

슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 공법과 시공사례



박 성 재
(주)삼보기술단
연구개발팀장



안 영 호
(주)한국에어로테크
대표이사



이 상 훈
윈텍코리아
대표이사
(winpat@naver.com)

1. 개요

최근 국내에서 국토의 효율적 이용을 위해 해안인근의 연약지반내에 신산업단지 개발, 도로 및 철도교 교각기초 공사 등이 활발히 진행되고 있다. 경제성장에 따른 공업 용지 및 주거용지와 공항, 항만 등의 늘어나는 수요를 충족하고자 영종도 신공항, 새만금 간척사업, 울촌공단, 아산공업단지, 광양 컨테이너부두, 부산 신항 개발 등이 그 예라 할 수 있다. 또한, 국내 여러 지역에 신도시 개발이 이루어짐으로써 10m 미만의 소규모 터파기 공사 및 상하수도, 전력, 가스 등의 관로공사의 수요가 증가하고 있는 추세이다. 그러나 현재 국내에서 굴착심도가 깊지 않은 흙막이 가시설 공사의 경우, 일률적으로 H-Pile + 토류판 공법이나 Sheet Pile공법이 주로 사용되어지고 있다.

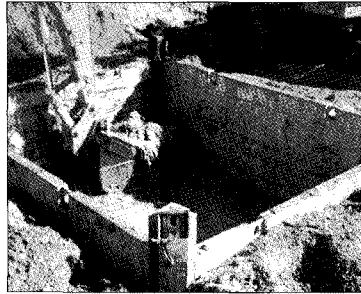
특히, 감리규정이 취약한 굴착깊이 10m 미만의 중소규모 공사에서는 설계절차를 무시하고 임의시공 하는 경우가 있어 안전상 많은 문제점이 지적되고 있다. 일반적으로 교각기초 가시설에서는 Sheet Pile + Strut 공법을 적용하여 Sheet Pile을 지지층(풍화암층, 연암층)에 1.5~2.0m 근입되도록 설계된 경우가 많은데 Sheet Pile은 지지층에 향타가 곤란하므로 지지층에 근입하기 위해서는 고가의 Water Jet 장비를 이용하여야 한다. 이러한 경우 공사비도 고가이고 시공속도 및 시공성이 매우 불량할 뿐만 아니라 지층이 연암일 경우에는 Water Jet 장비를 이용하여도 사실상 근입이 불가하기 때문에 이러한 단점이 보완되어야 한다.

슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 신공법은 교각기초 시공시 터파기 작업을 위하여 설치하는 가설 흙막이 공법으

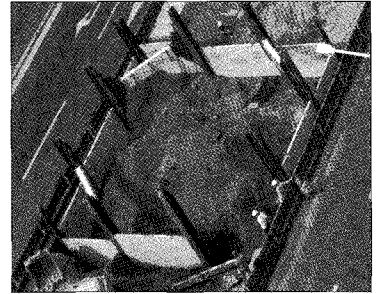
슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 공법과 시공사례



