



버력처리 기계 / 지보기계



조 현
쌍용건설(주)
토목기술부/부장

4. 지보기계

일본의 산악터널 표준공법은 NATM 이다.

NATM은 지반이 가지는 지지력을 현장 계측을 통하여 적극적으로 활용하여 터널을 구축하는 것으로, 오스트리아의 랍세비츠 교수가 많은 터널공사에서 록볼트, 슛크리트, 계측 등의 기술을 채용하고 암반역학의 이론과 체계를 바탕으로 1963년에 NATM이라고 명명하였다.

NATM의 이론적 사고방식은 다음과 같다.

(1) NATM은 슛크리트, 록볼트, 강제(鋼製) 지보공 등을 적절히 조합하여 비교적 얇은 복공을 하고, 「부드러운 구조」로 지반을 지지하며, 지반 자체가 갖고 있는 지지력을 최대한으로 살림과 동시에, 지반과 지보재의 밀착에 의한 수동토압을 기대하는 것으로부터 출발하였다.

(2) NATM에서는 지압, 지보 응력, 지반 및 지보 변형 등의 계속적인 계측을 시스템으로서 확립하고 또한 계측 결과를 Feed-Back하여 지반의 변화에 즉시 대응하는 설계, 시공으로 변경할 수 있기 때문에 꽤 넓은 범위의 지질에 적용할 수 있다.

(3) NATM에서는 슛크리트에 의한 1차 복공이 끝난 평편한 면에 방수공을 시공할 수 있기 때문에 수밀성이 높은 복공이 가능하다.

4.1 슛크리트 기계

4.1.1 개설

스�크리트의 문제점으로는 리바운드와 분진이 있다.

분진이나 리바운드 문제는 터널의 작업 환경과 시공 비용에 많은 영향을 주며, 슛크리트 타설장비 뿐만 아니라 콘크리트 제조기계, 슛크리트 로봇의 기종 선택, 운전 조작 기술에 좌우되는 경우가 많다.

최근에는 슛크리트 타설장비의 개량, 분진 저감제의 이용, 슛크리트나 새로운 장비의 개발 등에 의하여 분진이나 리바운드가 이전에 비해 개선되고 있다.

또, 터널공사의 급속 시공이 요구되어 대단면 터널이 많아지고 슛크리트 능력의 증대나 작업 환경의 개선이 필요하여 장비의 대형화나 로봇의 보급이 이뤄지고 있다.

또한 섬유 보강 슛크리트 등 특수 슛크리트 공법도 사용되고 있다.

4.1.2 종류와 구조

1) 분사방식

슛크리트 분사방식은 습식, 건식, SEC식 등이 있다.

