

# CWS공법(buried wale Continuous Wall System)을 적용한 지하구조물 하향(Down) 시공사례



임인식  
(주)한빛구조엔지니어링 대표

## 1. 서론

최근 들어 도심지 공사의 성패를 좌우하는 중요한 요소 중의 하나는 주변 민원을 최소화 할 수 있는 공법을 선정하는 것이라고 볼 수 있을 것이다. 특히 심도가 깊은 지하 구조물 축조시 민원의 최소화 및 작업 공간의 조기확보 등의 이유로 하향 시공법(Down 공법)의 적용이 Top-Down공법, Up-Up공법 등과 병행하여 빈번하게 적용되는 추세이다.

일반적으로 하향 축조공법(Down 공법)을 적용하여 지하구조물을 시공할 경우, 골조공정과 굴토공정의 상충(相衝), 환기 및 조명 설비의 추가설치, 수직부재의 선시공부와 후시공부의 접합면(Cold joint)에서 발생하는 구조체 이격 등의 문제점이 발생하며 이를 해결할 수 있는 합리적인 공법의 선정이 하향 축조공법 적용에 따른 효과를 극대화할 수 있는 관건이라고 할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 지하 구조물에 대한 하향 축조 시공시 발생할 수 있는 골조공정과 굴토공정 사이의 상충(相衝), 골조 공정 내에서의 혼선, 지하외벽의 콜드조인트(cold joint)에 발생하는 누수 문제 등을 최소화 할 수 있고, 또한 구조물의 품질확보와 공기(工期) 측면에서도 기존 공법보다 우수한 성능을 발휘하는 CWS공법(buried wale Continuous Wall System)을 소개하고자 한다.

## 2. CWS 공법의 특징

### 2.1 공법 개발의 배경 및 목적

최근의 도심지 공사에서의 지하 구조물에 대한 하향 축조공법의 추

세는 굴토 공정과의 공정 혼선을 최소화하기 위해 동바리 설치가 필요하지 않는 철골조 또는 혼합구조의 구조 시스템을 적용하고 있다. 이는 철근 콘크리트 구조를 기반으로 한 하향 축조공법(Down 공법)에 비해 공사가 용이할 뿐만 아니라 공기 측면에서 또한 유리하기 때문일 것으로 판단된다.

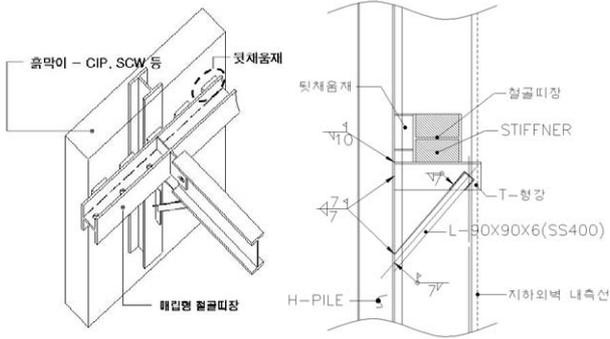
그러나 기존의 공법들이 내부의 골조 시스템은 철골조 등을 적용하여 공사 효율성을 증대시킨 반면에 흠막이벽과 내부 구조체를 연결하는 테두리보(Perimeter Girder)는 기존의 일반적인 Top-down 공법에서 적용하는 철근 콘크리트 테두리보를 채용함에 따라, 굴토 공정과의 간섭 문제를 완전히 해결하지 못하였다. 또한 골조 공사시 철골 공정과 테두리보의 R.C 공정이 중복됨에 따른 철골 공정의 불연속성 문제, 그리고 테두리보에 의해 지하외벽이 단절 시공됨에 따른 콜드조인트(cold joint) 발생 및 이로 인한 누수문제 등은 여전히 내재되어 있는 상태이다.(흠막이벽이 슬러리월일 경우는 제외)

본 CWS 공법은 상기의 R.C 테두리보(Perimeter Girder) 대신 철골 좌대에 의해 지지되는 매립형 철골 띠장을 적용시킴으로서 철골조로서의 공정 일원화 및 연속성을 확보할 수 있으며, 지하외벽의 시공을 순타로 연속타설이 가능하도록 매립형 철골 띠장 상세를 채용함에 따라 지하외벽의 단절 문제 또한 동시에 해결하여 기존 공법의 문제점들을 상당 부분 해소할 수 있는 대체 공법으로 개발되었다.

