

# 건축옹벽과 흙막이 H-Pile로 합성된 복합 지하벽의 거동 및 설계

Behavior and Design of Hybrid Basement Wall System in Building Compositod with Architectural Retaining Wall and Sheet H-Pile



서수연\*  
Soo-yeon Seo



황기수\*\*  
Ki-soo Hwang



최창식\*\*\*  
Chang-sik Choi



이리형\*\*\*  
Li-hyung Lee

## 1. 머리말

지반굴착공사에서 흙막이공은 지반굴착을 안전하게 하기 위한 것으로 굴착작업 시에 현장내의 주변 흙이나 물의 유입을 막으면서 토압 및 수압 등의 측압에 저항토록 가설구조물을 설치하는 공사를 말하며, 흙막이공은 직접 흙에 접하는 흙막이 벽과 이를 지지하는 지보공으로 구성된다. 현재 많이 사용되고 있는 흙막이 벽은 H-Pile + 토류판(엄지말뚝 및 토류판) 흙막이, 널말뚝 흙막이, 주열식 흙막이(CIP 및 SCW), 지하연속벽 흙막이 공법들이 있다.

이와 같은 흙막이 벽은 지하 굴토시에는 토압에 저항하는 흙막이로 활용되지만, 건축물의 지하벽이 구축되고 난 이후에는 그 역할이 없어지기 때문에 제거되거나, 실제 토압에 저항을 하더라도 설계에서는 반영되지 않는다. 이들 흙막이 벽의 구성 요소 중 구조재로서 활용가능성이 높은 부재를 적절하게 활용함으로써 건축 벽의 구조성능을 향상시키고 이에 의한 효과로서 경제성과 안전성을 제고시킬 수 있다.

복합 지하벽은 현행 흙막이 공법에서 단순히 가시설재로만 사용되고 있는 흙막이 벽과 건축 지하벽을 합성시킨 벽체를 말한다. 이 복합 지하벽의 기본적인 개념은 흙막이 벽체를 건축 구조부재로 활용함으로써 건축 지하벽의 구조성능을 향상시키는 것이다.

복합 지하벽에 대한 기본적인 개념은 1990년대 초반 일본에서 시작되었으며 국내에서는 1990년대 후반에 공법개발이 시작되어 현재 많은 건축현장에서 적용되고 있다. 통상의 복합 지하벽은 주열식 흙막이 벽의 H-Pile과 건축 지하벽을 합성시킨 벽을 말하며, 현장적용 시, 전단 연결재에 의한 합성효과와

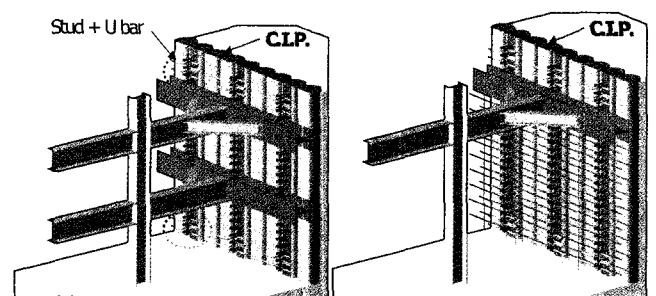
작용 응력의 특성을 반영하여 설계하게 된다.

본고에서는 복합 지하벽에 대한 공법의 현황과 시공방법, 토압에 대한 저항 메커니즘, 구조적 특성 및 설계법을 기술하고자 한다.

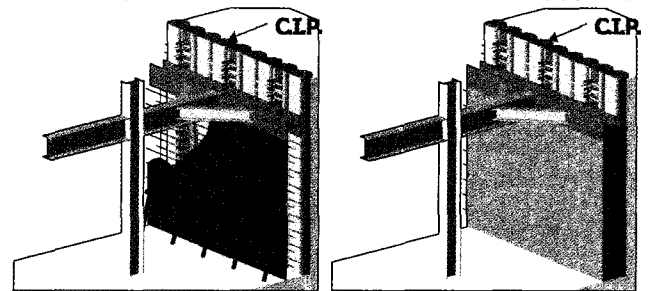
## 2. 복합 지하벽 공법의 개요

복합 지하벽 공법의 기본적인 개념은 흙막이 벽의 일부를 건축구조부재로 활용하는 것으로서, 통상 주열식 흙막이 내에 있는 H-Pile과 건축 지하벽이 합성된 부재를 말한다. 복합 지하벽의 시공과정은 다음과 같다.(그림 1)

