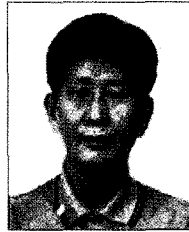


PHC PILE 영구벽체 공법의 설계내력 산정



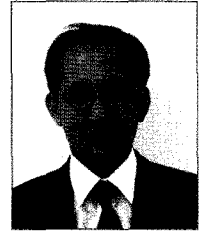
김 대 호 대표
(주)한울구조,
건축구조기술사,
공학박사



원 영 술 대표
(주)한울구조,
공학박사



이 진 섭 상무
삼표건설(주),
공학박사



김 원 근
토목구조기술사

1. PHC PILE 영구벽체 공법의 소개

지하구조물 공사시 기존 공법은 흙막이공사를 위한 토류벽 또는 CIP를 설치하고, 지하 터파기공사 후 지하외벽을 시공하는 방법으로 공사가 이루어지고 있다.

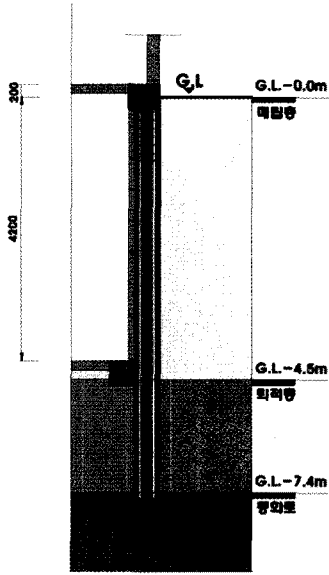
기존 공법은 흙막이 공사와 지하외벽 공사를 분리 시공함으로써 시공성 및 경제성 측면에서 불리하며 공기지연 및 공간

활용 측면에서도 불리하였다.

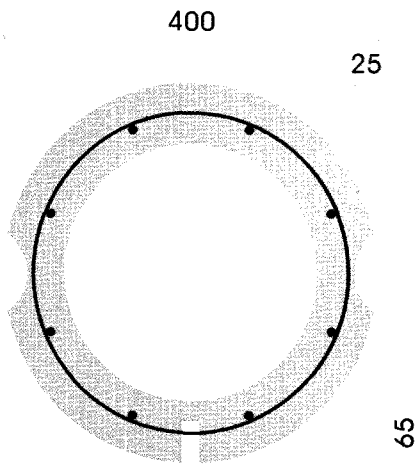
본 PHC PILE 영구벽체공법은 PHC PILE을 이용하여 시공시에는 흙막이로 사용하고, 추후 PHC PILE을 지하외벽으로 사용함으로써 시공성, 경제성, 환경성 및 사용성을 증진시키며 공기단축 및 공간활용을 극대화할 수 있는 신공법이다.

<p>지하주차장 및 기존 공동주택 PIT층 시공현황</p>	<p>기존기술</p> <p>내부 거푸집 지어1층</p> <p>지하벽체 지어2층</p> <p>2단 절근조립</p> <p>콘크리트</p> <p>LW Grouting</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 인건비 고가. - 공정이 상대적으로 복잡. - 현장 타설이므로 외부환경의 영향이 상대적으로 큼. - 토류벽 별도 시공. - 내부벽체 별도 시공. - 장비의 이동이 심함.
<p>PHC PILE 영구벽체 공법</p>	<p>PHC 벽체</p> <p>내부 거푸집 지어1층</p> <p>지하벽체 일몰 (t=10~19cm) 지어2층</p> <p>1단 절근조립</p> <p>콘크리트</p> <p>LW Grouting</p> <p>PHC 벽체</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 흙막이를 영구벽체로 활용. → 건축 면적을 최대한 사용. - 공장제작으로 외부환경의 영향을 상대적으로 적게 받음. - 시공이 간편함. - 시공속도가 빨라 공기를 줄일 수 있음. - 기계화 시공이 용이. ☆ 내력벽 및 기초파일 겸용 사용.

2. PHC PILE의 내력검토



PHC PILE 영구벽체 단면



PHC PILE 단면형상

PHC파일의 PM상관도(φ400×65B×1,450)

1) 기본 데이터

(1) 단면크기

외경 : $h = 400 (mm)$

두께 : $t = 65 (mm)$

축방향강선 중심에서 표면까지 거리 : $d_s = 35 (mm)$

(2) 콘크리트

설계기준강도 : $f_{ck} = 80 (MPa)$

유효인장응력 : $f_{\sigma} = 8 (MPa) < B종 기준 >$

(3) PC강선

개수 : $n = 8ea$

1개 단면적 : $A_{p1} = 64 (mm^2)$

강봉단면적 : $A_p = nA_{p1} = 8 \times 64 = 512 (mm^2)$

인장응력도 : $f_{ps} = 1,450 (MPa)$

항복응력도 : $f_{py} = 1,300 (MPa)$

탄성계수 : $E_s = 200,000 (MPa)$

2) 기본계산

(1) 단면치수

외측반경 : $r_o = \frac{h}{2} = \frac{400}{2} = 200 (mm)$

파일의 내경 :