### 2.2 CWS 공법 구성 요소

#### (1) 매립형 철골 띠장 및 좌대

철골 띠장은 그림 1과 같이 토압을 가설 흠막이벽으로부터 전달 받아 영구 철골 보부재로 전달하는 역할을 하는 부재로서 철골 좌대위



(a) 철골띠장과 좌대 개념도 (b) 설치 상세도  
 <그림 1> 철골띠장과 좌대 개념도 및 설치 상세도

에 설치된다. 철골 띠장 부재는 지하외벽이 타설되기 전 단계에서 토압에 의한 횡하중과 지하층 바닥의 고정하중 및 시공하중에 대해 저항할 수 있도록 설계되어야 한다. 또한 철골 띠장 부재는 횡토압 하중에 대해서는 영구 철골부재에 의해 지지되며 지하층 바닥에 작용하는 중력하중에 대해서는 철골 좌대에 의해 지지되도록 설계한다.

철골 좌대는 C.I.P의 경우 1.2m 또는 2.4m 간격으로 가설 흙막이 벽의 H-pile에 용접 설치되며, 철골 띠장 하부에 위치하여 철골 띠장을 통해 전달되는 지하층 바닥의 중력하중을 지지할 수 있도록 설계되어야 한다. <그림 1(a)>는 C.I.P 또는 SCW 등의 가설 흙막이벽에 설치되는 매립형 철골 띠장과 철골좌대의 개념도를 나타내고 있으며, <그림 1(b)>는 철골 띠장 및 철골 좌대의 일반적인 설치 상세도를 표현한 것이다.

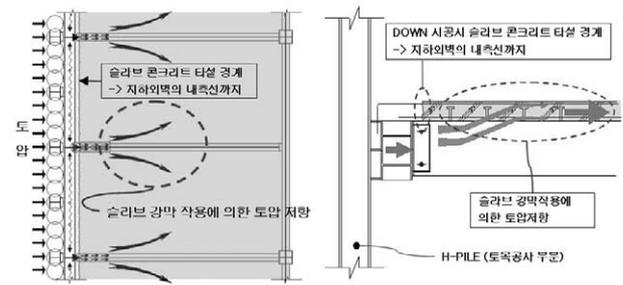
(2) 영구 철골 보부재-철골 띠장 지지 역할

영구 철골 보부재는 철골 띠장 부재에 접합되어 철골 띠장 부재를 통해 전달되는 횡토압을 지지하며, 동시에 전달되어진 횡토압 하중을 강막의 슬래브(Rigid diaphragm)로 전이시키는 역할을 수행한다. 또한 영구 보부재는 철골 띠장에 연결되어 지하층 바닥의 중력하중에 저항하는 부재이므로, 횡토압에 대한 지점 역할과 중력하중에 대한 지지 역할을 동시에 수행할 수 있도록 철골 띠장과 접합 설치되어야 한다. <그림 4>

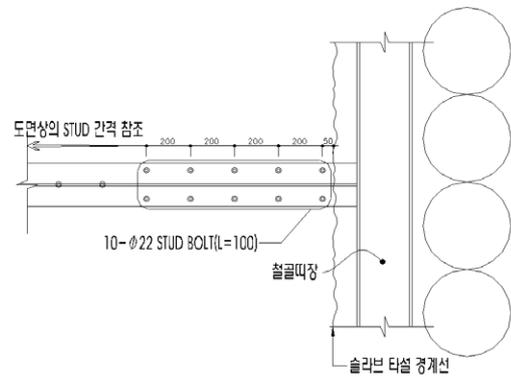
(3) 슬래브 강막작용에 의한 토압저항

영구 보부재를 통해 슬래브로 전달되어진 토압은 그림 2(a)와 같이 슬래브의 강막작용으로 지지되며, 철골 보부재에서 콘크리트 슬래브(일반적으로 데크 슬래브)로의 하중 전이를 위해 그림 2(b)와 같이 스티드 볼트를 보강 설치한다.

