

## Front-Jacking공법에 의한 대전역사 하부 관통사례

A case study on perforation under Daejeon station building by  
Front-Jacking method

김용일, 황낙연, 정두석 ((주)대우건설)  
차종휘, 이내용 ((주)대우건설)

### Abstract

The crossing construction under railroad have two methods which are cut and cover and trenchless method. First, cut and cover method is an extremely limited method concerning non-running time. Whereas, trenchless method is free from restriction such as train speed and running time, and has the strong points of safe and rapid construction.

Front Jacking method, one of the trenchless methods, is frequently applied recently due to its stability during construction and vantage of assuring schedule reliability. The procedure is that after minimizing interlocking friction with structure and earth pressure due to jacking the small steel tube, pulling the precast box manufactured at the field in the ground using PC strand and hydraulic Jack. This method is able to be applied regardless of section size and length of box and condition of ground. And that is also pro-environmental.

This paper presents the case of Daejeon E. W. perforate Road Project applied with the Front Jacking method.

### 초 록

철도지하횡단공사는 횡단구조물 축조시 개착식과 비개착식 공법으로 구별되는데 개착식 공법은 열차의 비운행시간을 고려하여 시공하는 극히 제한적인 공법인데 반하여 비개착식은 열차의 속도 및 운행시간에 제약을 받지 않는 특징을 갖고 있으며 안전하고 신속한 시공의 장점을 갖고 있다. 비개착식 공법 중 Front Jacking 공법은 소구경의 강관을 압입하여 구조물과의 마찰력과 토압을 최소화 시킨 후 현장에서 제작한 전단면 Precast Box 선단부에 PC강연선과 유압Jack을 이용하여 박스를 지중에 견인하는 공법으로 시공시 안정성과 열차의 정시성 확보가 유리하여 많이 적용되고 있다. 이 공법은 박스단면의 크기 및 연장, 지반조건에 관계없이 시공가능하며 친환경적인 시공을 할 수 있다. 본 고에서는 Front Jacking 공법이 적용된 대전동서관통대로의 철도횡단 시공사례를 소개하고자 한다.

### 핵심어

철도지하횡단공사, 개착식, 비개착식, Front Jacking, Precast Box

# 1. 서 론

80년대 중반이후로 국내열차의 고속화와 고빈도 운행에 따라 열차의 안정성, 신뢰성, 정확성 및 정시성 확보를 위해 철도지하횡단공사의 경우 비개착공법이 적용되고 있다. 본 공사도 기존 대전역사의 철거에 따른 역사의 안정성 및 역 구내배선구간의 안정성을 확보하기위해 비개착공법을 적용하였다. 철도 지하횡단시 터널구축공법은 개착과 비개착 공법으로 나눌수 있다. 개착공법은 Open cut, 가받침공법, 특수선공법이 있고 비개착공법으로는 Front-jacking,TRM, JES, URT, Messar Shield 공법 등이 있다.

이 중 본 공사에 적용된 Front Jacking공법은 콘크리트 합체를 제작한 후 유압식재를 사용해서 합체를 시공지점으로 밀어 넣는 특수한 공법으로 합체의 견인방법에 따라 상호견인, 분할견인, 편측견인 등이 방법이 있다.

# 2. 공사개요

- 공 사 명 : 대전역 철도횡단 동서관통도로 건설공사 (2공구)
- 구 간 : 대전시 동구 소재동(계죽로) ~ 정동(대전역 3가)

