

## 강성 가시설 벽체의 본 구조체 활용 연구

## Study for utilizing stiff temporary structure wall to main structure wall

원영학\*, 유제남\*<sup>†</sup>, 전배운\*, 임성순\*\*Yeounghak Won\*, Jenam Yoo\*<sup>†</sup>, Bae-Un Jeon\*, Sungsoon Yhim\*\*

**Abstract** In case of underground subway structure, it is necessary to build a temporary structure with excavation. Generally temporary structure wall is used only for temporary utility in order to build main structure. In case temporary wall made by stiffened structure, main structure's wall can be efficiency using the stiffness of the temporary wall. There are so many types in stiff temporary structure's wall like as Secant pile, C.I.P etc. In this study we applied to Secant pile method. We studied for the saving effects of the main structure wall cause in stiffened temporary secant wall. Also sharing member force of main structure wall with secant pile wall is investigated. And secant wall as temporary structure in excavation is compared with H-pile common used for the strut member arrangement interval.

**Keywords** : secant pile, subway, earth retaining wall, underground structure, noncomposition

**초 록** 지하철 등과 같이 지하에 구조물을 건설하는 경우, 지하 굴착 후 흙막이 가시설이 수반된다. 통상 흙막이 가시설의 벽체는 목적 구조물 건설을 위한 가설 용도로만 사용되는데, 흙막이 벽체를 강성 벽체로 건설한 경우 가시설 벽체의 강성을 활용하여 본 구조체의 구조 성능에 반영하므로써 본 구조체의 경제성을 제고할 수 있다. 가시설 강성벽체에는 겹침주열말뚝, CIP 등 여러 형식이 있으나 여기서는 겹침주열식 말뚝을 적용하였다. 본 구조물 및 가시설 흙막이 벽체에 작용하는 평상시 및 지진시 축도압 하중에 대하여 하중 조건, 구조해석모델링 조건, 가시설 벽체와 본 구조체와의 합성 여부 효과 등의 다양한 조건 등에 의한 본 구조체와 가시설 강성 벽체의 부재력 분담 효과와 함께 본구조물 벽체의 설계 경제성 효과를 비교 분석하였다. 또한 가시설 강성벽체에 의한 흙막이 벽체의 버팀보 배치 등의 절감 효과를 일반 가시설 H-Pile 적용 시와 비교하였다.

**주요어** : 겹침주열말뚝, 지하철, 흙막이벽체, 지하구조물, 비합성구조

## 1. 서 론

지하철 등과 같이 지하에 구조물을 건설하는 경우 지반 굴착 후 흙막이 가시설이 수반된다. 통상 흙막이 가시설의 벽체는 목적구조물 건설을 위한 가설용도로만 사용되어지며, 목적구조물 완성 후에는 가시설 흙막이 벽체의 용도는 무시됨이 일반적이다. 그러나 가시설 벽체로서 겹침주열말뚝을 활용하여 가시설 벽체의 강성을 본구조물의 강성에 활용하므로써 본구조물의 경제성을 도모할 뿐만 아니라, 겹침주열말뚝의 강성이 통상적인 H-형강 말뚝

† 교신저자: (주)유신 도시철도부 부사장(stryoo@gmail.com)