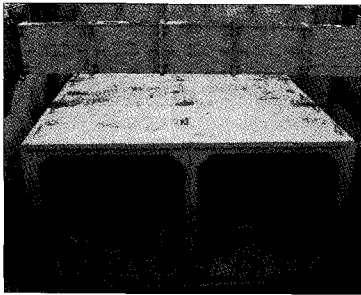
전력구



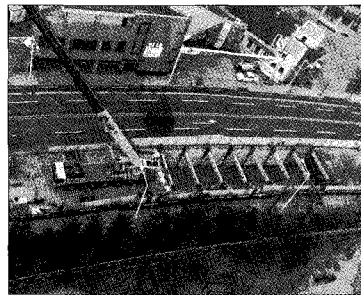
하수종말처리장



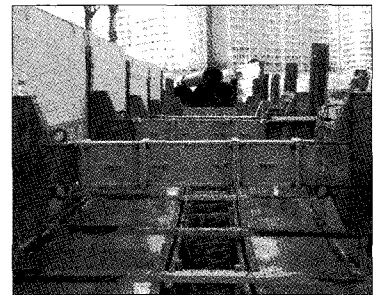
교각기초



관로



지하차도



하수관거

그림 1. 슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 공법의 활용방안

로서, 부재의 근입이 필요치 않으며 천공 및 향타를 위한 대형장비를 사용하지 않고 레일(Rail) 및 판넬(Panel)등의 가시설 자재를 조립후 압입시키고 그 내부를 소규모 굴착 장비(굴삭기)만으로 굴착하는 공법으로 서로 맞물려 연속 압입하여 영구적으로 또는 일시적으로 벽체를 형성시켜 횡방향의 외력에 저항시키는 소음 및 진동이 발생하지 않는 친환경적인 공법이다. 슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 신공법은 흙막이 벽체가 지중에 근입되지 않으며 시공이 간편하고 공정이 단순하기 때문에 타공법에 비해 공기가 단축되며, 패널의 단면이나 길이를 바꾸어 현장의 지반조건에 맞게 다양한 구조형식을 적용할 수 있어서 소규모 건축물의 지하 흙막이 공사에서도 상수도 관로 가시설, 추진구, 도달구, 철도교 교각기초, 도로교 교각기초 및 BOX 및 전력구 등 도심의 소규모 가설공사에 이르기 까지 광범위하게 사용되고 있다.

또한, 흙막이 가시설의 설치와 굴착이 동시에 작업되어 시간을 최소화할 수 있고, 강성이 큰 자재로 인해 품질이 우수하다. 또한 버팀대수가 적고 작업특성에 따라 버팀대

의 상하이동이 가능하여 작업공간의 확보가 용이한 장점이 있다. 최소의 인력과 굴삭기를 이용하여 주로 얇은 심도의 굴착공사에 시공되었으나, 유압식 압입인발공법, Water Jet공법, Auger압입 병용공법 등 장비 및 시공기술의 발달에 따라 풍화도 및 풍화암 등 경질지반에도 시공되고 있다.

슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 공법의 특징을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 근입하지 않으므로 시공이 간편하고 공정이 단순하기 때문에 공기가 짧다.
- 2) 무향타 및 무소음, 무진동공법으로 민원을 최소화할 수 있다.
- 3) 규격화되어 생산되는 공장제품이므로 시공시 품질 관리가 쉽다.
- 4) 단위면적당 부재수가 적어 설치 및 해체시간을 최소화할 수 있다.
- 5) 반복사용이 용이하며, 가설공사시 공사비가 저렴하다.

6) 탄성범위 내에서 연성벽체 거동을 하므로 지진시에도 유리하다.

본 고에서는 기존의 흙막이 가시설 공법의 문제점을 보완한 슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 공법에 대하여 소개하고 현장 적용사례를 통한 공법선정, 문제점 및 개선사항, 경제성, 시공성 등의 검토결과를 종합하고 조립식 흙막이 가시설 구조물의 시공 중 발생된 여러 가지 문제점과 계측을 실시하여 결과를 분석함으로써 향후 설계 및 유사한 공사계획에 활용할 수 있도록 기술하고자 한다.

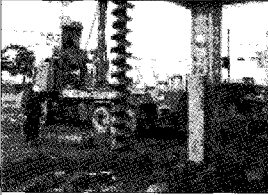
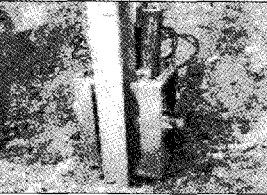




| 환경적 요인 | |
|---|---|
|  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> • 천공 및 항타시 소음발생 → 민원 피해 발생 | <ul style="list-style-type: none"> • 인발시 진동발생 → 정적유압 장치 필요 |
| 시공성 요인 | |
|  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> • 대형장비 진입에 따른 넓은 부지 공간이 필요 → 도심지 적용성 제한 | <ul style="list-style-type: none"> • 스트러트와의 간섭 → 구조물 시공시 제약 |
| 경제성 요인 | |
|  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> • 부재 및 토류판 설치 등 공정이 복잡 → 투입 인력 및 장비 과다 | <ul style="list-style-type: none"> • 부재 조립 및 설치에 따른 안정성 저하 |

그림 2. 기존의 흙막이 구조물의 문제점

2. 조립식 흙막이 공법의 선정

2.1 공법선정

슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 공법의 선정이유는 다음 표 1과 같다. 기존의 흙막이 공법에 비해 선정된 슬라이드 판넬이 적용된 조립식 흙막이 공법은 안정성이 높고 시공비가 타 공법중 가장 경제적이며 공사기간이 단축되고 시가지나 연약지반에서 적합하다. 심도 8m 이내와 굴착폭 10m 이내에서 작업이 가능하다.

