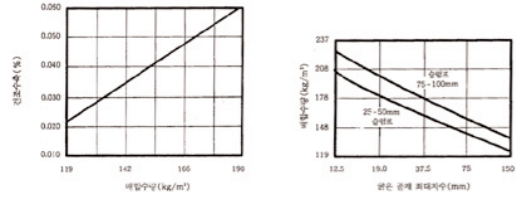


■ 그림 4. 배합수량이 건조수축에 미치는 영향(좌)
 ■ 그림 5. 골재치수가 단위수량에 미치는 영향(우)



4) 화학적 혼화제의 영향

혼화제는 콘크리트의 특성을 개선시키는데 이용된다. 가장 일반적으로 사용되는 혼화제는 AE제, 감수제, 경화촉진제, 경화지연제 등이 있다. AE제의 사용은 공극량을 증가시켜 건조수축을 약간 증가시키는 경향이 있으나, 공기의 함유는 슬럼프의 감소없이 배합수량을 감소시킬 수 있어 건조수축은 공기량이 5% 될 때까지 별로 영향을 받지 않는다. 감수제와 경화지연제의 사용은 콘크리트의 단위수량을 감소시켜주지만 건조수축을 감소시켜 주지는 못하는 것으로 나타났다. 경화촉진제는 초기 건조상태에서 건조수축을 증가시키는 결과를 가져온다.

5) 포졸란 재료의 영향

포졸란 재료의 사용은 콘크리트의 건조수축 뿐만 아니라 단위수량도 증가시킬 수 있다. 건조수축에 별로 영향을 주지 않는 플라이애쉬도 있지만 대부분은 콘크리트의 건조수축을 증가시키는 역할을 한다.

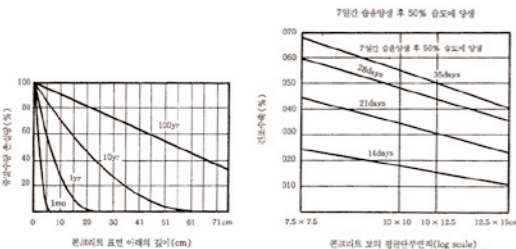
6) 습윤양생기간의 영향

콘크리트의 습윤양생기간은 건조수축에 큰 영향을 미치지 않는다. Carlson의 실험결과에 의하면 각각 7, 14, 28 일동안 습윤양생시킨 콘크리트의 수축은 거의 같은 경향을 갖는다고 보고하였다.

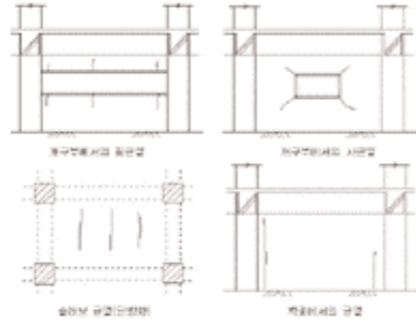
7) 부재의 크기에 따른 영향

콘크리트 부재의 크기는 콘크리트내의 수분이동에 영향을 주고 따라서 건조수축에도 영향을 준다.

■ 그림 6. 상대습도 50%에 노출되었을 때 건조율(좌)
 ■ 그림 7. 시편의 크기에 따른 건조수축량의 변화(우)



■ 그림 8. 건물에서 건조 수축에 의한 균열



3.2 건조수축으로 인한 균열의 제어

1) 균열 발생요인의 제어

건조수축으로 인한 균열을 제어하기 위해서는 균열 발생요인을 제어하는 것이 바람직하다. 가능한 배합수량을 줄이고, 골재크기를 적절히 조절하며, 입도가 양호한 골재를 사용하여야 한다. 감수제 등 혼화제의 사용은 배합수량을 감소시킬 수 있지만 수축의 감소에는 별 도움이 되지 않는 것으로 나타나고 있다.

2) 철근보강

적당한 양의 철근을 올바르게 배치함으로써 균열을 감소시키고 육안으로 판별되는 균열을 방지할 수 있다. 철근은 콘크리트의 건조수축을 억제하고, 균열발생에 따른 변형증가현상을 억제한다. 따라서, 철근 콘크리트구조물에는 부재크기에 따라 시방서에 규정된 최소한의 건조수축철근을 배치하는 것이 바람직하다.