### ① CIP흙막이 파일 시공



a. 굴토의 진행과 함께 전단연결재 시공 b. 최하단 굴토 완료후 벽체내 철근 배근



c. 벽체 콘크리트 타설

d. 복합 지하벽 완성

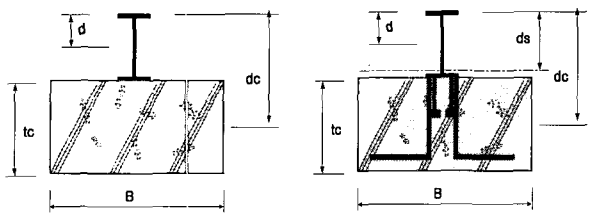
그림 1. 복합 지하벽의 시공과정

\* 정희원, 충주대학교 건축공학과 교수  
syseo@chungju.ac.kr

\*\* 정희원, (주)건양구조, 대표이사

\*\*\* 정희원, 한양대학교 건축공학부 교수





$$I = Bt_c^3/12n$$

$$I = Bt_c^3/12n + I_s + A_s(d-d_s)^2 + A_c(d_c-d_s)^2/n$$

그림 5. H-Pile의 합성에 의한 강성의 증대

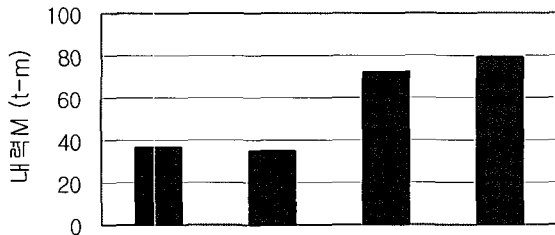


그림 6. 합성에 따른 단면 휨내력의 변화

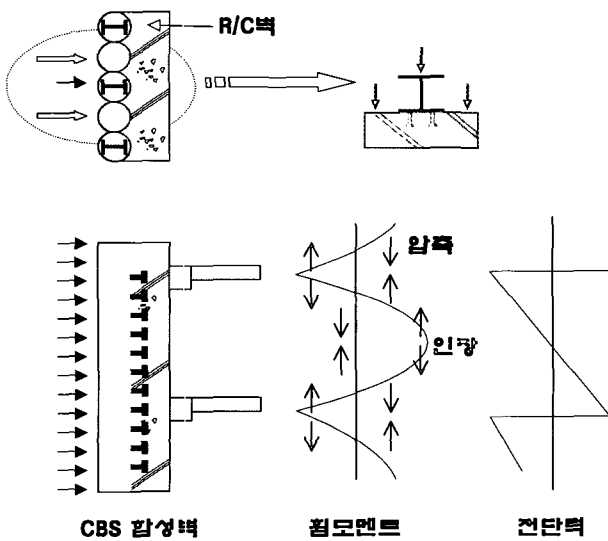


그림 7. 복합 지하벽의 응력상황



사진 1. 복합 지하벽의 펀칭 및 H-Pile의 좌굴

지하 5층 건축벽의 두께를  $t_c = 567 \text{ mm}$ 로 가정하고, 유효 폭  $B = 1,000 \text{ mm}$ , 벽체의 내측에 HD 22@200, 외측에 HD 16@200인 철근을 배치하고 SS400인 H-300×300×10×15 H-Pile을 합성할 경우에 대한 단면의 보유 휨 내력을 비교하면, <그림 6>과 같다. 그림으로부터 흙막이 벽과의 합성을 통하여 2배 이상의 휨내력 증가가 가능해짐을 알 수 있으며, 이러한 휨 내력의 증가는 기본적으로 휨 강성의 증가에 의한 것으로서, 결국 건축 지하벽의 두께와 철근량의 절감을 유도할 수 있기 때문에 경제성의 측면에서도 유리하게 된다.

<그림 4(b)>와 같이 건축 지하벽을 통하여 전달되는 압력이 H-Pile을 통하여 전달되는 압력에 비하여 현저하게 높은 것으로 가정하여 휨실험을 실시한 연구결과<sup>3)</sup>에 의하면, 주된 파괴 기구는 전단 연결재에 부담되는 응력의 증가에 의해 <사진 1>과 같이 건축 지하벽이 펀칭파괴되는 양상을 보이고 압축측에 있는 H-Pile이 횡좌굴되는 것으로 나타났다. 또한 중중적으로는 콘크리트 벽체가 펀칭에 의해 전단파괴되면서 급격히 내력이 저하되었다. 모든 토압이 흙막이 벽을 통하여 전달되도록 하고 흙막이 벽에 있는 소일시멘트의 기여도를 고려한 정란 등<sup>4)</sup>의 실험에서는 소일 시멘트에 의해서 H-Pile의 좌굴현상이 발생하지 않았으며, 전체내력도 11~8% 상승하는 것으로 나타났다. 또한 전단연결재의 합성율에 의한 영향을 연구한 실험<sup>3)</sup>에서는 60% 이상의 합성률을 확보할 경우, 휨강도와 강성의 측면에서 H-Pile과 콘크리트 벽이 일체로 거동하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 콘크리트 벽에 직접 하중을 가한 실험에서도 유사한 것으로 나타났다. 복합 지하벽의 내력증가에 가장 높은 기여를 하는 것은 콘크리트 벽체내 주근의 양으로서, <그림 8>과 같이 주근 양이 증가함에 따라 비례적으로 내력이 증가하는 것으로 나타났다.