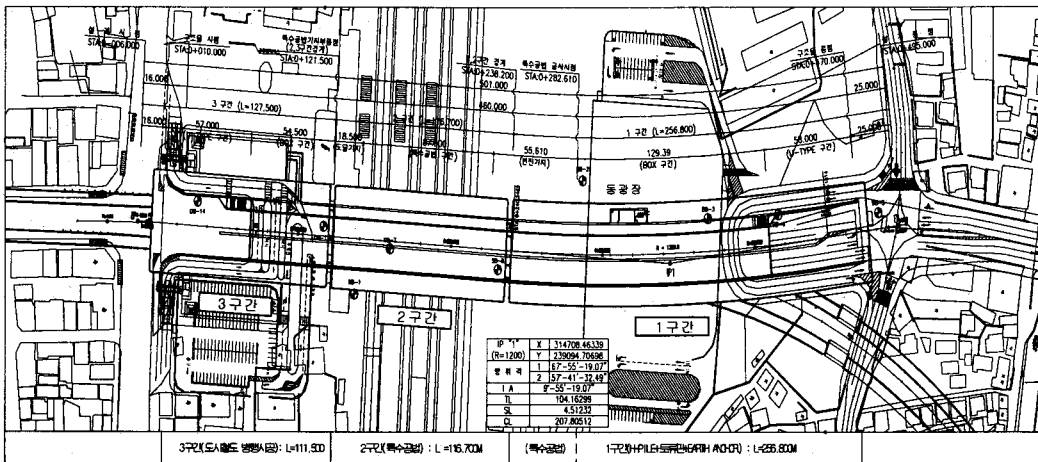


그림 1. 공법개요도

- 규 모 : 지하차도 L=501m, B=30m
  - ▷ 1공구 : L=257m, B=30m  
(BOX 174m, U-TYPE 58m, 일반도로 25m)
  - ▷ 2공구 : L=117m, B=30m (BOX구간) Front Jacking구간 :87M  
(특수공법 87m, 전진기지 11.2m, 도달기지 18.5m)
  - ▷ 3공구 : L=127m, B=30m  
(BOX 54m, U-TYPE 57m, 일반도로 16m)

- 사업기간 : 2003. 03 ~ 2005. 08
- 공사규모

공 종		공 사 내 용
F/J 구간	F/J 기지설치공	터파기 : 28,077m <sup>3</sup> H-Pile박기 : 224본
	Pipe Roof공	강관추진(φ812.8×12t) : 4,050m(81m×50본)
	F/J공	Box굴착 및 견인 : 84m
	F/J Box제작공	구조물(Box)제작 : 7,275m <sup>3</sup>
	F/J 기지 및 노반보강공	그라우팅 : 2,228m S.G.R : 2,589m
일반구간	구조물공	구조물(Box)설치 : 2,483m <sup>3</sup> , 기타포함
부대공		안전시설비:1식, 운반비:1식

### 3. 공법선정검토

#### 3.1 지반특성

본 지역의 지질은 선캠브리아기 흑운모 편마암층을 관입한 시대미상의 편마암과 화강암이 주로 기반암으로 분포하며 그 상부에 제4기 충적층인 모래, 자갈, 점토층 및 인위적인 매립으로 형성된 매립토층이 부정합적으로 피복되어 있다.

지층은 잔자갈 및 조립질모래(SP,GP)로 구성된 매립층이 1.4~2.4m 분포하고 실트질 점토(CL,ML) 및 자갈섞인 모래(SP)로 구성된 퇴적토층이 6~7.3m 분포한다. 2구간의 BOX하단(E.L.-10.1m)은 실트질 모래로 구성된 풍화토층이 위에 놓이게 된다.

본 지역의 지반은 당초 설계시 보다 지하수위가 상승하여 선단슈 및 강관추진시 모래층의 지반이완에 따른 지지력 및 침하의 우려가 있어 LW 공법으로 지반보강을 하였다.

#### 3.2 구간별 적용공법

3구간(STA. 0+006.000~0+121.500)은 지하철과 동시시공하는 구간으로 도로 16m, U-TYPE 57m, BOX 54.5m로 적용되어 있으며 대전 중앙로와 연계되는 교차로 설계지역이므로 민원발생을 최소화하는데 중점을 두고 있다. 2구간(STA. 0+121.500 - 0.238.200)의 경우 Front Jacking공법이 적용되는 구간으로 전체가 Box로 시공되며 열차주행에 대한 안정성 확보가 요구되는 구간이라고 할 수 있다. 1구간(STA.0+238.200~0+495.000)은 BOX 173.8m , U-TYPE 58m, 부체도로 25m의 연장으로 H-Pile 및 Earth Anchor의 개착공법이 적용되고 있다. 이 구간은 대전역 동광장의 진입 도로 및 신설교차로의 운영방안이 구조물 시공의 주안점이라 할 수 있다.