3) 건조수축 보상 콘크리트의 사용

팽창시멘트를 사용하여 만든 건조수축보상 콘크리트는 수축균열을 최소화하거나 제거하는데 사용한다. 철근 콘크리트에서 양생기간 중 처음 몇일동안 시멘트풀의 팽창은 철근에서 인장응력과 콘크리트에서 압축응력을 유발시키는 낮은 수준의 프리스트레스를 발생시킨다. 이러한 프리스트레스효과는 건조수축으로 인한 인장응력을 어느정도 상쇄시켜 주는 역할을 하여 균열발생을 줄이게 된다.

4) 조인트 설치

구조물의 길이가 길거나 방향이 변할 경우에는 적절하게 조인트를 설치하여 균열을 방지할 수 있도록 한다. 특히, 슬래브, 보, 벽체와 같이 비교적 면이 큰 콘크리트는 균열이 발생하기 전에 적절하게 조인트를 주는 방안이 매우 효과적이다.

JES공법은 도로나 철도하부 횡단구조물을 강재엘리먼트로 연결하여 구조물의 벽체로 축조하는 비개착공법으로, 엘리먼트를 연결하여 형성가능한 형상(박스형, 문형, 원형 등)으로 적용 가능하고 연장 제한이 없다. 주로 철도복선연장 20m 전후를 대상으로 한 시공실적(일본)이 많으며 원형 지하철 단면으로 107m를 굴진한 사례도 있다.



구조강좌-2

사각Shield와 강재Element를 이용한 하부(도로, 철도외) 횡단공법(JES공법)

글 | 김창수 토목기술부 과장 02-3433-7767 이메일 | conshat@ssyenc.com

기존의 하부횡단공법(Front Jacking 공법)에 비해 경제성 및 시공성이 우수한 신공법인 JES공법에 관한 개요 및 특징, 시공방법등을 간략하게 소개하고자 한다.

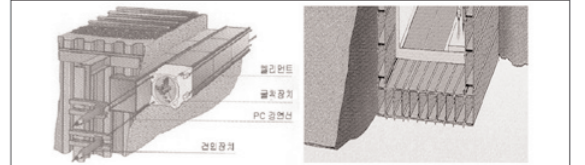
본 공법은 노선아래 횡단구조물을 강재엘리먼트로 연결하여 구조물의 벽체로 축조하는 비개착 공법으로, 엘리먼트를 연결하여 형성가능한 형상(박스형, 문형, 원형 등)으로 적용 가능하고 연장 제한이 없다. 주로 철도복선연장 20m 전후를 대상으로 한 시공실적(일본)이 많으며 원형 지하철 단면으로 107m를 굴진한 사례도 있다.

또한, 기존 하부횡단 공법에 비해 견인방식에 의한 정밀시공이 가능하고, 반력벽으로 도달부의 토류벽을 이용함으로써 발진부의 반력설비가 불필요한 장점이 있으며, 기존 공법에 비해 약 30%정도의 공사비 절감효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다.

1 공법개요

JES공법은 철로 및 고속도로의 하부에 횡단구조물을 단기간에 안전하게 시공하는 신공법으로서, 축적각방향으로 하중의 전달이 가능한 이음부를 갖는 강재엘리먼트를 사용한다. 이 엘리먼트를 이음부가 결속되게 삽입한 후 구조물 본체로 이용함으로써 노면하단에 비굴착상자형 라멘방식이나 원형 등의 구조물을 연장에 구매받지 않고 쉽게 구축할 수 있다.

■ 그림 1.1 JES공법에 의한 Element 견인
 ■ 그림 1.2 JES공법에 의한 완성된 구조물

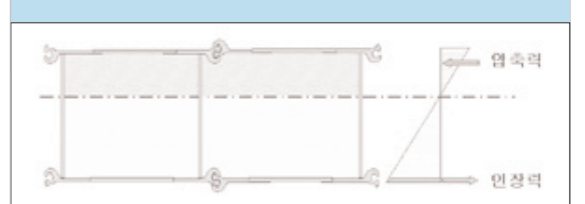


1.1 기설엘리먼트를 본체 구조물로 사용

- 국내의 대부분의 Under Pass공법에서 사용하는 지반보강용 Pipe Roof공 정도의 사각 강재엘리먼트를 본체 구조물로 사용한다.
- 강재엘리먼트의 순차적 삽입만으로 본체 구조물이 완성되므로 공기가 빠르고 경제적이다.
- 강재엘리먼트가 인장력을 부담하고, 내부에 충전한 콘크리트가 압축력을 부담한다.