$h' = h - 2t = 400 - 2 \times 65 = 270 (mm)$

내측반경 : $r_i = \frac{(h - 2t)}{2} = \frac{400 - 2 \times 65}{2} = 135 (mm)$

(2) 콘크리트

$$\begin{aligned} \text{단면적 } A_g &= \frac{\pi h^2}{4} - \frac{\pi (h - 2t)^2}{4} \\ &= \frac{3.14 \times 400^2}{4} - \frac{3.14 \times 270^2}{4} = 68,374 mm^2 \end{aligned}$$

prestress도입시 콘크리트강도 : $f_{ci} = 60 (MPa)$

prestress도입시 탄성계수

$f_{ca} = f_{ck} + 8 = 60 + 8 = 68 (MPa)$

$E_c = 8,500\sqrt{3}f_{ca} = 8,500\sqrt{3} \times 68 = 3.78 \times 10^4 (MPa)$

탄성계수

$f_{cu} = f_{ck} + 8 = 80 + 8 = 88 (MPa)$

$E_c = 8,500\sqrt{3}f_{cu} = 8,500\sqrt{3} \times 88 = 3.47 \times 10^4 (MPa)$

중립축거리 : $c (mm)$

등가응력블록의 높이비 :

$$\beta_1 = 0.85 - (f_{ck} - 28) \times 0.007 \geq 0.65$$

등가응력블록의 높이 : $a = \beta_1 c (mm)$

파일공간블럭의 높이 : $a' = a - t (mm)$

(3) PC강선

강선 중심선의 직경 :

$$h_m = h - 2d_s = 400 - 2 \times 65 = 270 (mm)$$

강선 중심선의 반경 :

$$r_p = r_o - d_s = 200 - 35 = 165 \text{ (mm)}$$

강선의 환산두께 :

$$t_p = \frac{A_p}{2\pi r_p} = \frac{512}{2 \times \pi \times 165} = 0.4939 \text{ (mm)}$$

강선의 항복변형도 :

$$\epsilon_y = \frac{F_y}{E_s} = \frac{1,300}{200,000} = 0.0065$$

압축연단에서 강선까지의 거리 :

$$d_1 = h - d_s = 400 - 35 = 365 \text{ mm}$$

$$d_2 = \frac{h}{2} + \frac{h_m}{2} \cos 45^\circ = 200 + 165 \times 0.7071 = 317 \text{ mm}$$

$$d_3 = \frac{h}{2} = 200 \text{ mm}$$

$$d_4 = \frac{h}{2} - \frac{h_m}{2} \cos 45^\circ = 200 - 165 \times 0.7071 = 83 \text{ mm}$$

$$d_5 = d_s = 35 \text{ mm}$$

강선의 단면적

$$A_1 = 1 \times 64.0 = 64.0 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 2 \times 64.0 = 128.0 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = 2 \times 64.0 = 128.0 \text{ mm}^2$$

$$A_4 = 2 \times 64.0 = 128.0 \text{ mm}^2$$

$$A_5 = 1 \times 64.0 = 64.0 \text{ mm}^2$$

강선의 변형도 :

$$\epsilon_i = \epsilon_{pe} - \epsilon_{ca} \times \frac{c - d_i}{c} + \epsilon_{ce}$$

강선의 응력도 :

$$f_i = E_s \epsilon_i = 2.0 \times 10^5 \times 10^{-3} \times \epsilon_i \text{ (MPa)}$$

$$(\epsilon_i \leq 0.0058)$$

$$f_i = f_{pu} - \frac{0.8}{\epsilon_i - 0.003} = 1,450 - \frac{0.8}{\epsilon_i - 0.003} \text{ (MPa)}$$

$$(\epsilon_i \leq 0.0058)$$

강선의 인장력 :

$$T_i = A_i f_i$$

(4) 유효인장력과 변형률

유효인장응력 : $f_{\alpha} = 8.0 \text{ (MPa)} < B \text{ 중 기준} >$

유효인장력 :

$$P_e = 8.0 \times 68,374 \times 10^{-3} = 547.0 \text{ (kN)}$$

강선의 유효변형률 :

$$\epsilon_{pe} = \frac{P_e}{A_p E_c} = \frac{547.0 \times 10^3}{512 \times 2.0 \times 10^5} = 0.005342$$