2.2 현장적용 및 시공순서

슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 공법의 현장적용 시공순서 및 각 단계에서의 주요 검토사항은 다음 그림 3과 같다. 일반적으로 교각기초의 시공시 예비굴착 후에 버팀대와 조립되어 땅속에 압입되는 지주들에 복수개의 판넬을 적층 결합시킨 후 그 내부를 굴착하는 무항타, 무소음, 무진동의 흙막이 공법이다.

3. 슬라이드 판넬을 적용한 흙막이 공법의 적용성 평가

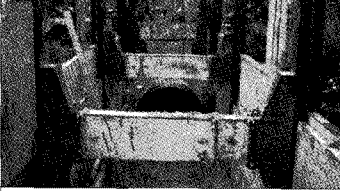


3.1 현장의 특성

시공현장은 고양시 삼송지구 택지개발 4공구 공사현장으로 슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 벽체와 스트러트(1단)로 시공되었으며 굴착깊이는 최종심도 5.0m로 구간 현황은 그림 4와 같다. 그림 4에서와 같이 흙막이 구조물의 전체길이 16.0m, RAIL 평균높이 5.5m, 스트러트 1단, 지하수위 GL(-)6.0m로 분포하고 토층상태는 매립층-퇴적층-풍화대-기반암순으로 대부분 3m내외에서 풍화토가 출현하는 지반상태의 현장이다.

그림 5는 슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 공법의 시공순서도이다. 최초 자재의 평탄성을 위해 50cm터파기를 실시하고 Plate를 세우고 코너 Rail을 사이에 끼운 뒤 연

슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 공법과 시공사례

표 1. 가설 흙막이 공법 비교표

| 구분 | 슬라이드 판넬을 이용한 흙막이공법 | H-PILE+토류벽공법 | SHEET-PILE공법 |
|--------------|--|--|--|
| 현황도 |  |  |  |
| 차수성 | 양 호 | 불 량 | 양 호 |
| 설치 및 취급의 용이성 | <ul style="list-style-type: none"> • 항타장비 필요없음 • 소음 및 교통장애 적음 • 근입을 하지 않으며 현장 조립과 동시연속 작업 • 현장상황에 맞는 시스템 적용 • 작업속도가 가장 빠름 | <ul style="list-style-type: none"> • 항타장비 별도 필요 • 소음 및 시가지 교통 장애 많음 • 작업속도느림 (공사기간이 김) • 인건비가 세공법중 가장 많이 소요됨 | <ul style="list-style-type: none"> • 항타장비 별도 필요 • 소음 및 시가지 교통 장애 많음 • 작업속도는 경우에 따라 H-PILE + 토류벽보다 빠르나 항타장비가 연속적으로 필요하고 공사기간이 대체적으로 가장 김 |
| 적용 범위 | <ul style="list-style-type: none"> • 시가지 및 연약지반에서 상·하수도 관 매설 • 차집관거, GAS관, 열배관 및 지중선 매설 • 전력구 및 기타 유틸리티 지하관로 매설 • 맨홀공사 | <ul style="list-style-type: none"> • 굴착깊이가 깊고 굴착폭이 넓은 곳 (대형지하구조물공사) | <ul style="list-style-type: none"> • 지하수위가 높은 수중공사 • 굴착깊이가 깊고 굴착폭이 넓은 곳 (대형물막이공사) |
| 평가 | <ul style="list-style-type: none"> • 안정성이 높고 시공비가 타 공법중 가장 저렴하며 공기가 단축되고 특히 시가지나 연약지반에서 적합하다. 심도 8m이내 굴착폭 10m이내에서 작업이 가능함 | <ul style="list-style-type: none"> • 시공비가 많이 소요되고 시가지 및 수위가 높은 곳에서는 시공이 어렵고 시공속도가 느리므로 경제성이 적다. 해체시 위험성이 가장 크다. | <ul style="list-style-type: none"> • 공법중 차수성이 가장 좋으나 시공비가 고가이고 시가지에서는 여러 장애요인이 있어 간단한 지하매설물에는 경제성이 불리하다. |