2 공법의 특징

■ 그림 2.1 JES공법의 하중전달 Mechanism



1.2 기계화 시공

● 기존 국내의 인력굴착에 의존하는 Under Pass공법들과 달리 전공정이 기계화 시공에 의해 시공되며, 특히 엘리먼트 굴진의 경우 사각 Shield Machine을 이용함으로써 안전하며 침하영향이 거의 없다.

1.3 이음부의 구조

- JES공법은 부재에 발생하는 인장력을 엘리먼트 사이의 이음부에 의해 전달하는 강결구조이다.
- 이음부는 시공시 및 영구시의 하중을 충분히 견딜수 있는 구조로 제작된다.
- 시공시에는 Guide 역할을 원활히 할 수 있는 정도의 공극을 가지며, 추진후 고강도 무수축 그라우트를 충전함으로써 강결구조가 된다.
- 강재엘리먼트의 두께는 토피고등, 상재하중에 의한 검토에 의해 결정되며 통상 부식두께 3mm 정도가 추가적으로 고려된다.

■ 그림 2.2 JES 엘리먼트의 형상



■ 그림 2.3 이음부의 형상



1.4 강재 엘리먼트의 특징

JES공법에는 기준 엘리먼트, 일반부 엘리먼트, 우각부 엘리먼트, T자부 엘리먼트 등을 사용한다. 어느 쪽의 엘리먼트도 4개소 혹은 6개소의 이음부를 가지고 있고, 순차적으로 위 아래로 맞추면서, 엘리먼트를 소정의 위치에 삽입하여 구조체를 조립한다.

■ 그림 2.4 JES 엘리먼트의 종류 및 배치



1.5 견인방식에 의한 고정밀 시공

● 시공정밀도를 결정짓는 가장 중요한 기준 엘리먼트 견인용 PC 강선은 수평보링에 의해 천공한 구멍에 도달부에서 발진부로 삽입한다. 따라서 엘리먼트의 도달위치가 정확하게 사전 확정된다. 또 두 번째 이후의 일반부 엘리먼트는 선행 엘리먼트의 이음부와 맞물려 PC 강선에 의해 견인하므로 정밀하게 시공할 수 있다.

1.6 발진부의 반력설비 불필요

● 견인반력은 도달부의 토류벽을 이용하기 때문에 프론트잭킹공법의 추진공법과 같이 견고한 반력설비를 필요로 하지 않는다.

1.7 지장물에 대응 가능

● 굴진은 엘리먼트 선단에 장치한 소형의 굴진장치에 의해 시공한다. 내부의 구동부분을 후방으로 빼내고 굴진면이 개방되는 구조로서 쉽게 굴진면의 지장물을 제거할 수 있다.

1.8 시동관리의 자동화

● 굴진상황은 실시간으로 중앙관리실에서 계속되어 제어됨으로써 정확한 시공으로 노면의 영향을 최소화 할 수 있다.

1.9 효율적인 배토방식

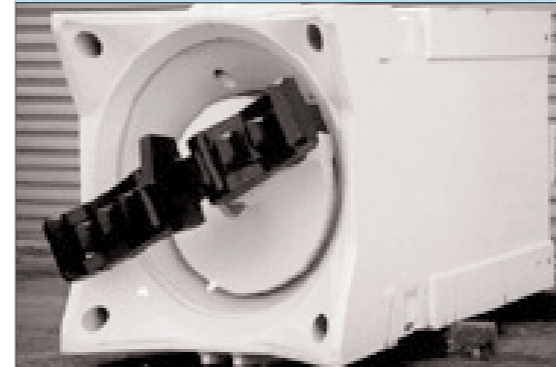
● 흡입배토 장치에 의해 호스 1본으로 연속 배토함으로써 배토효율이 높고 고속굴진을 할 수 있다. 굴착연장 및 토질조건에 따라 벨트콘베이어 등도 사용 가능하다.