\* (주)유신 도시철도부 상무,

\* 대구광역시의회사무처 건설교통전문위원

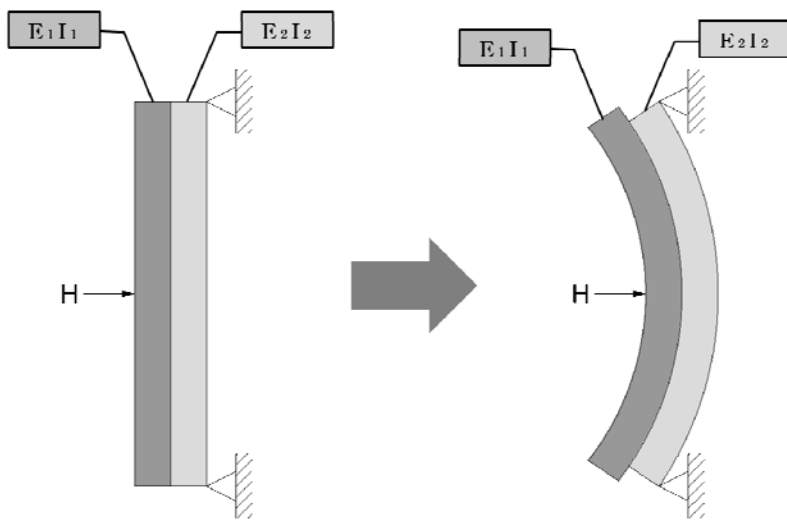
\*\* 서울시립대학교 공과대학 토목공학과

가시설 벽체보다 큰 점을 활용하여 가시설 버팀보의 상하·수직 간격을 증가시키므로서 경제성과 함께 시공성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

여기서는 겹침주열말뚝의 강성에 의한 본구조체와의 부재력 분담효과와 함께 본구조물 벽체의 경제성 효과를 비교 분석하였다.

또한 겹침주열말뚝의 강성에 따른 가시설 버팀보의 수직간격 증가에 따른 경제성 효과도 비교 분석하였다.

## 2. 가시설 벽체 강성의 본구조물 벽체 강성에의 기여 역할 개념



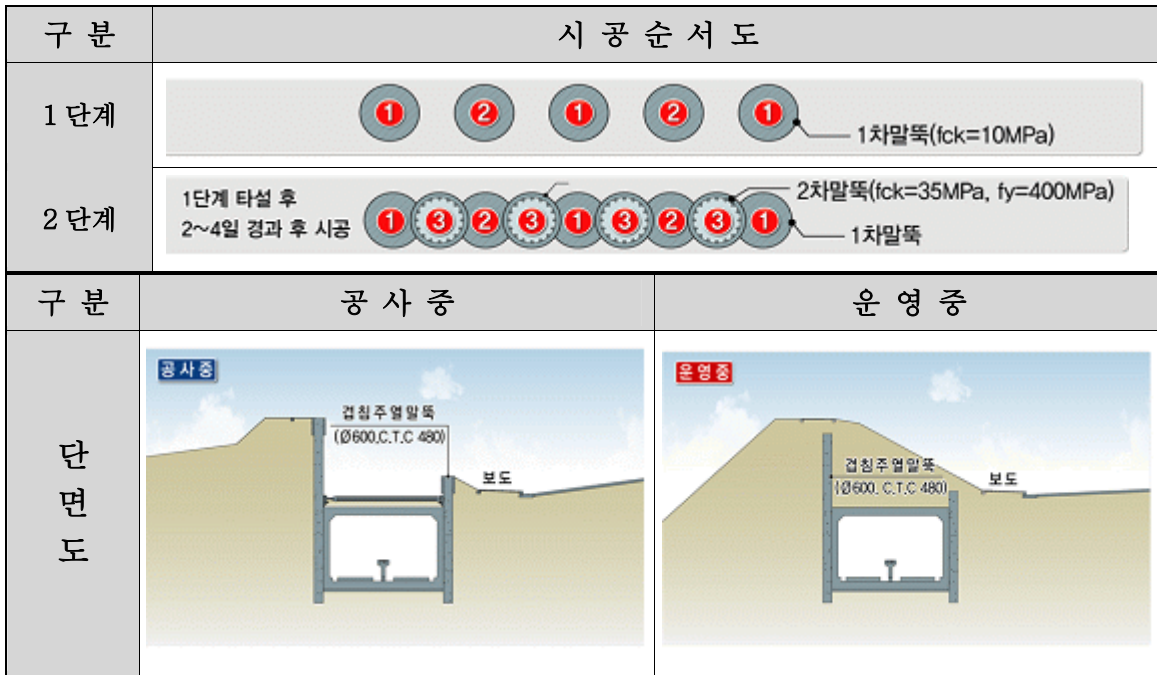
옆 (그림 1) 과 같이 부재력에 대하여 두 개의 부재의 강성  $E_1I_1$  과  $E_2I_2$  는 합성효과 혹은 비합성 효과에 의한 구조적인 평형을 이루게 된다. 지하철 구조물과 같은 경우는 일반적으로 구조물 외벽방수 처리를 수행하므로 부득이 비합성구조 형식의 구조 거동이 이루어진다. 이러한 구조개념에 따라 가시설 벽체로서 사용된 겹침주열말뚝의 강성  $E_1I_1$  이 비합성 거동을 하여

<그림 1> 외부하중에 저항하므로써 본구조물 벽체의 설계에 절감 효과를 이룬다.