#### 3.3 철도 통과공법 검토

개착식 공법의 적용은 열차의 비운행시간을 고려하여 시공하는 극히 제한적인 건설 공법인데

반하여 비개착식 공법은 열차의 속도 및 운행시간에 제약을 받지 않는 특징을 갖고 있으며 안전하고 신속하게 시공할 수 있는 장점을 갖고 있다. 특히, 본 공사는 열차운행이 빈번한 경부 본선을 횡단하는 공사로서 대전역 구내배선구간을 통과해야하는 지형적 여건상 개착방식에 의한 구조물 축조는 불가능하고 열차의 운행중 구조물을 축조해야하므로 비개착식 공법이 요구되었다.

비개착식 공법 검토시 강관을 유압잭으로 압입한 후 강관내부 및 구조물의 벽체와 기둥을 굴착하여 콘크리트를 타설, 구조물을 완성시키는 TRM공법(Tubular Roof Construction Method)은 벽체 및 기둥이 커짐으로 작업공간이 협소하고 장대Span 구조물에서 안정성이 결여되는 점이 있었고, 소구경강관 압입 후 강재지보를 설치하는 Pipe Roof공법은 복잡한 시설로 토사 굴착 시 간섭이 많고 직진도가 불확실한 점이 있어 타 공법과 병용되는 일종의 보조공법이다.

반면에 전단면 Precast Box 선단부에 PC강연선과 유압잭을 사용하여 지중에 견인하는 공법인 Front Jacking공법은 Box 단면의 크기 및 연장, 토질에 관계없이 시공이 가능하고, 다수의 시공실적 및 안정성이 검증되어 현 도로교통에 영향을 최소화하고 열차운행에 악영향이 거의 없는 가장 적합한 공법인 것으로 판단되었다.

또한, 특수공법의 연장이 87m 및 단면 폭원이 30m의 공폭구조로서 시공시 안정성과 열차의 정시성 확보가 필수적이다.

## 4. Front Jacking공법의 적용

### 4.1 개요

도로면하와는 달리 철도하 구조물을 축조하는 방식의 일환인 가받침공법 및 하로판형공법은 선로간격의 충분한 이격거리를 필요로 할 뿐 아니라 열차 비 운행시간에 지지군말뚝을 타입하고 선로 해체 및 설치를 운행시간에 맞추어 반복적으로 하여야 하는데 이 공법에 의할 경우 노반에 대형장비의 운용과 조립식 가설 강구조물의 거치시 열차운행 및 기타 측면에서 지장이 많으므로 이러한 난점 해결을 위하여 개발된 공법이 Front Jacking 공법으로 이 공법은 비개착공법으로 시공하므로 특별한 경우를 제외하고는 공사중 열차운행의 서행이나 차단이 없고 공사중 가설 가교운행으로 야기되는 장기 불안전 기능과 서행으로 인한 지연시간이 발생치 않는 특징이 있다.

또한 토공절취량이 적고 궤도보수가 용이하고, 프리캐스트 콘크리트로서 품질관리가 용이하다.

### 4.2 시공방법

#### 4.2.1 토류Pile 천공 및 항타

H-PILE은 소정의 강성과 지지력을 갖고 외측의 L.W 그라우팅과 함께 가시설 내측 작업의 안전한 토류벽 역할과 DRY WORK를 확보하는데 그 목적이 있다.(224본, 평균심도H=14m)

#### 4.2.2 수직천공 및 그라우팅(LW+SGR)

지반굴착시 예상되는 지하수의 유입을 최대한 방지하고 선로주변 및 토류시설 주변 지반을 보강하는데 목적이 있다. 수직그라우팅(L.W)은 전면부에 시공 하여