복합 지하벽의 휨파괴기구는 전단연결재의 합성률에 따라,

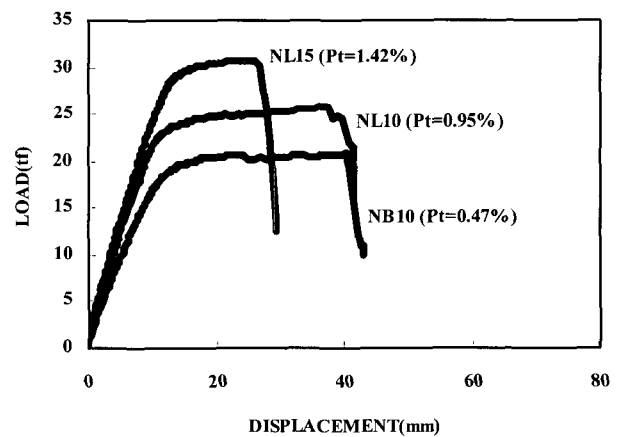


그림 8. 인장철근량에 따른 내력비화<sup>3)</sup>

크게 일체형 휨과괴, 전단연결재의 인장과괴, 합성벽체에서의 편칭 전단과괴로 구분할 수 있으며, 일체형 거동을 보이더라도 종국과괴형상은 전단연결재가 설치된 부위에서 콘크리트 벽체의 편칭과괴에 이르는 것으로 나타났다. 따라서 전체적인 연성 거동을 유도하기 위해서는 전단연결재에서의 비선형 거동을 유도하는 것이 바람직한 것으로 보인다.

콘크리트 벽과 H-Pile이 일체로 휨거동을 할 경우 복합 지하벽의 휨강도는 합성단면의 휨성능으로 구해낼 수 있다. 일반 합성보의 부모멘트 지역 및 정모멘트 지역에 대한 설계법을 적용하여 휨설계를 할 수 있으나, 각 층 중앙부에서의 정모멘트에 대해서는 전단연결재 설계시 인장에 의한 영향을 고려하여 설계함이 바람직하다.

### 3.3 전단거동

일반 합성보의 전단설계시에는 <그림 9(a)>와 같이 전단력이 크게 작용하는 단부에서 콘크리트 슬래브가 부모멘트에 의하여 인장력을 받고 있으며, 콘크리트 슬래브의 두께가 상대적으로 작기 때문에 안전측의 설계개념으로 콘크리트의 전단에 대한 기여도를 무시하고, 철골보의 웨브에 의해 합성부재의 전단내력이 결정되도록 하고 있다. 그러나 복합 지하벽은 <그림 9(b)>에 나타낸 바와 같이 전단력이 높은 단부에서 콘크리트 벽체가 압축응력을 받을 뿐만 아니라, 콘크리트 벽체두께가 일반 합성보의 콘크리트 슬래브에 비해 상대적으로 크기 때문에 전단에 효과적으로 저항하게 된다.

임의의 복합 지하벽 단면에 대하여 콘크리트와 H-Pile의 웨브부분이 보유하고 있는 전단내력의 크기를 계산하면 <그림 10>과 같으며, 콘크리트 벽체가 두꺼울수록 콘크리트 부분의 전단내력은 증가하여 벽체 두께가 150 mm에 이르게 되면 H-Pile의 전단내력을 상회함을 알 수 있다.

복합 지하벽에 대한 전단실험결과<sup>5)</sup> 합성률이 30% 이상일 때 합성률의 증가에 따른 전단내력의 상승은 없었으며, 실험체의 단부에 스타드 볼트를 배치한 경우 스타드 볼트에 의한 압축장의 구축으로 인해 같은 개수의 스타드 볼트가 스패에 균등히 배열된 실험체보다 콘크리트의 보유전단내력이 상승하는 것으로 나타났다. 또한 소정의 합성률이 확보될 경우, 철골부재와 콘크리트 벽체가 최대내력시까지 일체로 거동하며, 이를 고려하여 전단내력 산정시 합성부재의 전체깊이를 적용한 경우 기존의 내력식을 이용하여 복합 지하벽의 전단내력이 적절하게 예측되는 것으로 나타났다. 전단력에 대한 저항요소는 H-Pile의 웨브( $V_s$ ), 벽체 내의 콘크리트( $V_c$ )와 철근( $V_{re}$ )으로서 전단내력은 이들 요소의 합이 된다.