## 3. 겹침주열말뚝 개요

겹침주열말뚝공법은 현장타설 콘크리트를 이용하여 1 차말뚝(primary pile)과 1 차말뚝을 절삭하여 시공하는 2 차말뚝(secondary pile)을 번갈아 설치하여 강성토류벽을 형성하는 공법으로, 1 차말뚝은 10~20MPa 의 무근콘크리트, 2 차말뚝은 35MPa 이상의 철근콘크리트를 주로 사용한다. 겹침주열말뚝은 공사중에는 가시설벽체로 사용하며, 운영중에는 내부벽체와 결합하여 영구벽체로 사용한다.<그림 2>.

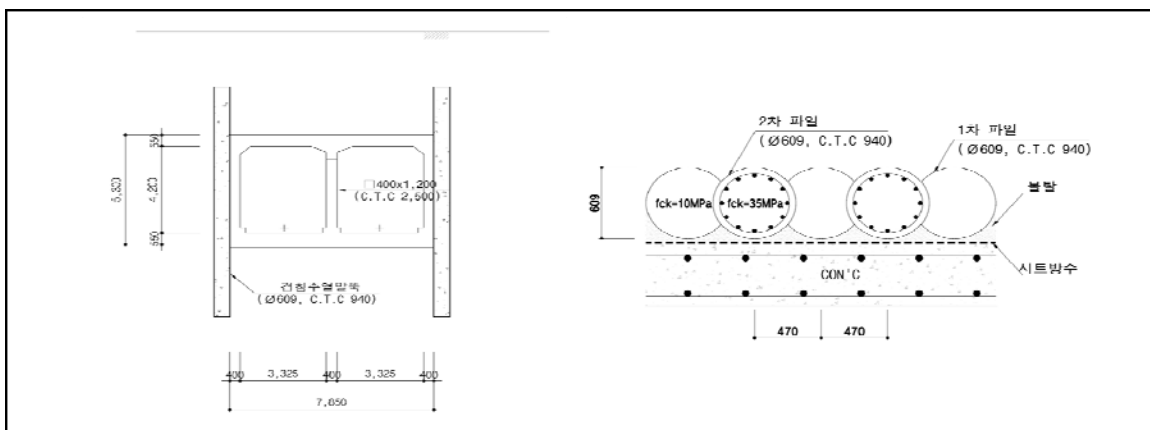
여기서 1 차말뚝의 설계강도를 2 차말뚝보다 작게 하고 양생지연제를 혼합하여 2 차말뚝의 설치를 위한 1 차말뚝의 절삭이 용이하게 하는 것이 수직도 관리와 경제성에서 중요하다.



<그림 2> 겹침주열말뚝의 시공순서 및 단면도

#### 4. 설계내용

본 설계에서는 겹침주열말뚝에서 가장 일반적으로 적용되는 HARD+FIRM 방식을 적용하였으며 1 차 및 2 차말뚝의 직경을 600mm 로 설계하고 콘크리트의 설계강도는 1 차말뚝이 10 MPa, 2 차말뚝은 35 MPa 을 적용하였다. 시공의 불확실성을 고려하여 70% 저감한 강도를 적용하였다.