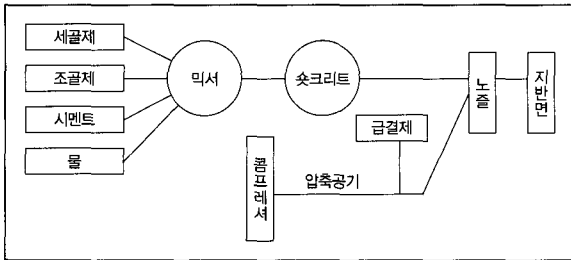


그림 1. 습식 공법 계통도

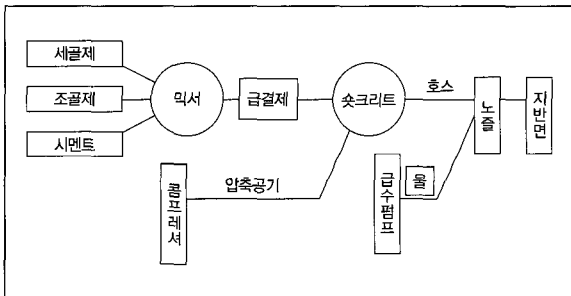


그림 2. 건식 공법 계통도

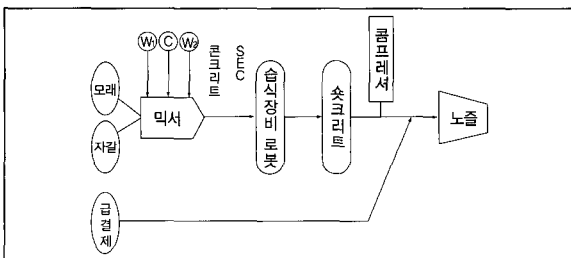


그림 3. SEC 습식(1계통) 공법 계통도

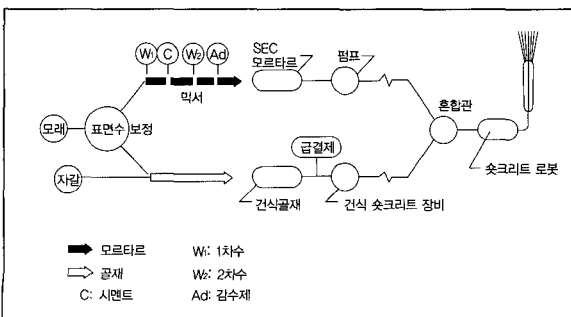


그림 4. SEC 건습 복합 방식 (2계통) 공법 계통도

분사장비는 콘크리트를 반송하는 본체, 급결제 공급 장치, 혼합부, 반송부, 노즐부, 노즐조작 장치 등으로 구성된다. 세미 습식 방식은 기본적으로 건식의 개량형으로, 건식 방법에서 노즐부에 첨가되는 압력수를, 재료 호스의 중간 또는 분사기 토출구에 첨가하는 방법으로 습식 공법에 가까운 공법이다.

2) 재료의 반송 방식

반송 방식은 크게 공기 반송식과 콘크리트 펌프식으로 구분된다. 압력식도 있지만 현재 터널공사에서는 사용되지 않는다.

(1) 공기 반송식

공기 반송식은 건식에서 많이 사용되지만 습식에서도 사용되고, 이 방식은 비교적 긴 거리 반송이 가능하고 맥동(脈動)이 적다. 본체부는 콤팩트하고 소단면 터널에서도 사용이 가능하다.

이 방식에는 재료의 반출 단계부터 압축공기의 사용에 따라 재료 투입 호퍼(hopper)와 하부 압력실이 떨어져 있기 때문에 추동부에 씰(seal)이 필요하고, 씰(seal)부의 소모가 시공 비용에 영향을 준다.

습식 콘크리트를 사용하는 경우, 콘크리트는 관내를 믹싱된 상태에서 공기 반송되므로 급결제의 혼합이 양호하고 맥동도 적다. 또한 장비내, 관내의 잔여 콘크리트에 의한 손실이 적고 청소도 간단하다.

공기 반송식의 일부 기종은 1대의 기계로 건식, 습식의 전환이 가능하여 슛크리트 부착면의 용수 상황에 따라 구분하여 사용할 수 있는 것도 있다.

(2) 콘크리트 펌프식

콘크리트 펌프식은 습식에 한정되며 반송 거리도 비교적 짧고, 안정된 분사를 하기 위해 맥동이 적은 콘크리트 펌프가 필요하다.

압축 공기 첨가는 콘크리트 펌프의 출구나 분부 노즐 사이의 어느 한쪽에서 행해지고, 펌프 형식으로는 피스톤식과 스퀴즈식이 있다. 피스톤식에는 피스톤 전면면을 높이거나 밸브를 개량하고 낮은 슬럼프의 콘크리트를 압송

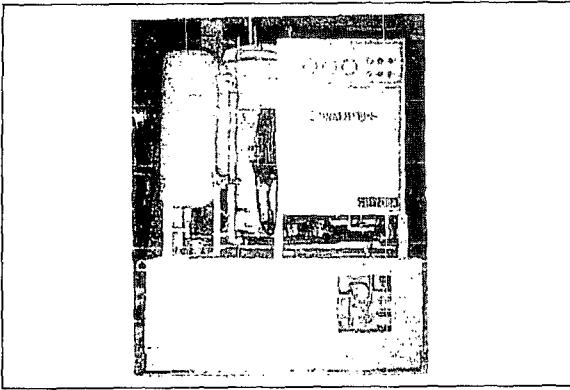


사진 1. 급결제 공급 장치 분체의 예



사진 2. 급결제공급 장치 액체의 예

할 수 있는 기종도 있다.

3) 급결제 공급 장치

급결제 공급 장치는 사용하는 급결제의 종류가 분체인 경우와 액체인 경우에 따라 다른 기종으로 사용된다.

공급장치는 정량 정밀도가 높고 공급량의 조절이 용이한 것이 요구되며, 부착면의 경사각도 범위에 따라 첨가율을 일정한 범위내에서 용이하게 조절 가능한 것이 바람직하다.