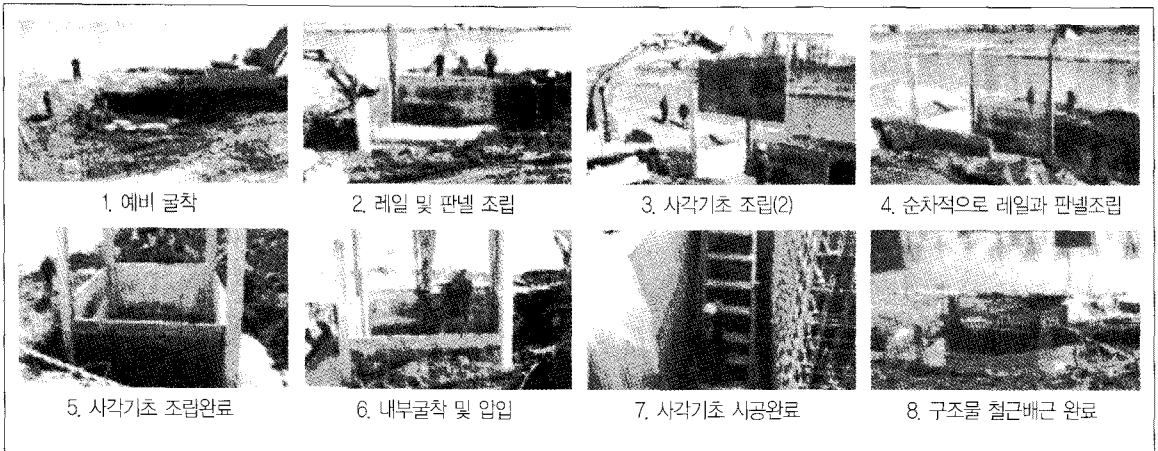


그림 3. 슬라이드 판넬을 이용한 흙막이 공법의 시공순서도

속적으로 벽체를 형성시킨다. 슬라이드 판넬이 조립완료 되면 판넬 내부에 굴착을 하며 슬라이드 판넬 조립이 완료되면 내부에 구조물을 시공한다.

3.2 공법의 경제성 평가

슬라이드 판넬을 이용한 조립식 흙막이 공법에 대한 경제성을 검토하기 위하여 공사기간 및 공사비, 현장조건에 따른 검토사항 등을 분석한 결과 본 공법이 적용 가능한 구간에서 일반적으로 사용되는 H-Pile+토류판 공법대비 공사 기간 및 공사비의 절감효과가 매우 우수하여 적

용성이 매우 높은 것으로 나타났다. 특히 조립식 흙막이 공법은 흙막이 벽체가 지중에 근입되지 않으며 시공이 간편하고 공정이 매우 단순하기 때문에 타공법에 비해 공사기간이 현저하게 단축되며, 굴착 형식에 맞도록 패널의 단면이나 길이를 바꾸어 현장의 지반조건에 맞게 다양한 구조형식을 적용할 수 있어서 현장에서 조건에 맞는 타입으로 즉시 적용이 가능하다.

3.3 계측현황

본 현장은 슬라이드 판넬을 적용하여 굴착하는 현장으로서 계측관리를 통해 시공단계마다 예기치 않은 문제점을 조기에 발견하고 보완하여 공사의 안전성 확보는 물론 문제점을 도출·개선하여 현장의 의사결정에 도움이 되는 자료를 제시하고 향후 설계 및 공사계획에 활용할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

슬라이드 판넬을 이용한 교각기초 흙막이 공법의 현장 계측은 본 공법의 안정성과 향후 설계 및 공사계획에 활용하기 위하여 수행하였다. 내부경사계, 지하수위계, 변형물계를 적절한 위치에 설치하여 굴착공사가 진행되는 2011년 5월 19일 ~ 2011년 6월 8일 (1개월) 정도까지의