<그림 3> 설계현황

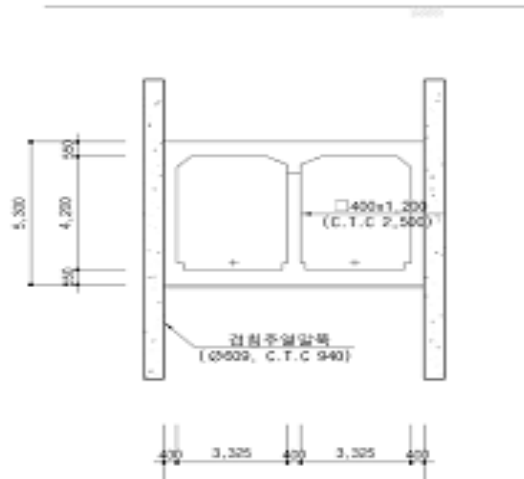
## 5. 구조해석 모델링

### 5.1 모델링 개념

겹침주열말뚝과 본선 Box 구조물의 상호작용을 고려한 구조해석모델링은 Elastic Link 모델을 적용하였다. 여기서 겹침주열말뚝과 본선 Box 의 벽체는 압축전달스프링요소로 연결시켰다.

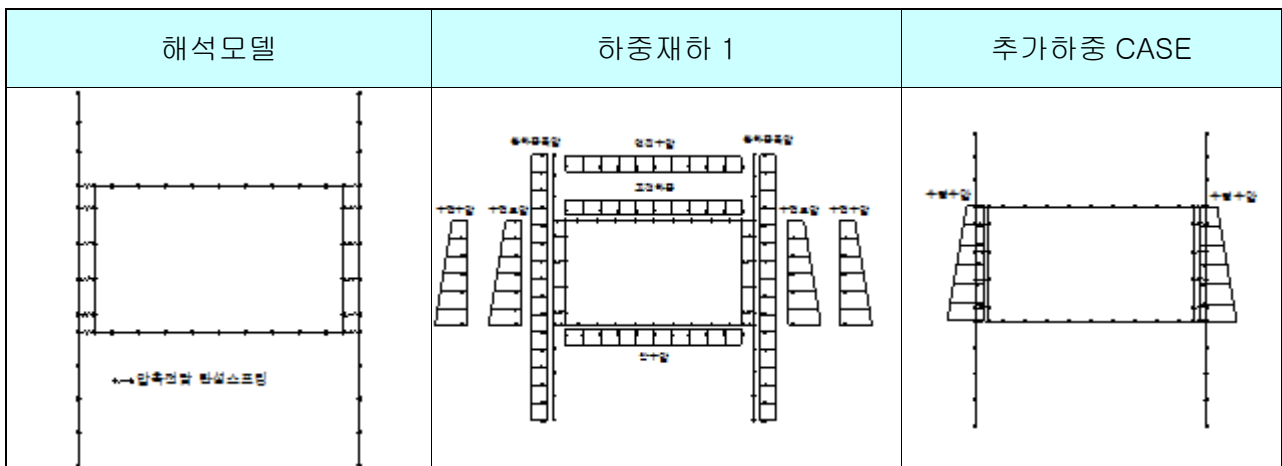
### 5.2 구조개요도

구분	폭(m)	높이(m)	C.T.C(m)
상부슬래브	1.00	0.65	-
하부슬래브	1.00	0.65	-
벽체	1.00	0.40	-
주열말뚝	D=0.6		0.94



### 5.3 구조해석 모델링

겹침주열말뚝과 본선구조물의 상호작용을 고려하여 Elastic Link 모델을 다음과 같이 구조해석모델에 적용하였다.

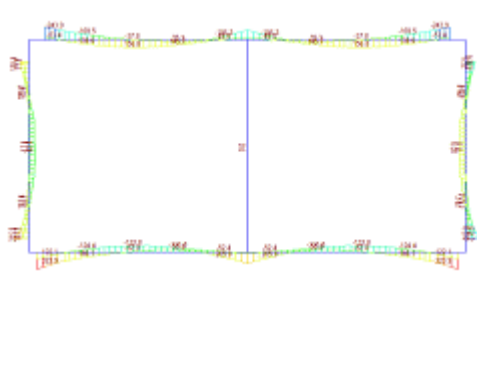



여기서 해석 조건은 다음과 같다.