분체 급결제는 건식의 경우 저장 호퍼로부터 피더(feeder)에서 벨트 컨베이어 위에 첨가한다. 습식은 밀폐가압된 탱크내에 저장하고 탱크 하부 배출구의 로타리 피더(rotary feeder)에서 정량 반출을 하고 반송 공기로 호스내에 반송된다. 가압 및 반송 공기는 에어 드라이어로

충분히 건조되어 있지 않으면 급결제가 호스 안에서 응결이나 폐색을 일으켜 안정된 공급이 어렵게 된다.

액체 급결제는 가변 용량 펌프로 반송된다.

건식은 분체의 급결제를 다른 재료와 장비에 직접 투입 첨가하는 방식이 주류지만, 습식이나 일부 건식은 노즐 부근에서 첨가한다.

급결제는 쏫크리트의 초기강도, 장기강도의 발현에 큰 영향을 주며, 급결제의 효과는 시멘트의 종류, 물 시멘트 비, 온도의 조건에 의하여 미묘하게 변화하기 때문에 충분한 검토가 필요하여 시험을 통해 확인하는 것이 중요하다. 한랭지에서는 쏫크리트의 부착과 경화의 저하 대책으로서 한랭지용 급결제나 혼합수의 온도 조절, 골재의 보온대책 등이 행해진다.

4) 노즐

노즐은 압송 중에 분리되기 쉬운 재료를 노즐 부근에서 새롭게 더해진 재료와 양호하게 혼합하고 또한 약간의 가속 또는 호스(hose) 내에서의 비직진 흐름을 직진 흐름으로 정류하는 역할 등이 있다. 형상은, 테이퍼(taper)형, 스트레이트(straight)형, 테이퍼 스트레이트(taper straight)복합형 등이 있고, 길이는 1m 전후로 재질은 염화비닐판, 우레탄, 강관, 알루미늄 주물 등이 있고 각각의 내구성이 다르다.

4.1.3 기계 선정과 적용 기종

1) 선정의 포인트

방식에 따라 일장일단은 있지만 견고한 암반에서 대량 급속 시공에는 습식, 취약한 지반이나 용수하의 시공에서는 건식이 선택되고 있다.

장비 선정의 포인트는 ① 분진이 적은 것, ② 리바운드가 적은 것, ③ 작업양에 맞는 분사 능력, ④ 작업 준비 및 청소의 용이성, ⑤ 폐색 등의 트러블이 적은 것, ⑥ 소모 부품비가 적은 것 등이 있다.

방식에 따른 특징 비교를 표 1에 나타낸다.

표 1. 분사 방식에 따른 특징 비교표

항목	건식공법	습식공법	SEC 공법
콘크리트 품질	노즐에서 물과 반죽 재료를 혼합하기 때문에 품질이 작업원의 숙련도, 능력에 의해 좌우	물을 포함하는 각 재료를 미리 정확하게 계량하고 또한 충분히 혼합할 수 있기 때문에 품질 관리 용이	SEC 모르타르와 골재를 잘 관리하고 혼합관에서 혼합하고 분사하기 때문에 품질이 양호
작업의 제약	작업공간이 비교적 적음	작업공간이 필요	작업공간이 필요
압송 거리	비교적 긴거리의 압송이 가능 (수평 300m 까지)	긴거리의 압송이 불가능하다. (수평 100m 까지)	건식공법과 같음
분진	많다	적다	적다
리바운드량	비교적 많다	적다	적다
장비크기·비용	적다, 싸다.	많음, 비싸다.	많음, 비싸다.
분사능력	5~10m ³ /h	10~15m ³ /h	6~12m ³ /h
작업성	용이		
초기강도	비교적 조기에 발현	비교적 장기 발현	비교적 조기에 발현
장비 예	아리바-260, 280, 285 메나데 GM90 REEDGUN, SBS	극동 슛크리트, 풋마이스터, 테크맨, 아리바-280, 285, REEDGUN	

2) 건식 공법

조골재, 세골재, 시멘트 등의 재료를 드라이 믹스한 것을 장비에 투입하고 압축 공기에 의해 호스로 반송한다.

건식 장비의 주된 기종 사진과 원리 구조도는 사진 3과 같으며, 건식 장비의 특징은 다음과 같다.