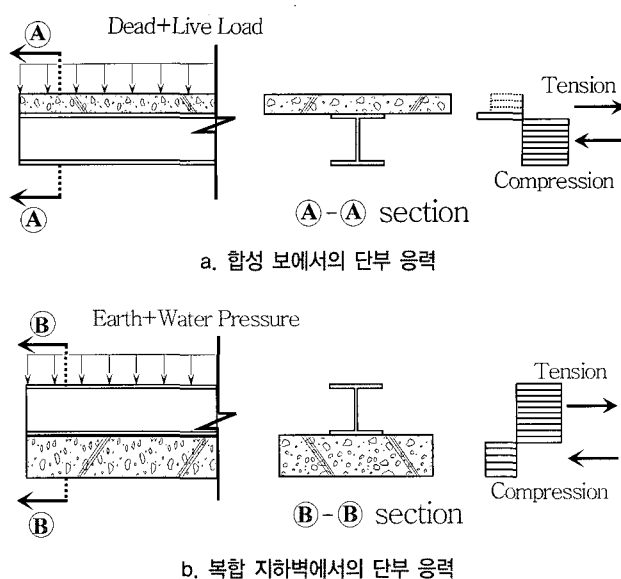


그림 9. 합성 보와 복합 지하벽 단부에서의 응력상황

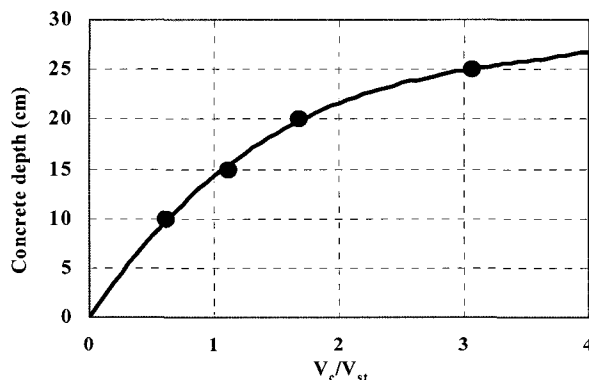
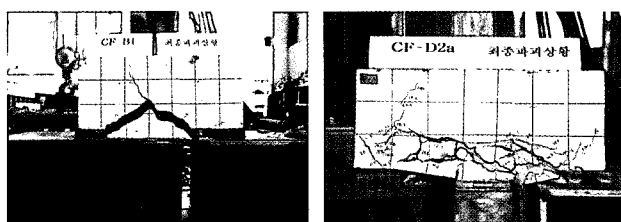
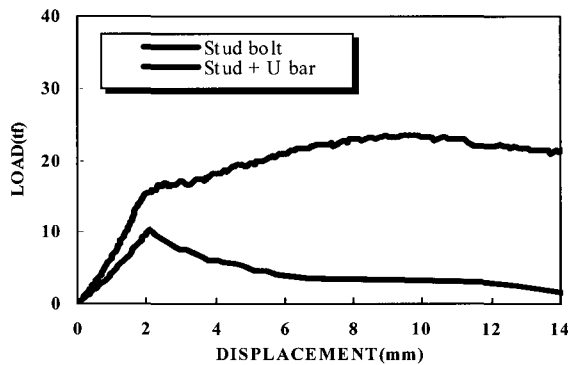


그림 10. 복합 지하벽에서 콘크리트의 전단내력<sup>5)</sup>



a. Stud bolt      b. Stud + U bar



c. 하중-변위 곡선

그림 11. U-bar사용에 의한 내력 및 연성 증진

### 3.4 전단연결재의 거동

흙막이 H-Pile과 콘크리트 벽을 일체화시키기 위해 사용하는 전단연결재는 <그림 2>에 나타난 바와 같이 스티드 볼트, T형강재, U형 철근 등이 사용될 수 있다. 콘크리트와 강재가 합성된 일반 합성구조에서는 전단 연결재에 작용하는 주된 응력이 H-Pile과 콘크리트간의 전단력이 되지만, 복합 지하벽의 경우에는 <그림 4(b)>와 같이 콘크리트 벽에 직접 전달되는 압력에 의해 전단연결재에는 무시할 수 없는 정도의 인장력이 발생하게 된다. 이와 같이 인장응력이 작용할 경우, 스티드 접합부의 전단강도는 인장응력의 크기에 따라 저하되게 된다. NEHRP 기준<sup>6)</sup>에 의하면, 인장응력이 상대적으로 낮은 경우에는 전단강도가 충분히 발휘될 수 있는 것으로 평가하고 있으며, 역으로 전단응력이 상대적으로 작은 경우에는 인장강도의 저감이 없는 것으로 규정하고 있지만, 인장응력이 공칭 인장강도의 20%를 초과하고 전단력이 공칭전단강도의 20%보다 작은 경우에는 전단강도와 인장강도를 저감시키도록 하고 있다.