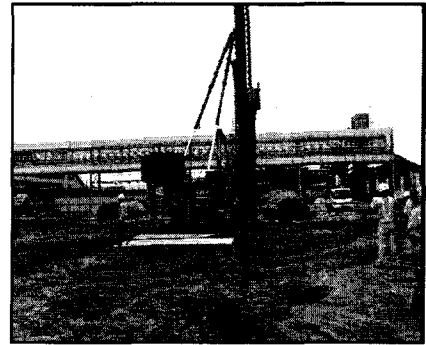


그림 2. 천공

선단슈에서 BOX굴착 및 견인시 안전하게 관입하게 하였고, S.G.R은 지반굴착시 가시설내 차수목적으로 측면부에 시공하였다.

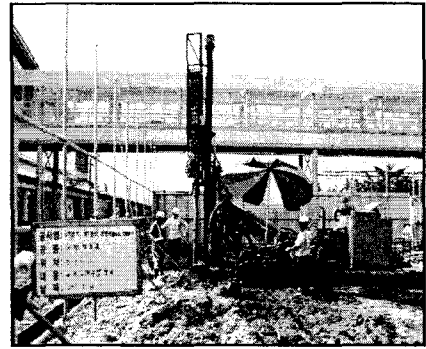


그림 3. 그라우팅

#### 4.2.3 Pipe roof공

이 공법은 Auger Type의 수평천공기 KA-MO기로 강관을 지중에 관입 시키며 압입시킨 만큼 내부를 Auger로 굴착하여 Roof를 형성시킨 후 지보공을 강관 하부에 설치하여 내부굴착하는 공법이다. 최소의 복토를 유지하고도 비개착으로 안전하게 시공할 수 있는 공법으로 Auger의 선단부에 달린 특수 Cutter에 의해 여굴없이 압입 굴진하므로 침하나 융기가 발생되지 않으며 용수 또는 연약지반에서도 토사의 붕괴없이 시공할 수 있다.

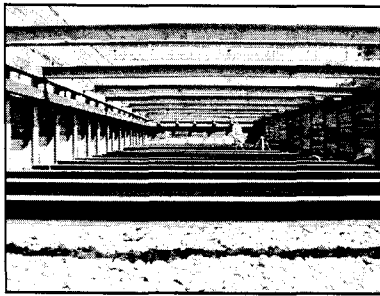


그림 4. 토공 및 H빔 설치

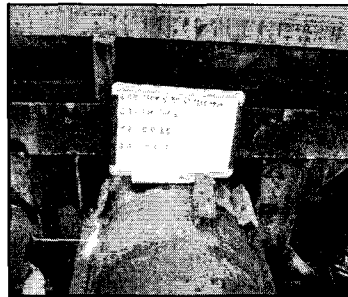


그림 5. 강관연결 용접

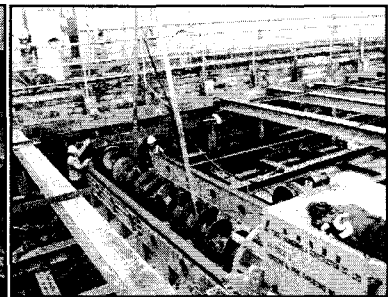


그림 6. 수평강관 추진

#### 4.2.4 도갱공

함체견인시 방향성을 이끌어 가는 가이드 역할을 하며, 수평 정도의 향상 및 견인력의 경감과 배수와 PC강연선의 집중배치를 위해 시공한다.

시공은 ① 발진대 F.L까지 토공정리 ② 지보공 설치 위치까지 굴착 ③ 지보공 및 하부버팀대 설치 후 레벨측정 ④ 환풍 및 Tie-Rod 설치, 토류 판 설치 ⑤ 도갱굴착이 완료된 후 잡석을 깔고 받침앵글, 가이드레일 설치 ⑥ 바닥 좌, 우에 배수로 (집수정)을 확보하고 지보공 제거가 용이 하게 조치한 후 콘크리트를 타설한다.