3 시공 방법

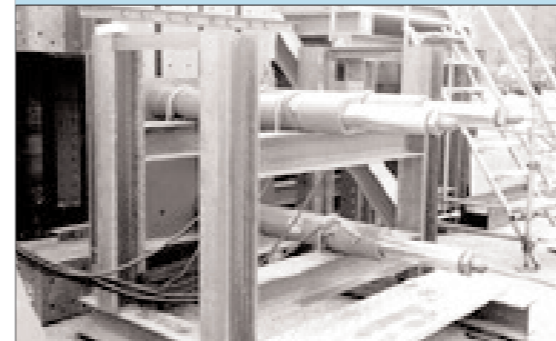
도달측에 설치한 견인장치로 굴착장치에 정착시킨 PC강연선을 인장하여 굴착장치에 연결된 이음부가 있는 JES엘리먼트를 발진측에서 인입하는 방법으로 시공한다.

견인방법은 최초의 기준엘리먼트를 수평 보링에 의해 천공한 구멍에 삽입한 PC강연선을 굴착장치와 연결하여, 도달측에서 견인장치로 견인한다. 이하 엘리먼트 견인은, 선행하는 엘리먼트와 함께 인입한 PC강연선을 사용하여 순차적으로 시행한다. 그림 3.3은 견인방법, 그림 3.4는 시스템 구성을 나타낸다.