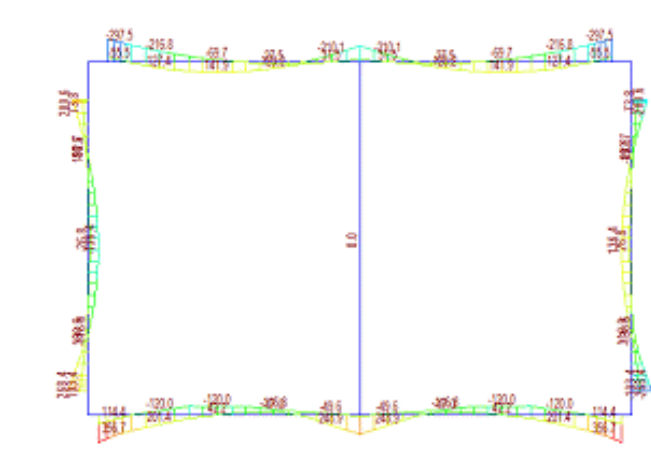
- ① 겹침주열말뚝과 본선 Box 구조물은 비합성거동을 하는 분리구조.
- ② 겹침주열말뚝과 본선 Box 벽체의 힘의 전달을 위하여 두 구조체 사이를 Elastic Link 로 연결하여 수평 하중만 전달.
- ③ 수평수압은 겹침말뚝없이 본선 Box 벽체에 추가하중으로서 직접 하중 재하.

## 5.4 구조해석 결과

### 5.4.1 겹침주열말뚝 고려한 경우(휨모멘트)

본선 BOX 구조물		겹침주열말뚝		구 분		겹침주열말뚝	BOX 구조물
				상부 슬래브	단부	-	243.9
					중양부	-	156.8
					기둥부	-	186.3
				하부 슬래브	단부	-	323.9
					중양부	-	132.8
					기둥부	-	205.9
				벽 체	상부	48.1 (26)	139.4 (74)
					중양부	89.0 (52)	82.9 (48)
					하부	92.2 (30)	215.8 (70)
※ ( )안의 수치는 각부재의 부재력 분담비율							

### 5.4.2 겹침주열말뚝 미고려한 경우(휨모멘트)

본선 BOX 구조물		구 분		휨모멘트
		상부 슬래브	단부	297.5
			중양부	141.9
			기둥부	210.1
		하부 슬래브	단부	356.7
			중양부	120.0
			기둥부	248.9
		벽 체	상부	200.6
			중양부	136.4
			하부	268.4

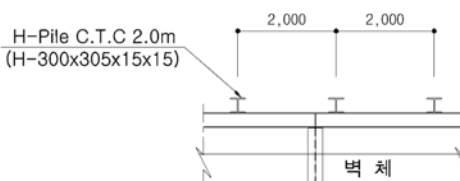
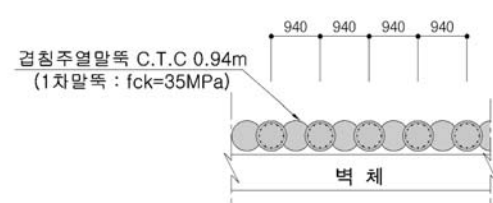
5.4.3 겹침주열말뚝 고려한 경우와 미고려한 경우 휨모멘트 (KN-m)비교

구 분		겹침주열말뚝 적용시		겹침주열말뚝 미적용시
		겹침주열말뚝	BOX구조물	BOX구조물
상부슬래브	단부	-	243.9	297.5
	중앙부	-	156.8	141.9
	기둥부	-	186.3	210.1
하부슬래브	단부	-	323.9	356.7
	중앙부	-	132.8	120.0
	기둥부	-	205.9	248.9
벽 체	상부	48.1 (26)	139.4 (74)	200.6
	중앙부	89.0 (52)	82.9 (48)	136.4
	하부	92.2 (30)	215.8 (70)	268.4

※( )안의 수치는 각부재의 부재력 분담비율

BOX 구조물 벽체에서의 부재력은 겹침주열말뚝을 고려한 경우 상하부 69%(139.4/200.6), 중앙부 61%(82.9/136.4)로 감소되는 현상을 보이며, 겹침주열말뚝 설치한 경우 BOX 구조물과 겹침주열말뚝 각부재의 하중 분담율은 상하부 74% 및 중앙부 48% 를 나타낸다. 그러나 겹침주열말뚝에 의한 본체 BOX 상하부 슬라브부재의 구속효과로 인하여 각부재 단부 부재력은 다소 감소하나 중앙부 정모멘트는 110.6%(132.8/120.0) 미소 증가한 것으로 나타났다.

