới ô vuông, khi lắp ghép lần lượt các khung cốt thép vào hào thì khối đổ trước đã đổ xong. Khung cốt thép được treo lên cần cầu lùa phía trái vào rãnh thép chữ U, mép bên phải hạ theo 1 khung dẫn hướng vào hàm kích thước khe dẫn hướng bằng thép chữ U có khe hở dự trữ khá lớn nên việc hạ dễ dàng miễn sao cánh thép góc phía trái ép sát vào cánh thép chữ U.

-Để làm kín phần rãnh hào với ống thép người ta hàn vào hai mặt ống thép 1 thép góc, khi hạ ống vào hào nó sẽ cắm sâu vào đất của vách hào

4). Vữa sét và các yêu cầu: giống như khi thi công cọc khoan nhồi

5). Chọn máy thi công : vì thi công trong đất sét và trong dung dịch benlonit (đất loại 1,2) vì vậy để đào hào ta có thể sử dụng loại Máy xúc có cần (Máy xúc cần 1 gỗ _Kết cấu của viện HNNCN). Bao gồm Máy cơ sở có cột định vị ,gầu được gắn vào tay dạng ống trượt theo cột định vị khung giữ trên gắn cứng với tay cần, còn khung giữ dưới có thể trượt được theo tay gầu và trên khung định vị.

đáy gầu lập từ phần trên kín và phần dưới là gầu ngoạm bằng hệ thống đòn bẩy nối với cáp này của máy xúc, khào và cáp căng cột định hướng có thể nghiêng được so với phương thẳng đứng 15° về hai phía.

Việc đào hào bắt đầu bằng việc đào 1 giếng dẫn rồi từ đó mở thành hào. Gõ được đáy giếng dẫn, nhờ hệ thống kích gầu ép vào thành hào để bốt được 1 lớp và kéo lên khỏi hào, chiều dày lớp bốt đó có thể điều chỉnh được nhờ hệ thống kích thủy lực sâu khi thay đi và tháo đất ở trong gầu 1 chu kỳ mới lại bắt đầu.

Các đặc trưng của máy đào hào được cho dưới đây:Năng suất đào: $7-8\text{m}^3/\text{h}$.

Bề rộng hào 0,6-0,8m

Ngoài máy đào hào còn có một hệ thống chế tạo và thu hồi duy trì sét

Căn cứ vào địa chất công trình: ta thấy rằng 3 lớp đất trên là lớp đất yếu và mặt khác để đảm bảo tường ngấm vào đất (tăng độ ổn định của tường) đặt chân tường vào lớp đất thứ 4. Chọn ngấm vào lớp thứ 5 là 1,3m \Rightarrow vậy chiều sâu của tường cần đào là $19,7+7,3=21\text{m}$.

Xác định tổng chiều dài của tường dựa vào hồ sơ kiến trúc có chiều dài của tường là:

$11,557+23,91+56,304+24,800+12,021+44,117=172,709\text{m}$ lấy chẵn 172,8m

Theo tài liệu thống kê về tổ hợp máy đào hào. Năng suất máy đào hào sơ bộ chọn $Q=18\text{m}^3/\text{h}$.

Như vậy chiều dài bước đào có thể chọn: $L_{\text{đào}}=8 \times 18/(21 \times 0,8)=8,57\text{m}$

Chọn chiều dài bước đào là 8m.

Như vậy năng suất yêu cầu đối với máy đào là: $Q=8 \times 21 \times 0,8/8=16,8\text{m}^3/\text{h}$.

Chiều dài bước đào được gọi là hợp lý khi thời gian để đảm bảo kết thúc khối đổ trong thời gian bằng một tới hai lần thời gian ninh kết của bê tông để giảm bớt khối lượng của vữa sét phải bơm ra khỏi hào và bơm vào khi đào.

Thời gian ninh kết của bê tông khi thiết kế có thể lấy $T_i=3\text{h}$.

Năng suất thực tế của máy bơm chọn là $30\text{m}^3/\text{h}$. Như vậy thời gian kết thúc cho 1 khối đó là: $=8 \times 21 \times 0,8/30=4,48\text{h}=1,5T_i$.

Như vậy chiều dài bước đào đã chọn là hợp lý. Tổng số bước đào của toàn công trình là $N_{\text{đào}}=l/b_{\text{đào}}=172,8/8=21,6$ bước đào.

Mỗi bước đào và đổ bê tông được thực hiện liên tiếp cho tới khi kết thúc đổ bê tông cho 1 bước đào, thời gian để hoàn thành một đoạn tường như vậy được thực hiện trong 1 ngày.