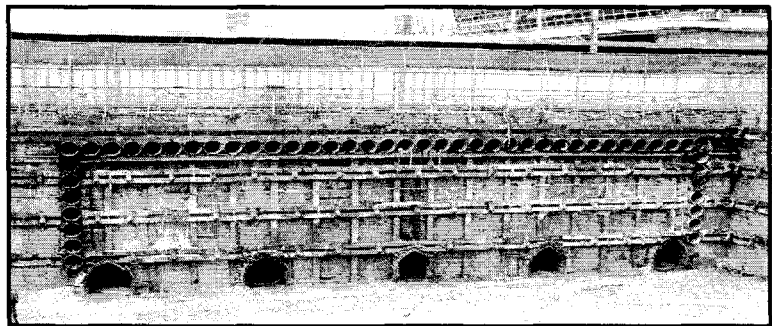


그림 7. 도갱공

#### 4.2.5 지반보강공 (수평천공그라우팅)

BOX 굴착 및 견인작업시 주변 토질의 기초지지력을 향상시켜 선로노반 및 상부 시설물(플랫폼, 플랫폼, 지붕 기초)의 침하 및 변위를 방지하는데 그 목적이 있다.

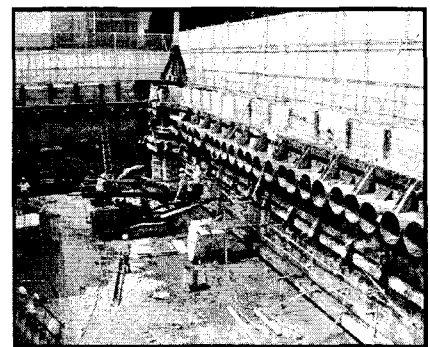


그림 8. 수평천공그라우팅

#### 4.2.6 발진대 축조

발진대는 합체의 제작대를 겸하고 합체의 수평과 방향의 정도를 좌우하는 중요한구조부로, 제작중 합체 견인중에 침하, 변형을 일으키지 않도록 평활하고 견고하누 구조로 설치한다.

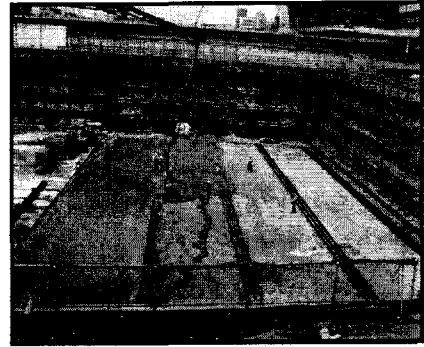


그림 9. 발진대 콘크리트 타설

#### 4.2.7 선단슈 및 접속강 제작 및 설치

선단슈는 외주토압, 선단슈 선단저항등에 대해 지지할 수 있는 구조로 BOX견인시 막장굴착을 안전하게 시행하기 위한 작업대 역할을 한다.

분할 견인의 경우는 합체와 합체 사이에 작업공간이 필요하며 이 작업공간의 주변 방호공을 접속강이라 한다.