6. 기존 흙막이 가시철 H-Pile 과 겹침주열말뚝의 휨강성 증가 효과

구 분	기존흙막이 H-Pile	겹침주열말뚝
개요도	 <p>H-Pile C.T.C 2.0m (H-300x305x15x15)</p>	 <p>겹침주열말뚝 C.T.C 0.94m (1차말뚝 : fck=35MPa)</p>
부재휨강성 EI	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <math>E_s = 2.1 \times 10^5 \text{MPa}</math></li> <li>● <math>I_s = 2.15 \times 10^{-4} \text{m}^4</math></li> <li>● <math>E_s I_s = 4.52 \times 10^7 \text{N} \cdot \text{m}^2</math></li> </ul> <p>⇒ 단위 m 당 <math>E_s I_s = 2.56 \times 10^7 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{m}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <math>E_c = 2.60 \times 10^4 \text{MPa}</math></li> <li>● <math>I_c = 6.77 \times 10^{-3} \text{m}^4</math></li> <li>● <math>E_c I_c = 17.60 \times 10^7 \text{N} \cdot \text{m}^2</math></li> </ul> <p>⇒ 단위 m 당 <math>E_s I_s = 18.72 \times 10^7 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{m}</math></p>

부재휨강성 EI 값은 여기 나타난 바와 같이 단위 m 당 겹침주열말뚝이 약  $7.3(=18.72/2.56)$  배로서, 이는 가시설 버팀보 간격을  $2.7(\sqrt{7.3})$  배까지 넓힐 수 있는 근거가 되며, 이를 통하여 버팀보 부재의 절감과 함께 시공성 향상에 기여 할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

## 7. 기타 부대 효과 및 시공유의사항

① 흙막이 가시설벽체와 본구조물벽체를 합벽처리 하므로써 토공 굴착량 감소 효과 및 굴착 부지면적 축소로 보상면적 절감, 도심지 혼잡공사에 유리. 통상 본체벽체로부터 1m 이격하여 가시설 H-Pile 설치.

② 겹침주열말뚝의 강성도 관리를 위하여 적절한 품질관리 필요. 지중 공사를 고려하여 강성도 저감효과를 30% 설계에 반영.

③ 본구조물 설치 공간을 고려한 겹침주열말뚝의 수직정밀도 관리 철저.

## 7. 결 론

지하철 구조물 등과 같이 지하에 흙막이 가시설을 수반하여 구조물을 건설하는 경우 흙막이 가시설로서 강성벽체인 겹침주열말뚝을 적용하였다. 지하구조물에 작용하는 토압에 대하여 본구조물 벽체와 함께 가시설의 강성벽체인 겹침주열말뚝의 부재력 분담 효과를 반영하므로써 본구조 설계의 경제성을 도모할 뿐만 아니라 가시설 흙막이 버팀보 간격 증대 등 부수적인 여러 효과가 기대된다.

## 참고문헌

- [1] Desing Criteria for the Structure Foundations, Korean Geotechnical Society(2015)
- [2] M. J. Tomlinson(1977), Pile Design and Consruction Practice, A Viewpoint Publication
- [3] Proceedings of conference Retaining structures organized by the Institution of Civil Engineers and held at Robinson College, Cambridge on 20-23 July 1992, Thomas Telford, London
- [4] David M Potts and Lidija Zdravkovic(2001), Finite element analysis in geotechnical engineering(application), Thomas Telford, London
- [5] Nick Wharmby(2010), Development of Secant Pile Retaining Wall Construction in Urban New Zealand, Brian Perry Civil, Hamilton, Waikato, New Zealand