- (가) 비교적 소형 경량으로 소단면부터 대단면 터널에 적합하다.
 - (나) 슛크리트의 품질은 작업원의 숙련도, 능력에 의해 좌우된다.
 - (다) 분사 능력은 중규모이지만 드라이 믹스 상태에 의해 비교적 긴거리 압송이 가능하다.
 - (라) 작업의 준비, 청소가 간단하다.
 - (마) 비교적 분진, 리바운드가 많다.
 - (바) 초기강도가 크기 때문에 급속 시공에 적합하다.
 - (사) 용수가 있는 장소에서는 용수량에 맞춰 첨가하는 물의 양을 적당히 하고, 박리를 막는 것이 용이하다.
- 건식에서는 드라이 콘크리트 반송시의 맥동이 작은 피더 기구, 물의 혼합 효율과 같이 워터링 등에 고안되는 분진, 리바운드에 대해서는 습식과 큰 차이가 없다. 일반적인 건식에서 노즐에 첨가하는 물의 압력은 재료의 토출압

력보다 적어도 1kgf/cm² 이상 높고, 분사중의 물 시멘트 비를 노즐맨이 조절한다. 수량을 정확하게 제어하기 위해 유량계를 설치하는 경우도 있다.

SBS 기계에서는 반송 호스의 도중에 특수한 워터링을 설치하고 다수의 미소한 구멍으로부터 전용 펌프에 의해 물을 고속, 고압(100kgf/cm²)으로 분사하고, 혼합 효율을 올리고 물 시멘트비가 균일한 콘크리트를 만들기 때문에 분진과 리바운드가 감소된다. 또한, 증폭기(booster)를 사용하면 1,000m 정도까지 반송이 가능하다.

건식은 초기 강도가 높기 때문에 대단면 터널의 급속 시공에서 사용한 예가 많다.

3) 습식공법

조골재, 세골재, 시멘트 등을 젖은 상태로 혼합한 것을 장비에 투입하고 압축 공기까지는 콘크리트 펌프로 호스 내로 반송한다.

습식 분사기의 특징은 다음과 같다.

- (가) 비교적 대형으로 중단면부터 대단면의 터널에 적합하다.
- (나) 슛크리트 품질관리가 용이하다.

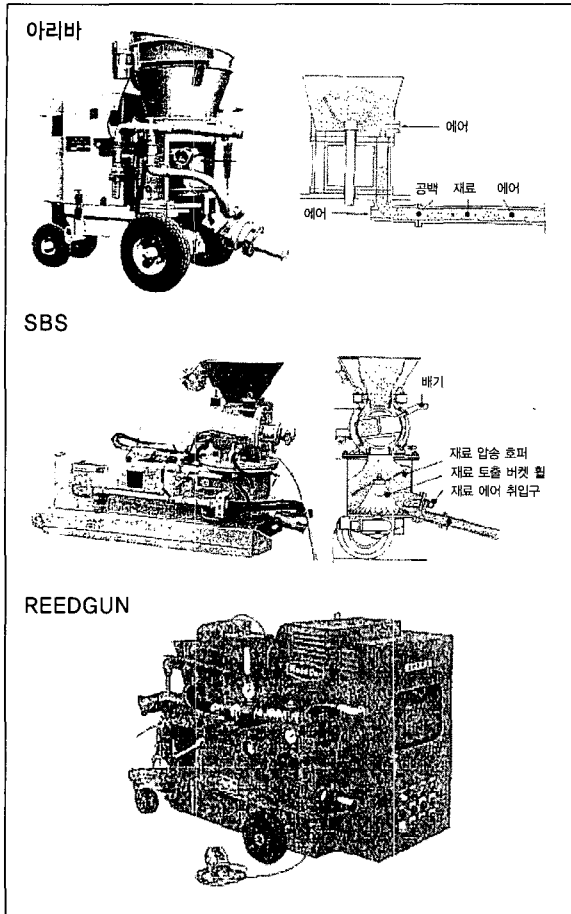


사진 3. 주요 건식 장비(아리바, SBS, REEDGUN)

- (다) 분사 능력이 큰 기종이 있지만, 습윤 상태이므로 긴 거리 압송에는 부적합하다.
- (라) 작업 준비, 청소에 많은 시간이 걸린다.
- (마) 비교적 분진 및 리바운드가 적다.

습식은 반송시의 맥동이 적은 펌프, 압축 공기의 혼입 방법 등의 개량이 이루어졌다. 펌프 압송식은, 공기 반송식보다 공기 소비량이 적고, 분사되는 입자의 충돌 에너지가 작기 때문에 점착력이 낮은 모래가 많은 지반에도 표면을 박리시키는 경우가 적다.