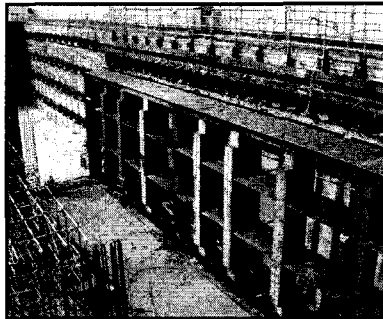


그림 10. 선단슈 제작

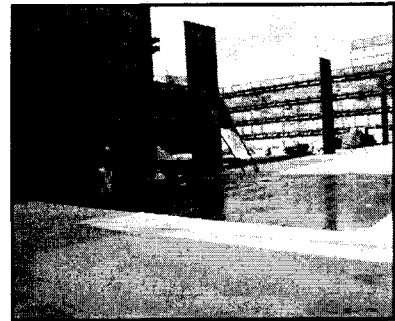


그림 11. 접속강 제작

#### 4.2.8 구조물 제작

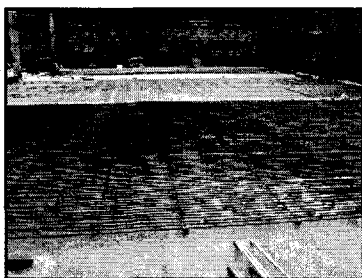


그림 12. 강판에 철근조립

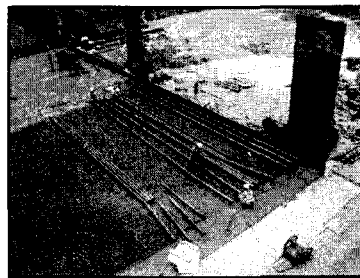


그림 13. 강관설치

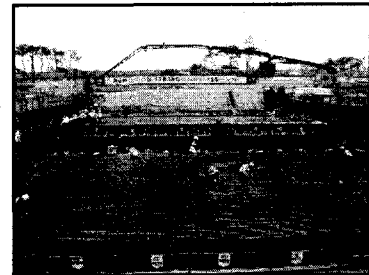


그림 14. 철근조립및 콘크리트타설

#### 4.2.9 강선홀 천공 및 반력대 설치

강선홀은 합체견인용 PC강선을 삽입하는것이 목적이며, 횡단개소의 소정위치를 천공하여 필요 지름의 구멍을 내는 것으로 ① 강관추진기 이용 강관(180mm) 삽입 ② PVC관 인입(100mm) ③ 강선 삽입(12.7mm, 8EA)순이다.

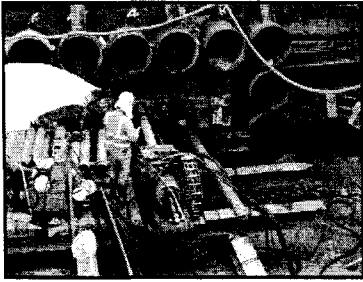


그림 15. 강선홀 천공

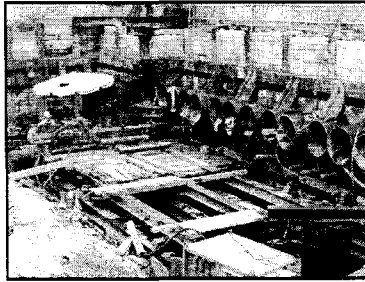


그림 16. 천공후 PVC관 인입

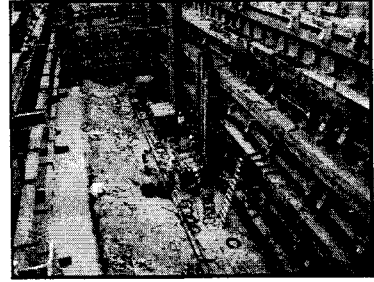


그림 17. 반력대 및 프론트잭 설치

#### 4.2.10 Front Jack, Face Jack, 중압Jack 및 유압 Unit, 관계설비 설치

프론트 잭은 반력대를 이용 PC강선과 유압을 사용하여 잡아당겨 BOX를 견인하고 중압 잭은 BOX와 BOX간에 위치하여 인접 BOX의 자중을 반력으로 삼아 유압을 이용 BOX를 밀어내며 견인한다. 페이스잭은 선단슈와 막장토류벽 사이에 위치하여 막장제거 및 굴착시 사용한다.



그림 18. Front Jack



그림 19. Face Jack

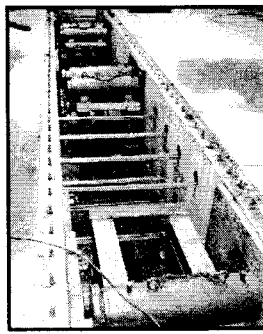


그림 20. 중압Jack



그림 21. 유압Unit

#### 4.2.11 박스구조물 합체 견인 및 이동

막장을 철거 후 BOX를 지중에 관입한 후, 1차견인시 1, 2, 3번 BOX는 중압잭으로 견인하고 4번BOX는 FRONT JACK으로 견인한다.