콘크리트의 유효변형률 :

$$\epsilon_{ce} = \frac{P_e}{A_c E_c} = \frac{547.0 \times 10^3}{68,374 \times 3.78 \times 10^4} = 0.000212$$

(5) 긴장재의 응력검토

긴장시 :

$$f_{p(\max)} = \text{Min}[0.8f_{pu}, 0.94f_{py}]$$

$$= \text{Min}[0.8 \times 1,450, 0.94 \times 1,300] = 1,160 \text{ (MPa)}$$

$$f_{pi} = \frac{P_i}{A_p} = \frac{1.1 \times 547 \times 1,000}{512}$$

$$= 1,160 \approx f_{p(\max)} = 1,160 \text{ (MPa)} \quad \text{OK}$$

prestress 도입직후 :

$$f_{p(\max)} = \text{Min}[0.74f_{pu}, 0.82f_{py}]$$

$$= \text{Min}[0.74 \times 1,450, 0.82 \times 1,300] = 1,066 \text{ (MPa)}$$

$$f_p = \frac{P_e}{A_p} = \frac{547 \times 1,000}{512}$$

$$= 1,068 \approx f_{p(\max)} = 1,066 \text{ (MPa)} \quad \text{OK}$$

(6) 콘크리트의 응력검토

prestress 도입직후 :

휨압축응력 : $f_{p(\max)} = 0.6f_{ci}$

$$f_{ci} = \frac{P_i}{A_c} = \frac{1.1 \times 547 \times 1,000}{68,374}$$

$$= 8.80 < (\max)f_{ci} = 0.6 \times 80 = 48 \text{ (MPa)} \quad \text{OK}$$

(7) 균열휨모멘트

휨파괴계수 :

$$f_r = 0.63\sqrt{f_{\alpha}} = 0.63\sqrt{80} = 5.63 \text{ (MPa)}$$

단면2차모멘트 : $I_g = \frac{\pi}{64} [h^4 - (h - 2t)^4]$

$$= \frac{\pi}{64} [400^4 - (400 - 2 \times 65)^4] = 995,766,571 \text{ (mm}^4\text{)}$$

균열모멘트 :

$$M_{\alpha} = \frac{I_g}{r_o} (f_{\alpha} + f_r) = \frac{995,766,571}{200} \times (8.0 + 5.63) \times 10$$

$$= 67.9 \text{ (kNm)}$$

(8) 파괴휨모멘트

극한휨모멘트 : $M_u = 117.6 \text{ (kNm)}$ (P-M 상관도 참고)

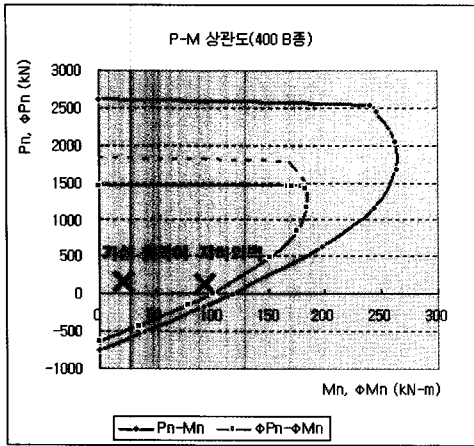
(9) 평형중립축거리계산

$$\epsilon_{py} = \epsilon_{pe} - \epsilon_{ax} \times \frac{c_b - d_1}{c_b} \times \epsilon_{ce}$$

$$C_b = \frac{\epsilon_{ax} d_1}{\epsilon_{py} + \epsilon_{ax} - \epsilon_{pe} - \epsilon_{ce}}$$

$$= \frac{0.003 \times (400 - 35)}{0.0065 + 0.003 - 0.005342 - 0.000212} = 277.5 (mm)$$

3) P-M상관도



그림에서와 같이 가설 흙막이와 지하외벽 검토 결과 400 PHC PILE로도 충분한 내력을 발휘하는 것으로 나타났다.

3. 맺는말

이상으로 PHC PILE을 사용함으로써 시공시에는 흙막이로 사용되고 또 완공시에는 지하외벽으로 사용되는 'PHC PILE 영구벽체 신공법'의 특성 및 관련된 연구 결과를 간략히 소개하였다.

본 공법은 기존의 가설 흙막이 대신 PHC PILE을 영구벽체로 사용함으로써 공사비가 절감되고 또 공기단축이 가능하여 앞으로 국내 건설시장의 향상에 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 신현목, "프리스트레스 콘크리트" 동명사
2. "PCI DESIGN HANDBOOK 6th" PCI
3. "건축구조기준(2009)" 국토해양부
4. "가설구조물의 해설" 명문사