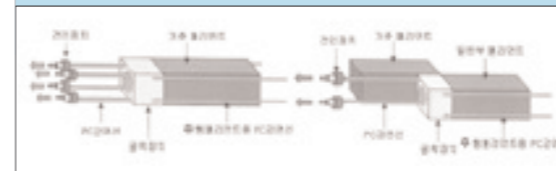
■ 그림 3.1 AUGER를 장착한 전용굴진장치



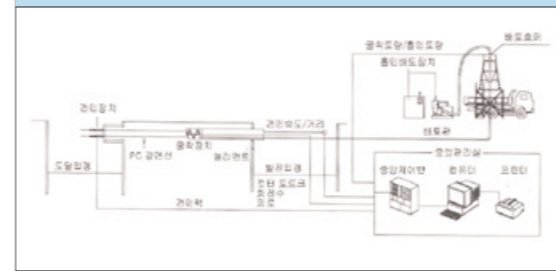
■ 그림 3.2 유압견인장치



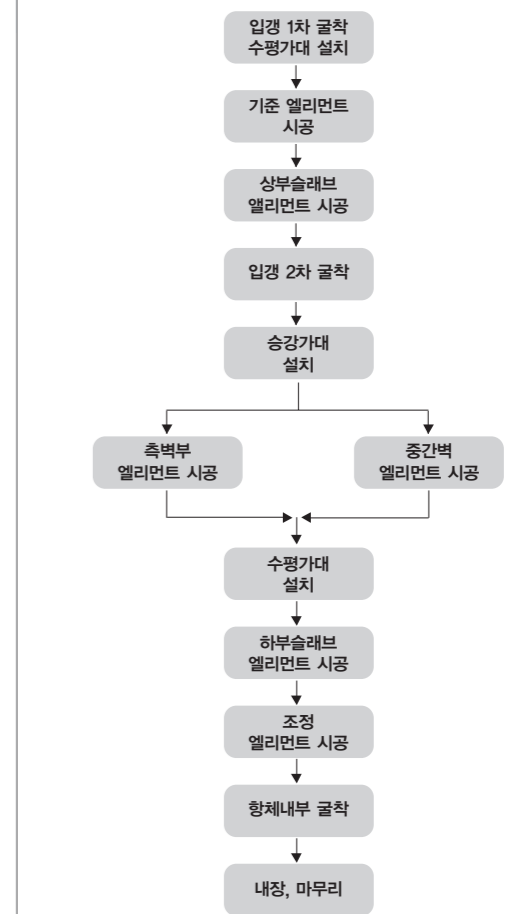
■ 그림 3.3 견인방법



■ 그림 3.4 시스템 구성



■ 그림 3.5 JES공법에 관련된 구조물 전체 시공순서



4 적용 범위

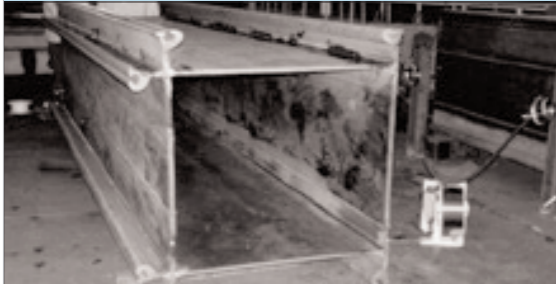
- ① 축조물 형상 : 엘리먼트를 연결하여 형성가능한 형상을 가진 직선구조물
- ② 축조물 규모 : 축조물 길이의 제한은 받지 않음
- ③ 엘리먼트형상 : 기준엘리먼트는 π 자형, 일반부 엘리먼트는 σ 자 형상이 기본
 - 엘리먼트 내부에 지장물 제거등의 인력작업이 가능한 \square 850mm×850mm 이상의 형상
 - 원형터널에서는 사다리꼴형 엘리먼트를 적용
- ④ 지질
 - 막장지장물, 전석 및 호박돌등의 구간에 대해서는 인력굴착 적용 가능
 - 용수를 수반하는 극단의 붕괴성 지반에서는 보조(補助)공법이 필요

5 관련 사진

■ 그림 5.1 JES Element



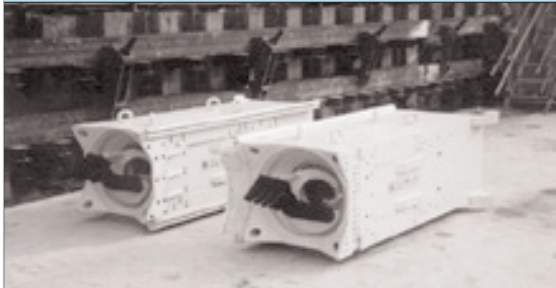
■ 그림 5.2 T형 Element



■ 그림 5.3 발진축 수직구



■ 그림 5.4 굴착 장치



■ 그림 5.5 상부 상판 Element



■ 그림 5.6 견인 굴진 중



■ 그림 5.7 JES 연결부



■ 그림 5.8 견인 장치



■ 그림 5.9 도달한 굴착장치



■ 그림 5.10 환체내부 굴착



흙막이 가시설은 지보형식에 따라 자립식, 버팀대식(Strut), 앵커식(Ground Anchor) 등으로 구분할 수 있으며, 지보형식은 굴착면적, 지층구성, 지하수위, 그리고 인접 구조물 배치 등의 현장 상황이 고려되어 결정된다.

구조강좌 3

흙막이 가시설 부재의 구조적 특성 (2)

-앵커(Ground Anchor)를 중심으로

글 | 차승훈 토목기술부 사원 02-3433-7761 이메일 | chocopie@ssyenc.com



흙막이 가시설은 지보형식에 따라 자립식, 버팀대식(Strut), 앵커식(Ground Anchor) 등으로 구분할 수 있으며, 지보형식은 굴착면적, 지층구성, 지하수위, 그리고 인접 구조물 배치 등의 현장 상황이 고려되어 결정된다. 본 장에서는 앵커식 흙막이 가시설의 설계방법 및 앵커의 시험에 대해서 기술하고자 한다.

1 앵커 설계

굴착시 가시설 벽체에 작용하는 토압을 지지하기 위해 사용되는 앵커는 형상에 따라 지압식, 마찰식, 복합식으로 나뉘어지며, 현재 시공되는 대부분의 앵커는 마찰방식을 사용하고 있다. 마찰식 앵커의 구성 및 설계방법은 다음과 같다.

1) 인장재의 허용응력 산정

허용응력은 인장재의 항복응력과 파단응력을 고려하여 (표 1)의 값 중 작은 값으로 한다.

■ 표 1. 인장재의 허용응력(한국지반공학회, 1992)

앵커의 종류	극한하중 고려 (f _{up})	항복하중 고려 (f _{yp})	비 고
가설앵커	0.65 f _{up}	0.80 f _{yp}	허용인장력이 설계축력
영구앵커	상시	0.60 f _{up}	보다 크도록 인장재의 개수를 설치해야 한다
	지진시	0.75 f _{up}	

2) 자유장 검토

앵커의 정착체가 소요의 마찰력(저항력)을 발휘하기 위해서는 앵커의 정착체는 주동파괴면 외부에 위치해야 한다. 이를 위해 앵커의 자유장은 (그림 2)와 같이 벽체에서 토층 내부마찰각에 따라 결정되는 파괴면까지의 거리에 여유장을 더하여 계산한다. 여유장은 0.15H(H, 굴착깊이)로 하며, 최소 1.5m 이상으로 해야 한다. 또한 토사지반에서의 최소 설계자유장은 3.0m 이상으로 한다.

■ 그림 1. 앵커 상세도(제거식)