복합 지하벽 공법에서 H-Pile 내에는 많은 양의 스티드 볼트를 설치하더라도 충분한 내력의 발휘가 어렵다. 이는 스티드 볼트의 무리효과(group effect)에 의한 것으로서 콘크리트의 콘파괴에 의해 내력이 결정되기 때문에 많은 양의 스티드 볼트를 배치하더라도 내력의 상승은 기대할 수 없게 된다. 이와 같은 특성을 고려하여, <그림 2>에 나타난 바와 같은 U형 철근을 추가로 사용함으로써 콘크리트의 파괴면적을 확대시켜 내력과 연성을 증진시킬 수 있다. <그림 11>은 U형 철근을 추가로 배치할 경우, 접합부에서의 인장내력이 증가되며 또한 연성이 증진한 실험결과<sup>7)</sup>를 나타낸 것이다.

## 4. 복합 지하벽의 시공적 특성

### 4.1 복합 지하벽의 응력변화

복합 지하벽은 흙막이로 시공된 가설부재를 본 구조로 활용하는 것이기 때문에 가설재로 시공된 흙막이 부재에 대한 계측을 통하여 그 거동을 예측할 수 있다. 이에 Sato Eiji 등<sup>1)</sup>은 소일 시멘트 주열의 강재를 이용한 실제 복합 지하벽의 현장계측을 실시하여 실제 지하굴토 및 건물 시공시, 지하벽의 거동 특성을 평가하였다. 지하굴토시 1, 2단 버팀대 해체 전후에 있어서 토류벽의 변위 및 H-Pile의 응력을 측정하였으며, 이로부터 증분되는 모멘트를 역산한 결과, 합성벽으로 가정하여 계산한 응력증분과 유사한 것으로 나타났음을 확인하였다. 또한, 철근콘크리트 벽의 시공 후에는 소일 시멘트(흙막이 벽)와의 사이에 간극수압이 발생하는 것을 확인하고 흙막이 벽과 콘크리

트 지하벽을 연결하는 전단연결재에는 전단력과 축력이 동시에 발생하는 것으로 보고하였다. 또한 역타와 순타로 시공되는 현장에서 복합 지하벽의 전단연결재에 작용하는 응력을 계측하였으며, 그 결과 지하공사가 종료되고 벽면수압이 상승하면 그 수압에 의한 축력정도의 인장응력이 스티드 볼트에 작용하며, 이 인장응력은 전단응력보다 크다는 것을 확인하였다. 또한 순타공법에 비하여 역타공법으로 시공할 경우 복합 지하벽에 발생하는 응력의 변동이 작은 것을 확인하였다.

이상의 계측결과로부터, 흙막이 H-Pile과 철근콘크리트 지하벽은 일체로 거동하며 토압과 수압의 전달은 콘크리트 벽면을 통하여 직접 전달되어 전단연결재에 인장응력이 발생하게 되므로 이를 고려한 설계가 요망됨을 알 수 있다.

### 4.2 복합 지하벽의 장기 내구성

건물 시공 후 13년이 경과된 H-Pile에 대한 내구성 시험<sup>1)</sup>을 통하여 매립된 H-Pile에 대한 장기 내구성이 평가되었으며, 평가시의 시험항목은 코어 보링을 채취한 소일시멘트에 대한 강도시험과 PH시험 및 중성화 시험, H-Pile에 대한 부식속도 측정이다. 측정결과, 장기간 경과한 소일 시멘트 주열식 흙막이 벽의 압축강도는 시공직 후 보다 높은 값을 나타내었으며, 소일 시멘트 내부에 있어서의 PH는 10~11의 범위로서 녹이 발생되지 않는 범위인 것으로 나타났다. 중성화 시험결과는 약 20mm까지는 부분적으로 중성화의 진행이 보이지만, 그 내부에는 중성화의 진행이 나타나지 않았다. H-Pile에 대한 부식속도는 100년 당 0.005~0.02mm로서 지반 중의 강재에 비교해서 1/50~1/200 정도이며 콘크리트 내의 철근에 가까운 값을 보여 전체적으로 강재의 부식은 진행되지 않았다.

이상의 결과는 지반상태에 따라 다르지만, 기본적으로 매립된 강재의 경우에는 산소의 침투량이 미소하기 때문에 그 부식 정도는 매우 낮게 된다는 것을 알 수 있다.