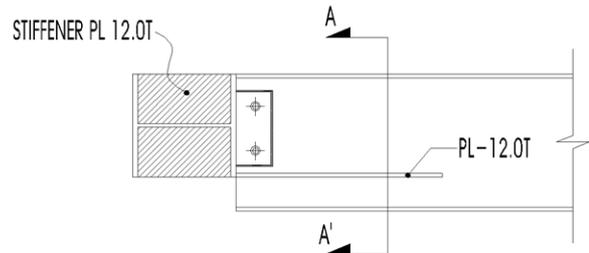
CWS공법 적용시 시공단계에서의 토압 저항은 궁극적으로 슬래브 강막작용에 의해 수행되므로 슬래브가 횡토압에 대해 효과적으로 지



(a) 슬래브 강막작용에 의한 토압 저항 (b) 스티드 볼트 보강  
 <그림 2> 토압 전달 메카니즘과 슬래브 강막작용



<그림 3> 스트립 보강설치 그림



<그림 4> 철골띠장과 보부재 접합

항할 수 있도록 공사용 개구부 등을 계획하여야 하며, 개구부 주변은 응력집중 및 균열에 대비하여 보강근을 설치한다.

(4) 슬래브의 콘크리트 타설 경계선

철골 영구 보부재와 데크 플레이트를 설치한 후 슬래브 콘크리트 타설시 타설 경계는 지하외벽의 내측선 또는 그 보다 안쪽까지로 제한한다. 이는 본 공법의 특징인 지하외벽을 일체로 순타 시공이 가능하도록 하기 위해서 이다.

(5) 순타 연속시공이 가능한 지하외벽

철골 띠장과 지하 외벽의 내측선까지 타설된 슬래브의 강막작용에 의해 시공시의 횡토압이 지지되도록 하여 지하 구조물에 대한 하향시

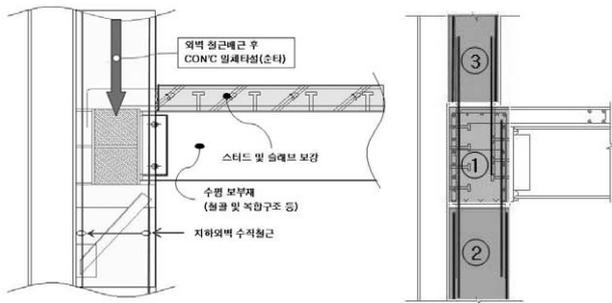
공(down 시공)을 수행한다. 순타 연속시공은 첫째, 지하외벽의 수직 철근을 띠장의 양측면 공간에 배근하고 둘째, 지하외벽의 내측 거푸집 완료 후 셋째, 각 층 바닥 슬래브 상부에서 기 확보된 지하외벽 공간(철골띠장의 양측 공간)에 별도의 콘크리트 타설관 없이 순타의 방법으로 연속시공하여 일체화된 지하외벽 구조체를 형성한다.

매립형 철골 띠장을 설치하기 위한 벽체의 최소 두께는 지하외벽의 내외측 피복두께 및 철근 배근(띠장의 양측면 공간에 배근)과의 간섭을 고려하여 결정하며, 일반적인 최소값은 다음 표 1과 같다.

〈표1〉 철골띠장별 외벽 최소 두께

철골띠장	H-200x200	H-250x250	H-300x300	H-350x350	H-400x400
외벽 최소두께	350mm	400mm	450mm	500mm	550mm