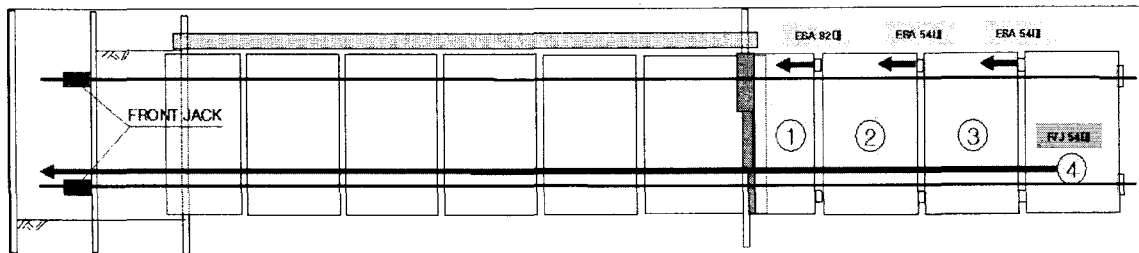


그림 22. 1차견인

2차견인시 5,6번 BOX를 소정의 위치로 중압JACK을 이용하여 이동시키고, 5번 BOX는 중압 JACK으로, 6번 BOX는 FRONT JACK으로 견인한다.

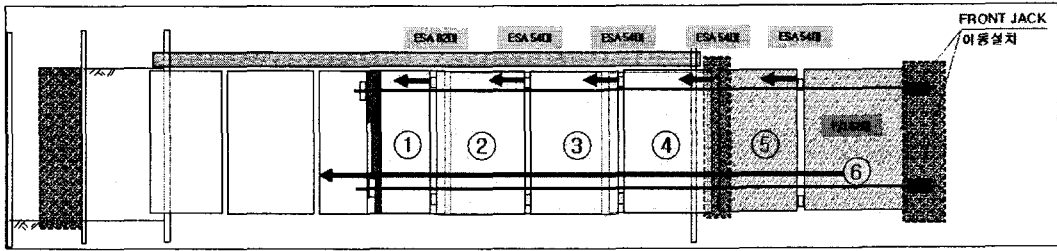
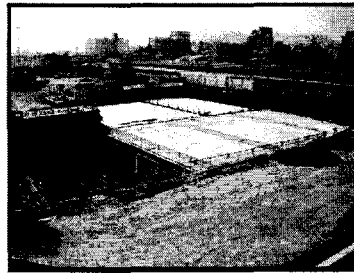


그림 23. 2차 견인

다음은 합체의 견인, 이동 및 하부관통 장면이다.