## 5. 복합 지하벽의 설계 및 시공사례

### 5.1 복합 지하벽의 구조설계

#### 5.1.1 휨설계

##### (1) 벽체의 유효폭

벽체의 거동은 토압 및 수압과 같은 횡력에 대하여 철근콘크리트 슬래브와 같이 휨거동을 하기 때문에 유효폭을 T형보의 유효폭과 동일한 방법으로 산정한다.

##### (2) 정모멘트에 대한 단면 산정

정모멘트를 받는 완전 합성 단면의 인장축 및 압축축 응력도는 유효폭 내의 합성벽체와 나란한 철근 및 철골 H-pile로서 산정할 수 있다. 다만 불완전합성보의 적용은 제외한다.

가) 가설 받침 스트러트가 있는 경우

시공중 가설 받침 스트러트를 사용할 경우에는 식(1)과 같이 전하중에 대하여 단면산정을 할 수 있다

$$\begin{aligned} c\sigma_s &= (M_D + M_L) / cZ_{tr} \leq f_b \\ t\sigma_s &= (M_D + M_L) / tZ_{tr} \leq f_b \\ t\sigma_R &= (M_D + M_L) / t_R Z_{tr} \leq f_{st} \end{aligned} \quad (1)$$

여기서,  $c\sigma_s, cZ_{tr}$  : 합성단면 H-Pile의 압축축 휨응력, 단면계수  $t\sigma_s, tZ_{tr}, f_b$  : 합성단면 H-Pile의 인장축 휨응력 및 단면계수  $t\sigma_R, tZ_{tr}$  : 합성단면 벽체 철근에 작용하는 인장응력 및 단면계수,  $M_D$  : 고정하중에 의한 휨모멘트,  $M_L$  : 적재하중에 의한 휨모멘트,  $f_b$  : 강재의 허용휨응력도,  $f_{st}$  : 철근의 허용인장응력도.

나) 가설 받침 스트러트가 없는 경우

시공중 가설 받침 스트러트를 사용하지 않을 경우 철근의 응력도가 적어지기 때문에 대칭단면일 때 인장철근의 응력도산정은 생략하더라도 충분히 안전축이 될 수 있다. 또한 철골 H-pile의 횡좌굴 및 국부좌굴이 생기지 않도록 검토하여야 한다.

(3) 부모멘트에 대한 단면 산정

부모멘트 구간에서 콘크리트 벽체는 압축, H-pile은 인장을 받게 되므로 부분합성률이 적용될 수 있다.

가) 완전합성인 경우

① 가설 스트러트가 있는 경우

$$\begin{aligned} t\sigma_s &= (M_D + M_L) / tZ_{tr} \leq f_b \\ c\sigma_c &= (M_D + M_L) / cZ_{tr} \leq 0.4 F_c \end{aligned} \quad (2)$$

여기서,  $c\sigma_s$  : 합성단면 벽체 콘크리트의 압축응력도, n: 완전합성부재의 전단연결재 소요개수,  $F_c$  : 콘크리트 압축강도.

② 가설 스트러트가 없는 경우

- 콘크리트 강도가 설계기준강도의 75%에 도달하기 전의 보 단면은 식(3)에 의해 산정 될 수 있다.

$$t\sigma_s = M_D / tZ_s \leq f_b \quad (3)$$

- 콘크리트의 강도가 설계기준강도의 75%에 도달한 후의 보 단면은 식(4)에 의해 산정할 수 있다.

$$\begin{aligned} t\sigma_s &= (M_D + M_L) / tZ_{tr} \leq f_b \\ t\sigma_s &= M_D / tZ_s + M_L / tZ_{tr} \leq 1.35 f_b \end{aligned} \quad (4)$$

나) 불완전합성인 경우

식(3), 식(4)에서  $tZ_{tr}$  대신  $tZ_e$ 를 사용한다.

$$tZ_e = tZ_s + \sqrt{V_h' / V_h} (tZ_{tr} - tZ_s) \quad (5)$$

여기서,  $tZ_e$  : 불완전합성단면의 유효단면계수,  $tZ_s$  : H-pile 인장축 단면계수,  $V_h$  : 완전합성단면의 설계용 전 수평전단력,  $V_h'$  : 불완전합성단면의 설계용 전 수평전단력

### 5.1.2 전단설계

전단설계는 강재인 H-pile의 전단내력과 철근 콘크리트 벽체의 전단내력을 합한 것을 원칙으로 하며, 단면산정시 적용되는 설계식은 다음과 같다.

$$V \leq V_n = V_s + V_c + V_{re} \quad (6)$$

여기서,  $V_s = f_s \cdot A_w$  ( $A_w$  : 철골웹의 단면적 =  $h \cdot t_w$ ),  $V_c = 0.3 \sqrt{F_c} A_c \leq 1.33 \sqrt{F_c} \cdot A_c$  ( $A_c$  : 유효 폭 내에 있는 콘크리트 단면적),  $V_{re} = a_v f_v d / s$

### 5.1.3 전단 연결재의 설계

(1) 콘크리트 벽체와 H-pile의 합성작용에 의해 양자 간에 생기는 전단력은 전단 연결재가 모두 부담하도록 설계한다.