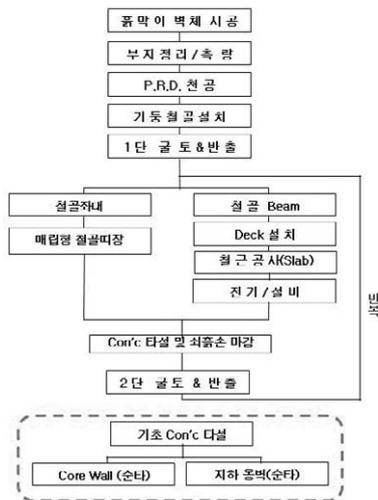
\* 지하외벽 최소두께 = 띠장의 폭 + 140mm



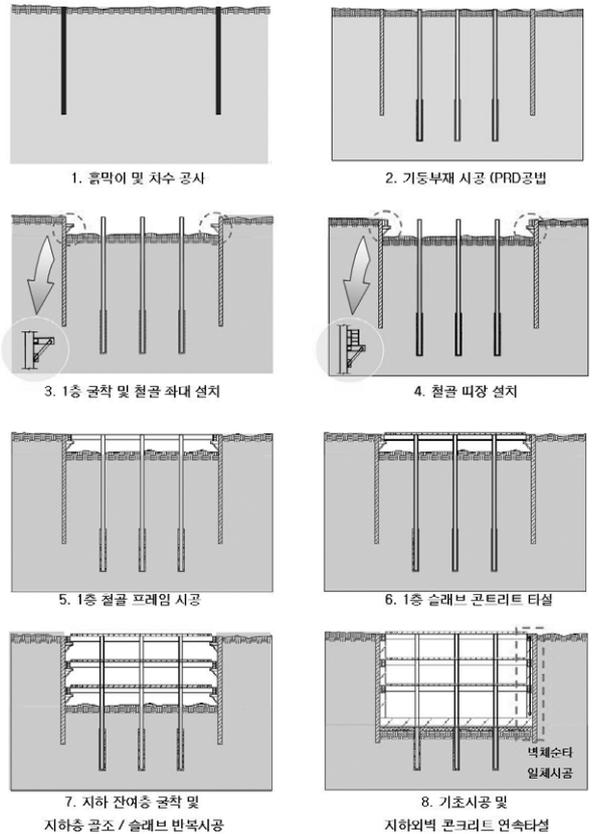
〈그림 5〉 철골띠장을 이용한 지하외벽 순타연속시공

### 2.3 CWS공법의 시공 순서

CWS공법의 시공순서는 다음의 〈그림 7〉, 플로우 차트 및 〈그림 8〉 도식도와 같다.



〈그림 7〉 CWS공법 시공순서 플로우 차트



〈그림 8〉 CWS공법 시공 순서도

### 2.4 CWS공법의 적용 효과

#### (1) 스트럿(Strut) 공법 대비 효과

스트럿(Strut)공법 대비 효과는 기존 탑다운 공법 적용시의 효과와 동일하며 다음과 같다.

- ① 도심지 지하구조물 시공시 주변 구조물 근접시공 및 동시 굴착시 구조적 안전성 확보
- ② 스트럿 등 가설 구조물 해체공정 생략으로 주변건물 변위 최소화 및 슬래브 선 타설로 소음 최소화
- ③ 슬래브 선 타설로 작업공간 조기 확보
- ④ 지상, 지하 동시 시공에 의한 공기 단축 (TOP-DOWN, UP-UP 시공)
- ⑤ 스트럿(Strut)등 가설부재를 설치하지 않음에 따른 공사비 절감

#### (2) R.C 테두리보(Perimeter beam)적용공법 대비 효과

흙막이벽과 접하는 외곽부에 R.C 테두리보를 설치하는 기존 하향 시공법 대비 다음과 같은 효과가 예상된다.

- ① 철골 좌대 및 매립형 철골 띠장을 채용함으로써 주굴조(철골조)

와의 공정이 단일화됨에 따라 공정간의 간섭이 최소화되었으며, 지하층 바닥의 철골 공정과 데크 공정이 단일 공정화되어 공사 효율성 증대 및 이로 인한 공기 절감 효과(R.C 테두리보 공법 대비 약 5~10일 정도 절감 가능)

철골 피장 공법의 경우 굴토 공정이 주공정이므로 굴토가 용이한 지하층 구간에서는 공기 절감 효과가 우수함.

- ② 지하외벽의 순타 일체 시공이 가능해짐에 따라 누수등의 하자 발생 요인의 감소로 품질확보 측면에서 유리하며, R.C 테두리보 공법의 경우 벽체 상하방향 모두 이음철근이 필요하였으나 벽체를 연속 타설함에 따라 별도의 이음철근은 불필요하며 이로 인한 철근량 감소 효과
- ③ 거푸집 지지용 가설 프레임, 지하외벽 콘크리트 타설용 슬리브(sleeve), 거푸집, 폼타이 등의 가설 부재를 사용하지 않음에 따라 하향시공(Down 시공)시 공사 효율성 증대 효과
- ④ 본 공법은 C.I.P 또는 SCW공법 등의 흠막이 공법과 병행하여 적용되므로 기존의 슬러리월 공법을 기반으로 적용되어진 하향 시공법(Down 공법)에 비해 경제성이 우수함.

### 3. CWS 공법 적용 사례

#### 3.1 방배동 대우 슈페리움 1차 및 2차 신축공사

현장개요와 RC테두리보 공법과의 비교는 <표 2>와 <표 3>에 각각 정리하였으며, 시공과정의 사진을 <그림 9>에 수록하였다. 적용결과 다음의 2가지 효과를 얻었다.