그림 4. 과업구간 주변현황도

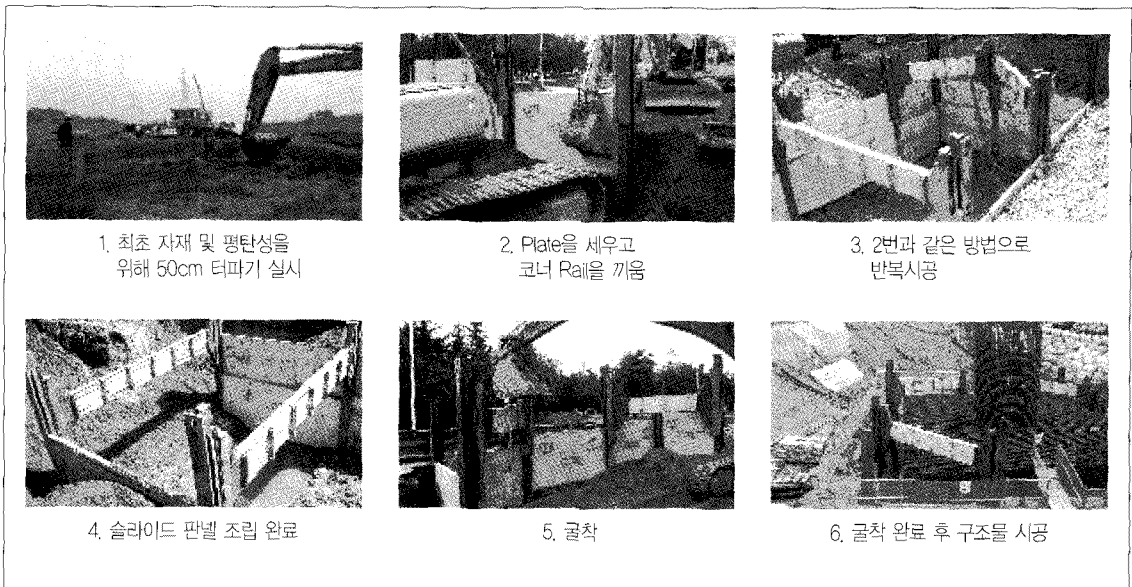




그림 5. 현장의 시공순서도

슬라이드 판넬을 이용한 흠막이 공법과 시공사례

표 2. 흠막이 가시설 시공성 및 경제성 비교

| 구분 | 슬라이드 판넬을 이용한 조립식 흠막이공법 | H-PILE + 토류판 공법 |
|------|---|--|
| 개요도 |  |  |
| 특징 | <ul style="list-style-type: none"> • 미근입, 항타장비가 필요없음 • 구조물시공시 스트러트간섭이 없음 • 민원방지, 공기단축, 공사비절감 | <ul style="list-style-type: none"> • 천공 및 항타로 인한 소음 발생 • 부재수가 많아 시공시 간섭우려 • 민원발생, 공기 증가, 공사비 증가 |
| 총공정 | 5.5일 | 11.5일 |
| 절감효과 | 6일 (52.1% 절감) | - |
| 토공사비 | 1,700,000 원 | 1,700,000 원 |
| 재료비 | 25,000,000 원 | 18,900,000 원 |
| 노무비 | 7,800,000 원 | 16,900,000 원 |
| 경비 | 1,300,000 원 | 3,300,000 원 |
| 합계 | 35,800,000 원 | 40,800,000 원 |
| 절감효과 | 5,000,000 원 (12.8% 절감) | - |

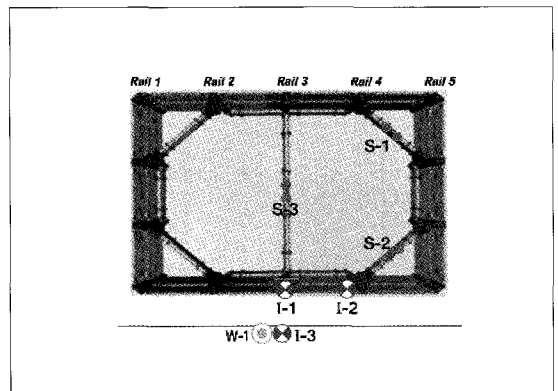
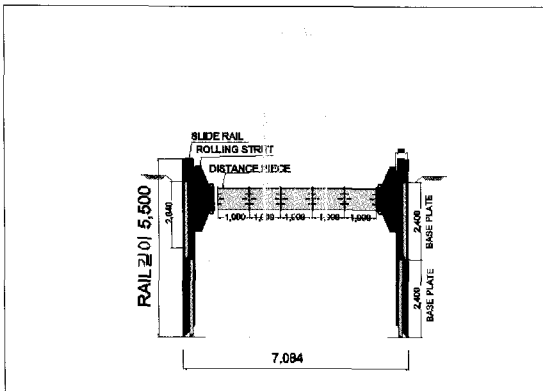