(2) 전단 연결재에 작용하는 수평전단력은 다음 식 중에서 작은 값으로 한다.

가) 정모멘트의 경우 : 다음 식 중 작은 값으로 한다.

$$V_h = \frac{A_{sr}F_{yr}}{2} \quad (7)$$

$$V_h = \frac{A_sF_y}{2}$$

여기서,  $A_{sr}$ : 횡인장보강철근의 전단면적,  $A_s$ : H-Pile의 전단면적,  $F_{yr}$ : 철근의 항복강도,  $F_y$ : 강재의 항복강도

나) 부모멘트의 경우: 다음 식 중 작은 값으로 한다.

$$V_h = \frac{0.85A_cF_c}{2} \quad (8)$$

$$V_h = \frac{A_sF_y}{2}$$

(3) 수평 전단력에 대한 전단 연결재의 산정

가) 완전합성보

$$n = V_h / q \quad (9)$$

나) 불완전합성보

$$n' = V_h' / q \quad (10)$$

여기서,  $V_h' \geq 0.25 V_h$ ,  $n'$ : 불완전합성 단면의 전단연결재 소요개수,  $q$ : 전단연결재의 허용전단내력

전단 연결재는 전 수평전단력에 대해 등간격으로 배치한다. 단, 띠장 등과 같이 집중 하중이 작용할 때는 다)항에 따른다.

다) 집중하중점

$$n_2 = n_1(\beta M/M_{max} - 1)/(\beta - 1) \quad (11)$$

여기서,  $n_1$ : 식(9), (10)으로 구한 전단연결재의 수,  $\beta$ :  $t Z_{tr}/t Z_s$  또는  $t Z_e/t Z_s$ ,  $M_{max}$ : 최대휨모멘트

(4) 인장력에 대한 전단연결재의 산정

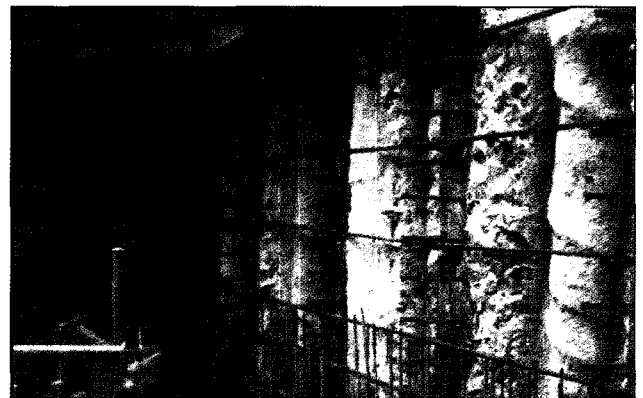
$$n_T = \frac{w \times l \times S}{q_T} \quad (12)$$

여기서,  $n_T$ : 인장력에 대한 스테드 볼트 소요개수,  $w$ : 합성벽체에 작용하는 분포 하중,  $l$ : 합성벽체의 스패,  $S$ : H-Pile의 배치간격,  $q_T$ : 전단연결재의 허용인장내력.

## 5.2 복합 지하벽의 시공사례

〈사진 2〉는 복합 지하벽의 시공을 위해 H-Pile에 전단 연결재를 설치한 사진을 나타낸 것이다. 전단 연결재의 시공량이 많지만, 전체 시공공기는 굴토공정에 의해 영향을 받으며, 전단 연결재의 설치에 다른 공사의 영향은 크지 않다. 그러나 실제 복합 지하벽 시공시 기본적으로 문제가 될 수 있었던 부분은 흠막이 벽체시공시 수직도의 확보가 가장 큰 문제였으며, 이를 위하여 H-Pile 시공시 정교한 시공이 필요하여 통상의 흠막이 벽 시공의 정밀도를 훨씬 상회하는 1/300의 오차를 유지할 수 있도록 시공하였다.