- ① 공기 절감 효과 : 최초 적용층에서는 약 26일 정도의 공기가 소요되었으나 두 번째 적용층부터는 약 18일~20일/층 정도의 공기로 공사가 진행되었으며, 전체 지하층 골조 공사 기준으로 약 30~40일 정도의 공기 절감효과가 발생하였음.
- ② 품질확보 : 지하외벽을 일체로 타설함에 따라 누수 등의 하자 발생을 최소화하여 우수한 품질 확보 효과

<표2> 방배동 대우 슈페리움 1,2차 현장 개요

위 치	서울특별시 방배동
용 도	주상복합
층 수	지상 25층 지하 7층/지상 15층 지하 7층
구 조	지하 철골구조 / 지상 철근 콘크리트 구조
특 징	골조 공사 완료 / 마감 공사중

<표3> RC 테두리보 공법과의 비교

구 분	R.C테두리보공법 (가설행예산)	CWS 공법 (실행)	절감액(원)
1차 단지	416,489,000	355,072,000	61,417,000
2차 단지	332,057,000	320,583,000	11,474,000

\* 테두리보 부분의 공사비만을 산정한 값이며, 현장의 견적결과임. 공기 단축에 따른 공사비 절감효과는 고려하지 않았음.



(a) 철골 좌대 설치 (b) 철골띠장 설치



(c) 철골띠장과 보부재 접합 (d) 굴토 및 철골보 설치



(e) 스톨드 볼트 보강 (f) C.I.P와의 접합부



(g) 지하외벽 내측선까지 슬래브 타설 (h) 외벽 철근 배근

<그림 9> CWS공법 적용 사진

#### 3.2 서울대역 대우 주상복합 신축공사

현장개요는 <표 4>와 같으며, 적용결과 다음의 2가지 효과를 얻었다.

- ① 공사 효율성 증대 : 지하층 골조 공정의 단일화로 공사 효율성 증대 효과

② 품질확보 : 지하수위가 비교적 높아 추후 누수 등의 하자 요인 발생을 최소화하기 위해 철골 띠장 공법 적용.

〈표4〉 서울대역 대우 주상복합 현장 개요

위 치	서울특별시 봉천동
용 도	주상복합
층 수	지상 19층 지하 6층
구 조	지하 철골구조 / 지상 철근 콘크리트 구조
특 징	지하층 하향 시공법 적용 공사중

### 3.3 수원 영통 대우 주상복합 신축공사

현장개요는 〈표 5〉와 같으며, 적용효과는 서울대 대우 주상복합 신축공사 현장과 동일하였다.

〈표5〉 서울대역 대우 주상복합 현장 개요

위 치	수원시 영통동
용 도	주상복합
층 수	지상 29층 지하 7층
구 조	지하 철골구조 / 지상 철근 콘크리트 구조
특 징	지하층 하향 시공법 적용 공사중

## 4. 맺음말

본 CWS(buried wale Continuous Wall System)공법은 기존의 탐다운공법 등 지하 구조물을 하향 시공하는 공법에서 빈번하게 발생하는 철골 공정과 R.C 공정 사이의 혼선 및 중복에 의한 공사 효율성 저하 문제와 철근 콘크리트 테두리보를 설치함에 따른 시공성 저하 및 지하외벽에 필연적으로 발생하는 cold joint부의 누수 문제 등을 최소화하기 위해 개발되었다.

본 공법을 지하구조물 하향 시공법(down공법)에 적용함에 따라 공정의 일원화를 통한 공기 절감 효과 및 벽체를 일체로 타설함에 따른 누수 등의 하자 발생 요인을 최소화함으로써 보다 우수한 품질을 확보할 수 있을 것으로 예상된다.

또한 기존의 탐다운 공사가 슬러리월을 기반으로 수행되어 공사비 측면에서 다소 불리한 측면이 있었으나 본 공법은 C.I.P 또는 SCW공법과 병행 적용됨에 따라 경제성 측면에서 유리할 것으로 판단된다.

본 공법은 (주)한빛구조엔지니어링과 (주)대우건설이 공동으로 개발하여 2005년 11월 21일 특허 등록된 공법이다.

현재 건설교통부 공기단축형 복합구조시스템 건설기술개발 연구사업 으로부터 일부 지원을 받아 추가 연구를 수행중에 있다.