그림 6. 계측기 설치 위치 현황도

표 3. 계측기 수량

| 계측기명 | 설치위치 | 설치개수 |
|-------|-----------|------|
| 내부경사계 | 배면 및 Rail | 3개소 |
| 지하수위계 | 배면 | 1개소 |
| 변형률계 | 각 단 Strut | 3개소 |

| 내부경사계 (Inclinometer) | 지하수위계(Groundwater level) | 변형률계 (Strain gauge) |
|----------------------|--------------------------|---------------------|
| | | |
| 내부경사계조립 | 내부경사계조립 | Mount Block 용접 |
| | | |
| Angle 설치 | 천공작업 | 센서 조립 |
| | | |
| Cassing 고정 | PVC pipe 삽입 | 변형률계 설치 완료 |
| | | |
| 내부경사계 설치 완료 | 지하수위계 설치 완료 | 표지판설치 완료 |

그림 7. 계측기 설치 순서도

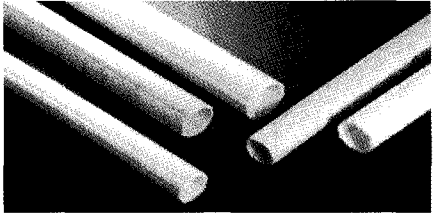
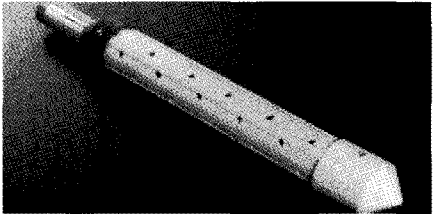
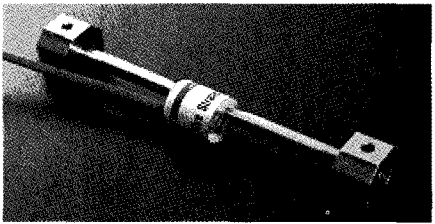
현장계측자료를 분석하고 주 3회의 정기적인 계측을 통하여 지반의 거동을 확인하였다. 그림 6은 내부경사계, 지하수위계 및 변형률계 등의 계측기가 설치된 현황도이다. 현장 공정에 따른 안정성 여부를 확인하기 위해 설계 상에 명시된 계획 물량 중 현재 지중경사계 3개소, 지하수

위계 1개소, 변형률계 3개소가 설치되어 있다.

3.4 계측기별 현장 데이터 결과

표 5는 교각기초 흠막이 신공법에 설치된 내부경사계,

표 4. 계측기별 제원

| 종 류 | 제 원 | 사 진 |
|------------------------------|--|---|
| 내부경사계 (Inclinometer) | <ul style="list-style-type: none"> • 구성 : Casing, Coupling, Cap • 사양 <ol style="list-style-type: none"> 1. 재질 : ABS 수지 2. 인장 강도 : 480 이상 3. 외경 : 70± 0.2mm |  |
| 지하수위계 (Water Level Meter) | <ul style="list-style-type: none"> • 구성 : PVC Pipe, Casagrand Tip • 사양 <ol style="list-style-type: none"> 1. 재질 : PVC Pipe, 다공질 Tip 2. 길이 : 500mm(Tip) 3. 기공 : 60microns |  |
| 변형률측정계 (M/B Type) | <ul style="list-style-type: none"> • 구성 : Sensor, Cable • 사양 <ol style="list-style-type: none"> 1. 재질 : Stainless Steel 2. Type : 진동현식 3. 측정영역 : 3000 4. Size : 150mm 5. 정확도 : 0.1% Full Scale Range |  |

지하수위계, 변형률계의 시간이 경과함에 따른 계측데이터를 분석한 것이다. 2011년 05월 19일 ~ 2011년 06월 08일 기간 중 배면지반에 설치된 내부경사계 3개소의 경우 굴착완료 및 지하층 시공 완료시까지 1개월간 주 3회 주기적인 계측이 이루어졌다. 현장내 작업에 따른 변위는 미소한 변위를 나타냈으며 벽체에 대한 변위는 안정적인 상태에서 계측을 종료하였다. 그리고 현장 배면에 설치된 지하수위계의 측정결과, 초기치 지하수위는 G.L(-)6.05m에 분포하고 있는 것으로 측정되었으며, 지하층 공정이 완료된 현 시점에서의 지하수위는 G.L(-)3.60m에 분포하고 있다. 또한 초기치의 대비 결과 (-)2.45m의 값이 나타났으며, 현장주변 하천 수위에 의해 일시적인 변동이 있었으나 지하 구조물 시공완료시까지 수위변화는 미소하게 변화된 것으로 측정되었다. 또한 Rail에 설치된 지보재(Rolling Strut)의 반력 상태를 확인하고자 Rolling Strut에 변형률계(Strain gauge)를 설치하여, 지보재 축력을 확인하였으며 공사 기간내에 지보재는 안정적인 상

태를 유지하였다.