〈표 1, 2〉는 지하 7층과 3층인 벽체에 대하여 흠막이 H-Pile과 건축용벽을 합성함으로써 지하벽의 단면 두께 및 배



a. CIP 흠막이인 경우



b. JSP 흠막이인 경우

사진 2. 복합 지하벽의 시공사진

표 1. 지하 7층 건물의 기존 지하옹벽과 복합 지하벽의 단면비교 (CIP)

구분	형식	기존 지하옹벽	복합 지하벽
흙막이 벽		CIP $\phi$ 400 CTC 400 H-300×300×10×15 @1600	CIP $\phi$ 400 CTC 400 H-300×300×10×15@ 1600
	벽두께	B5층 : THK 900 B6층 : THK 1,000 B7층 : THK 1,000	THK 500 THK 600 THK 600
배근		B5층 : HOR. HD19@200 VER. HD22@200 B6층 : HOR. HD19/22@200 VER. HD22@200 B7층 : HOR. HD22@200 VER. HD22/25@200	HOR. HD13@200 VER. HD13@200 HOR. HD13@200 VER. HD13@200 HOR. HD13@200 VER. HD13@200

표 2. 지하 3층 건물의 기존 지하옹벽과 복합 지하벽의 단면비교 (JSP)

구분	형식	기존 지하옹벽	복합 지하벽
흙막이 벽		J.S.P	J.S.P
	벽두께	B1층 : THK 550 B2층 : THK 600 B3층 : THK 850	THK 250 THK 300 THK 400
배근		B1층 : HOR. HD16@250 VER. HD19@250 B2층 : HOR. HD16@250 VER. HD16@250 B3층 : HOR. HD19@250 VER. HD19@250	HOR. HD13 @300 VER. HD13 @200 HOR. HD13 @200 VER. HD13 @200 HOR. HD13 @200 VER. HD16 @200

근량의 절감효과를 나타낸 것으로서, 지하 7층 지하벽의 경우에는 벽 두께가 100 cm에서 60 cm로 절감되며, 또한 철근의 경우에도 D22에서 D13으로 줄일 수 있음을 알 수 있다. 이러한 효과는 재료의 경제성 측면에서 효과가 있을 뿐만 아니라 도심지 건물에서 지하공간 확보의 측면에서도 유리하게 된다.

6. 맺음말

복합 지하벽은 설계에서 고려되지 않는 가설구조를 본 구조에 적용시켜 사용하기 위한 것으로서, 가설구조의 활용을 통하여 경제적인 설계를 도모할 수 있다. 하지만 이와 같은 조건을 만족하기 위해서는 가설구조로 시공되는 흙막이를 본 구조의 시공과 같이 정밀하게 시공을 해야 하는 어려움이 있으며 흙막이와

건축옹벽을 연결하기 위한 전단연결재의 시공공정이 추가로 요구되는 문제점이 있다. 그러나 일련의 실험연구를 통하여 토압 및 수압의 응력전달기구와 복합 지하벽의 시공 및 내구성이 규명되고 구조 설계법 등이 구축되어 현재 많은 건축물에 적용이 이루어지고 있다. 특히 가설 H-Pile을 건물 지하벽과 합성할 경우, 최대 2.8배 정도로 내력이 증대되기 때문에 그에 상응하는 만큼 단면의 절감이 가능하여 경제적인 측면에서 높은 장점을 보유하고 있어 그 사용은 증가될 것으로 예상된다. 특히 이 복합 지하벽은 골조식 탑다운 공법의 하나인 SPS(Struct as Permanent System)와 함께 사용할 경우, 그 장점이 극대화되며 최근에는 지하층 전층에 적용하지 않고 토압과 수압이 상대적으로 큰 하부층에 부분적으로 적용되기도 한다. □

참고문헌

1. Sato Eiji et al., "Study of the Composite Basement Wall using the H-Shaped Steel of Soil Cement Piles (Part 1-3)," AIJ Annual Conference, Paper No.2865-2867, 1993. 9.
2. 삼성중공업(주), 초대형구조시스템연구센터, "CBS 공법의 개발 및 성능평가에 관한 연구", 2001. 3.
3. 권영준, 이성호, 서수연, 이리형, "역T형 합성지하벽의 휨성능에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 논문집, 제17권 12호, 2001. 12, pp.61~68.
4. 우운택, 조승호, 정란, "합성 지하외벽의 내력에 미치는 소일시멘트 보강벽의 영향", 대한건축학회 논문집 구조계 19권 12호, 2003. 12, pp.73~80.
5. 김성만, 이성호, 서수연, 이리형, "합성 지하벽의 전단성능", 콘크리트학회 논문집, 제14권 3호, 2002. 6, pp.321~330.
6. Federal Emergency Agency, "Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures," FEMA-450 Report, BSSC, 2003.
7. 이태석, 김승훈, 서수연, 이리형, 홍원기, "스터드 볼트 접합부의 인장 거동에 관한 연구", 콘크리트학회 논문집, 제13권 4호, 2001. 8.
8. Sato Eiji et al., "Study of the Composite Basement Wall Using the H-Shaped Steel of Soil Cement Piles(Part 4-5)," AIJ Annual Conference, Paper No.2790-2791, 1994. 9.