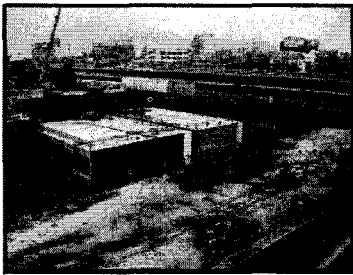
① BOX제작완료



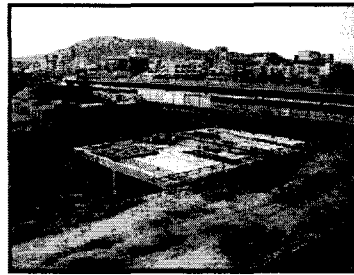
② 1번 BOX견인



③ 2,3,4번 BOX 견인



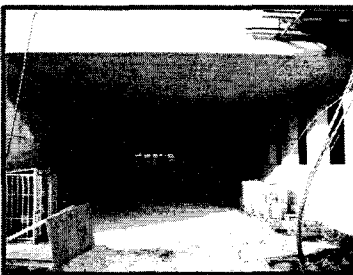
④ 5,6번 BOX 이동



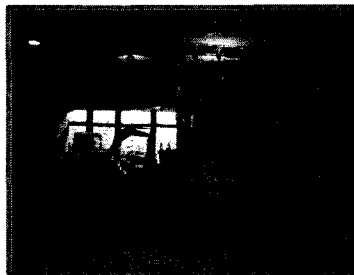
⑤ 5번 BOX견인준비



⑥ 6번 프론트잭 설치 및 견인



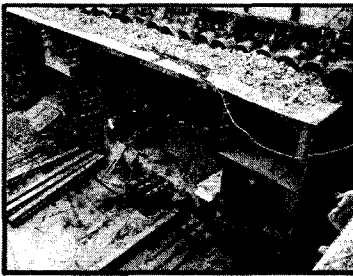
⑦ 구조물관통 부전경1



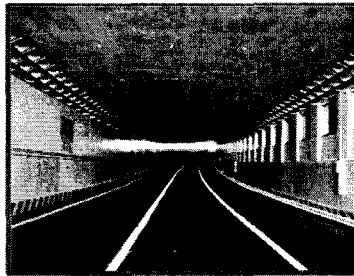
⑧ 구조물관통 내부전경2



⑨ 구조물관통 외부전경(서측)



⑩ 구조물관통 외부전경(동측)



⑪ 완공 전경(내부)



⑫ 완공전경(외부)



### 4.3 방수공법

분할된 BOX의 JOINT부 방수공은 우레탄 수지 삽입하고, 견인된 PC강선용 쉬즈관내 시멘트밀크를 주입한다. 이후구조물 외부(상부,측벽)에 그라우팅을 하고 네오플렌 유도 방수공을 설치한다.

방수시공은 구체방수의 경우 콘크리트 배합시 구체방수제를 혼합(1m<sup>3</sup>당12kg)하여 미세공극을 충전하여 수밀성을 증대시켜 콘크리트 구조물 자체를 방수화 한다.

침투식 방수는 깨끗이 처리된 콘크리트 표면에 스프레이로 분사하여 시공한다. 이는 콘크리트의 표면 아래 방수층을 형성하여 물의 침투로부터 콘크리트를 보호하게 된다. 즉 콘크리트 표면아래 방수층을 형성, 반응물질은 공극, 모세관, 크랙등을 봉합시키는 효과가 있다.

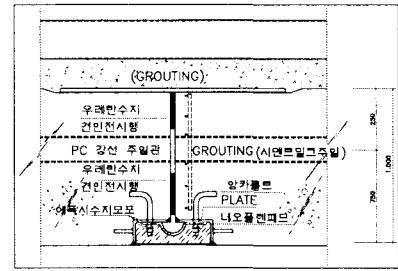


그림 24. 방수개요

### 4.4 자동변위계측시스템(ADMS : Automatic Deformation Monitoring System)

선로의 변위를 측정하기 위해 프랑스 SOL DATA사의 자동변위계측시스템을 적용하였다.

이는 한대 또는 여러대의 광파기(Total Station)를 이용하여 선로변에 설치된 Monitoring Target을 무인 자동 측정하여 사무실에 컴퓨터로 송신하고 송신된 데이터를 즉시 분석,검토하여 변위여부를 판단하는 시스템이다.

주요 특징으로는 24시간 주야로 감시 작동하고 타겟당 소요시간은 개략적으로 10초 이내이며 실시간 수집된 정보를 컴퓨터상 가시화 시킨다. 측정범위는 0 - 500m이며, 정확도는 60m당 0.5mm이다.



그림 25. ADMS

## 5. 결 론

경부선은 우리나라 교통의 중심축으로서 그 중요성을 감안할 때 무엇보다도 안전한 시공방법과 철저한 시공관리가 중요했다. 본 과업을 통하여 동부지역 개발촉진과 원활한 교통소통을 가능하게 하며 경부고속도로 및 도시철도와 연계된 도시기반시설 확충할 수 있어 지역적 균형발전 및 도시 교통수요에 대처할 것으로 기대한다. 본 도로는 Front Jacking 공법에 의해 대전역사를 동서 방향으로 관통하였고, 2005년 12월 개통 후 현재 공용 중에 있다.

### ■ 참고문헌 ■

1. 대전광역시, 2002, 동서관통도로 건설공사 기본 및 실시용역 종합보고서.
2. 엄기영, 1999, 국내외 철로지하횡단공사 현황분석, 한국철도기술 21호.
3. 특수건설, 2000, Front Jacking공법 기술자료.