습식에서는 분사에 압축 공기가 사용되지 않고, 원심력을 이용하여 콘크리트를 벽면에 투사하는 원심력 분무장비가 있다(사진 5 참조). 이는 고속 회전하는 로터(rotor)

의 원심력으로 콘크리트를 벽면에 투사하는 것으로서 분진, 리바운드를 줄일 수 있으며, 공기 압축기나 공기 배관이 필요없다.

4) SEC 분사 시스템

SEC 콘크리트 시스템은 미리 사용한 시멘트와 골재의 실내 시험을 행하여 1차 반죽 혼합된 물: 시멘트비를 구하여 배합을 결정한다. 최적의 1차수를 넣은 골재에 시멘트를 투입하여 1차 반죽 혼합을 하고, 다음에 2차수를 투입하고 2차 반죽 혼합을 하는, 분할 혼합 반죽하는 공법이다.

다른 방식에 비해 동일한 배합의 콘크리트에서는 강도가 증가하고 내구성도 늘어난다.

SEC 시스템의 특징은 다음과 같다.

- (가) 품질이 좋은 콘크리트를 만들 수 있다.
- (나) 분진, 리바운드가 비교적 적다.
- (다) 펌프 압송성이 양호하다.

SEC 시스템에는 SEC 습식(1계통)과 SEC 건식 습식 복합형(2계통)이 있다.

(1) SEC 습식(1계통)

SEC 습식 시스템은 콘크리트제조 방법에 특징이 있고, 장비는 펌프식, 로터식 모두 보통의 쏘크리트용 기종으로 사용할 수 있다.

펌프 압송성이 좋기 때문에 낮은 슬럼프라도 압송 트러블이 없고 급결제의 사용량이 비교적 적게 든다.

최근에는 장치가 간단한 습식 시스템이 많이 사용되고 있다.

(2) SEC 건습복합형(2계통)

SEC 건습복합형은 모르타르 믹서와 모르타르 펌프, 건식분사기, 혼합기로 이루어진다.

건습복합형은 이동식 모르타르 대차와 골재대차를 갱내의 쏘크리트 분사기 근처로 이동시켜 시공이 가능하기 때문에 갱외에 콘크리트 제조장치 설치가 곤란한 장소에서 이용되는 경우가 많다.

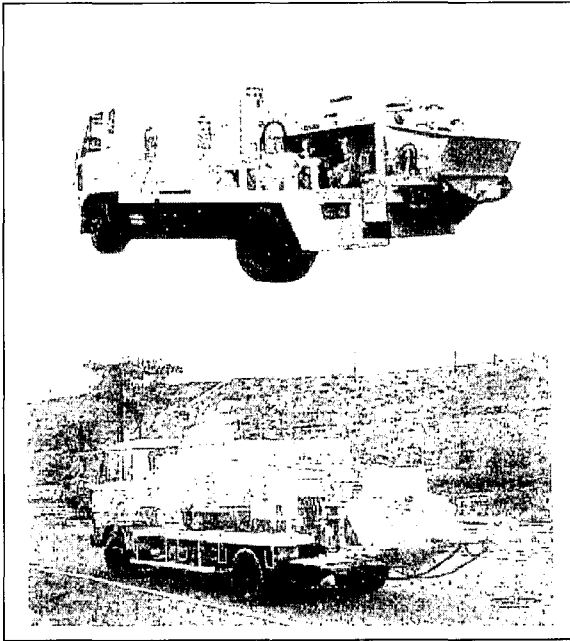


사진 4. 습식 장비 예(테크맨, 스윙에이스)