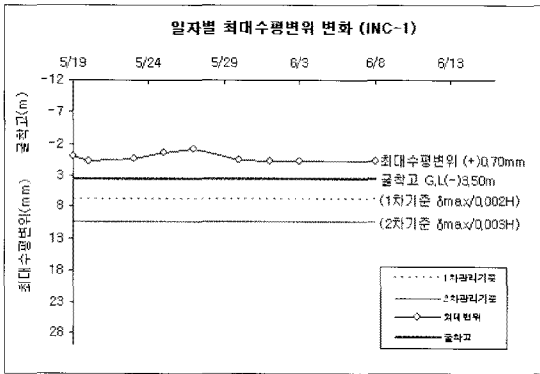
굴착이 진행되는 기간동안 지속적인 계측변화량에서 알 수 있듯이 측정된 모든 계측기기의 결과값이 1차 및 2차 관리기준치 이내로 안정한 상태를 유지함을 알 수 있다.

4. 결론

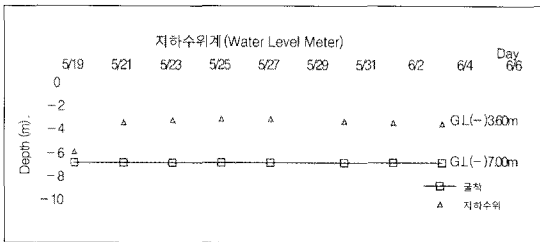
슬라이드 판넬을 이용한 흠막이 공법의 현장 계측을 통해 본 공법의 활용성에 대해 요약하면 다음과 같다.

- 1) 슬라이드 판넬을 이용한 교각기초 흠막이 공법은 교각기초 시공시 터파기 작업을 위하여 설치하는 가설 흠막이 공법으로서, 부재의 근입이 필요치 않으며 천공 및 항타를 위한 대형장비를 사용하지 않고 레일(Rail) 및 판넬(Panel) 등의 가시설 자재 조립 후 압입시키고 그 내부를 소규모 굴착장비(굴삭기)만으

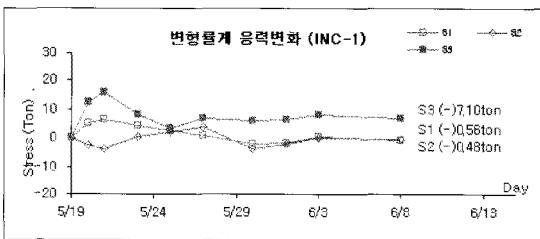
표 5. 시간에 따른 계측결과



(a) 내부경사계(Inclinometer)



(b) 지하수위계(Water Level Meter)



(c) 변형률 측정계(M/B Type)

로 굴착하는 공법으로 소음 및 진동이 발생하지 않는 친환경적인 공법이다.

2) 굴착이 진행되는 기간동안 지속적인 계측변화량에서 알 수 있듯이 측정된 모든 계측기기의 결과값이 1차 및 2차 관리기준치 이내로 안정한 상태를 유지함을 알 수 있다.

3) 슬라이드 판넬을 이용한 흠막이 공법의 설계는 기존 설계의 이론적 불명확성과 설계조건 가변적요소로 인하여 전문적 기술자에 의해서만 상세설계를 수행하여야 하는 어려움이 있었으나 굴착심도가 비교적 깊지않고 일반적인 흠막이 공사에서는 본 고에서 제안한 흠막이 공법이 경제적이며 효과적인 공법이라고 사료된다.

4) 슬라이드 판넬을 이용한 흠막이 공법의 활용성에 대하여 굴착심도가 깊지 않은 굴착공사의 현장계측 결과는 조립식 가시설의 구조적인 안정성을 개략적으로 확인하는데 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

5) 본 공법은 국외의 사례를 통하여 국내에 처음으로 제안되는 슬라이드 판넬을 이용한 흠막이 가시설 공법이므로 향후 설계 및 시공분야에 적용함으로써 기존의 흠막이 공법의 문제점을 보완할 수 있는 공법으로 적용할 수 있을 것으로 사료되며, 설계 및 시공분야의 활용을 통하여 다양한 지반조건에서의 적용성을 지속적으로 보완·발전시키는 것이 매우 중요한 과제로 사료된다.