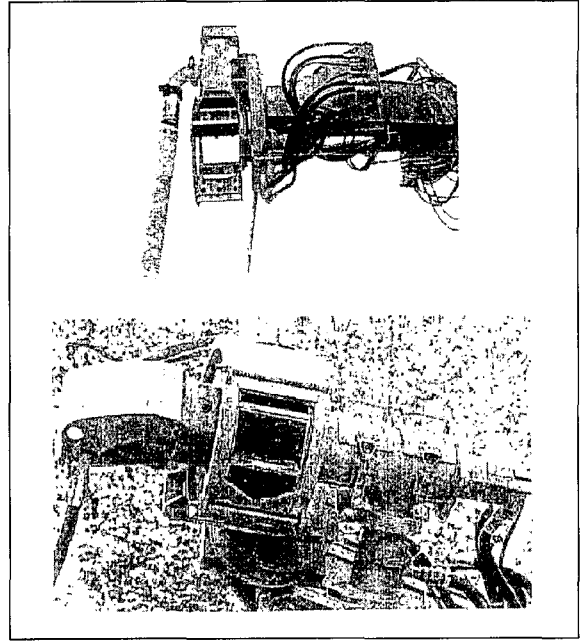


사진 5. 원심력식 분사기 선단부

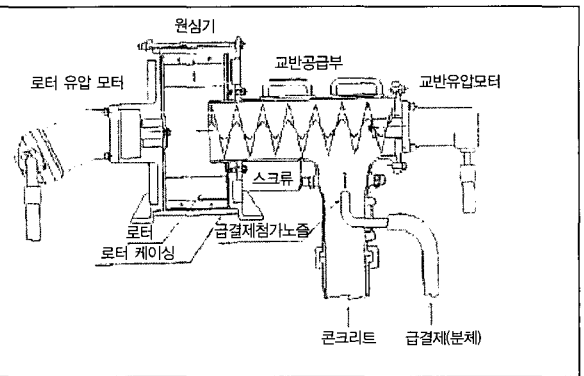
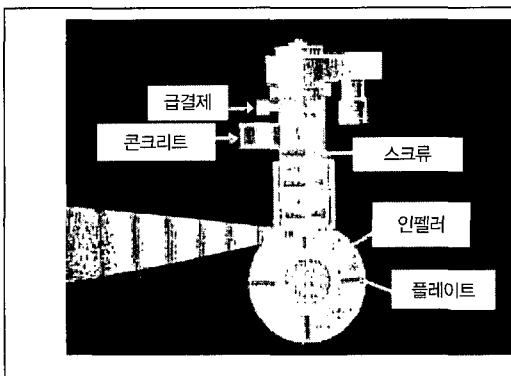


그림 5. 원심력식 분사기 선단부

5) 섬유 보강 슛크리트 공법

섬유 보강 콘크리트는 연성, 인성, 변형 등에 우수하고 균열 후에도 내력을 유지하며 내충격성에도 뛰어나기 때문에 노후화된 터널의 보수, 보강에도 사용되고 있다.

사용되는 섬유는 강섬유 외에 비닐론(vinylon) 등의 합성섬유가 쓰인다.

섬유 보강 슛크리트는 건식, 습식, 펌프식, 로타리식 중

어느 방식으로도 분사가 가능하지만 최근에는 습식이 많이 사용되고 있다.

강섬유 슛크리트는 리바운드가 보통 콘크리트에 비해 크고 강섬유의 치수나 혼입율에 의하여 시공성의 저하나 토출량의 감소, 폐색의 발생, 소모품의 손상이 커지기도 한다. 압송성은 펌프 압송식은 공기 압송식에 비해서 시멘트량이 많이 필요하다.

사용 기계의 선정에는 기존 실적을 참고 하거나 사전에 시험을 행하여 확인하는 것이 필요하다.

섬유의 혼입율은 콘크리트 단위 용적 비율 1%(80kgf/m³) 정도로 하고 섬유의 형상치수는 시공성을 고려하여 0.5×0.5×30mm 혹은 ϕ0.5×30mm가 많이 사용되고 있으며, 섬유는 콘크리트 플랜트에서 혼입한다.

6) 터널 복구 보수, 보강용 특수 공법

노화된 터널의 복구콘크리트나 복구 벽돌을 보수, 보강하는 분사 공법으로서 CTR 시스템, Q shot 공법 등이 있다. 습식 CTR 시스템(Q shot) 공법에서는 모르타르(wet), 섬유, 급결제의 3종류 혼합을 동시에 수행할 수 있는 특수한 노즐로 분사한다. 섬유는 내알카리성 유리 섬유

유로 로빙 컷터에 의해 자동으로 25mm정도로 절단되어 노즐에 공급되며, 평균 20mm정도로 얇게 분사할 수 있고, 약간의 물이 있는 습윤면에도 시공이 가능하다.

건식 세멘텍스 DS 공법에서는 프리믹스 드라이 모르타르와 폴리머액을 특수 노즐의 선단에서 혼합·분사하며, 평균 15mm정도로 얇게 분사가 가능하다.

7) NTL공법 설비

NATM 숏크리트의 시공에 있어서 분진이나 골재의 리바운드 손실의 문제는 NATM 도입 초기부터 지적되어, 지금까지 많은 개선이 행해졌으며 일부 성과를 획득했지만 완전하다고 할 수는 없다.

시공 업자와 몇몇 기계 제작사가 분사 이외의 방법으로 콘크리트를 지반에 압착시키는 방법에 대한 연구 개발을 진행하고 있다.

1987년에는 압착 콘크리트 복구 연구회가 발족하여 현재까지 콘크리트의 성능, 기계의 시험제작을 진행하고 있으며, 터널에서의 시험 시공도 많이 시행되었다.

개발이 진행되고 있는 각 공법을 크게 구분하면 거푸집에 관하여는 엔드리스 벨트(endless belt)에 의한 원주 방향의 이동 거푸집, 센틀거푸집, 부분 센틀거푸집, 인두(trowel) 거푸집으로 분류된다. 기계의 이동 방식으로는 종래의 숏크리트 로봇에 의한 작업 사이클과 동등한 시간에 작업을 마치는 것을 목표로 하여 본체의 이동에는 타이어식, 레일식 등 기동성을 중시하고, 센틀 방식으로는 소정의 위치에 세트, 타설, 해체를 어떻게 단시간에 하는가가 각 공법에 고안되어있다.

콘크리트에는 급결제 등의 혼화제를 타설 직전에 압송된 콘크리트에 혼합하는 장치가 여러 종류 개발되어 단시간에 탈형 가능한 강도를 발현시키는 것이 개발되고 있다. 최근에는 이러한 공법을 총칭해 NTL(New Tunneling Lining Method)이라고 한다.

NTL공법에는 NTL 콘크리트의 특성을 살리고 지반과 일체화하여 초기 강도와 강성의 발현이 우수하고 장기 강도도 뛰어난 평활하고, 긴밀한 1차 복공을 목적으로 하여

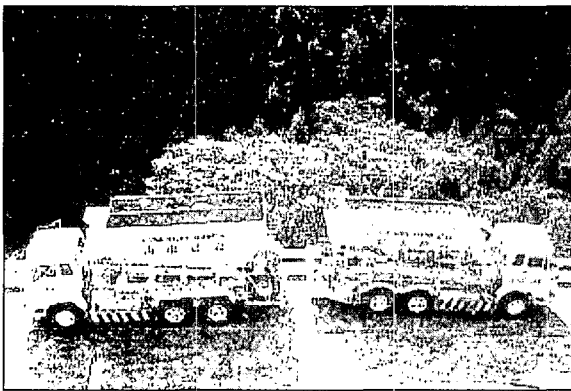


사진 6. SEC 건설 복합형

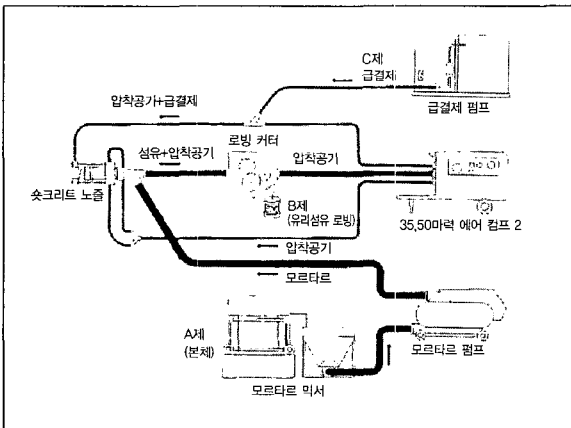


그림 6. CTR 시스템(Q shot 공법)분무장치

숏크리트의 대체에 그치지 않고 강아치 지보공이나 록볼트 등의 지보공 부재의 간소화가 행해지고 있다.

다키(多氣) 터널, 잇폰마쯔(一本松) 터널 등 시험 시공을 실시한 결과로부터 NTL 공법의 실용화되고 있으나 현 단계에서 NTL 공법에는 다음과 같은 점들이 지적되고 있다.

- (가) 막장이 자립하여 안정된 지반
- (나) 여굴 및 요철이 비교적 적은 기계굴착 또는 발파굴착의 지반
- (다) 굴착지반에 기계 설치가 용이한 지반
- (라) 용수가 적은 지반

이 바람직하다. 현 단계에서는 NTL 콘크리트(레디 믹스 콘크리트에 급결제를 첨가한 NTL공법용 콘크리트)의 문제점은 고가이고 공기가 긴 것 등이다.

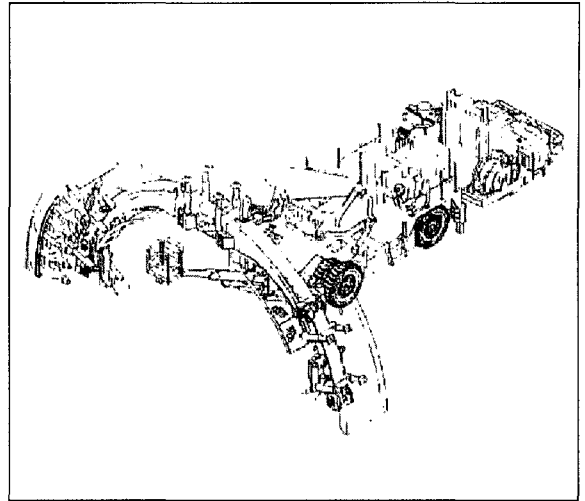


사진 7. NTL-1기

4.1.4 사양 일람표

표 2. 압착콘크리트 복구공법의 특징


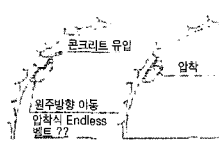

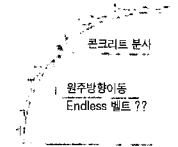
종별	TSL 공법	SPL 공법	Clip 센틀 시스템	SKL 공법
거푸집 방식	원주방향 이동 거푸집	원주방향 이동 거푸집	접이식 센틀 거푸집	인두(trowel) 거푸집
공법 개요	콘크리트 타설방법	콘크리트 타설방법	콘크리트 타설방법	콘크리트 타설방법
시공 개요도				
기계 구조 및 사양	구조 개요도	구조 개요도	구조 개요도	구조 개요도
	주행방식 중량 기타	주행방식 중량 기타	주행방식 중량 기타	주행방식 중량 기타

표 3. NTL-1기 사양

종별	항목	사양	비고
전체사양	폭	12,000mm	접이 후 주행시 3,900mm
	높이	6,000mm	접이 후 주행시 3,850mm
	길이	13,855mm	접이 후 주행시 14,654mm
	중량	약 48ton	
거푸집부	전기용량	133kW	400V/440V, 50Hz/60Hz
	형식	슬라이드식 부분 형틀	상부 1/5 형틀×1
		주행 슬라이드 부분 형틀	하부주행식 1/5 형틀×1
	폭	1,600mm	터설 스패 1,500mm
거푸집	지반 요철 추종형	50~450mm 지반용철에 대응	
콘크리트 타설부	타설방식	유입 방식	콘크리트 펌프에 의해 압송
	타설장치	선단교반장치(연속식)	각 형틀에 1개소(계 3대)
주행부	주행방식	타이어식	180PS
	주행속도	5km/h	전진·후진
	등판능력	13도	

표 4. 분무기계 비교표

분무방식	건식			습식					
	기계명	아리바260	REEDGUN	SBS	숫크리트	PM펌프	아리바280	아리바285	테크 맨
형식	AL-260	LOHE	TS	PQ08-60M	BAS1002HD	AL-280	AL-285	M2000S	
능력	반송관경 mm	65	65	65	50	50~100	38~65	65~80	50~100
	최대반송거리 m	300	66	1000	120	120	80	60	200
	분무능력 m³/h	6~10	4~6	5.5	10	0~20/24	2~12	6~21	13
	사용공기압 kgf/cm²	3~6	6	6	3~6	3~4.5	3~6	3~6	3~4
	공기소비량 m³/min	12	15	4~18	6	6~10	12	12~20	14
	최대골재 mm	25	15	25	15	20	25	25	25
	전동기용량 kw	7.5	3.7	15	22	30	15	11	30
기계 제원	급결제	분체	액체	분체	분체	분체, 액체	분체	분체	분체
	전장 mm	1650	1300	2200	3640	3600	2250	2430	3600
	전폭 mm	850	800	20	1100	1580	850	1050	1310
	전고 mm	1550	1000	1400	1100	1400	1400	1350	1150
	중량 kgf	1000	300	1200	2250	170	1500	1550	2000

4.1.5 게재회사 일람표

회사명	주소	전화
(숫크리트기계 관련)		
후지(富士)물산(주)	〒 104 東京都 中央区 銀座 6-8-7	03-3571-4101
일본프라이브리코(주)	〒 108 東京都 港区 芝 5-3-15	03-3455-1351
(주)신테크	〒 780 高知市 타카소네 1-1	0888-83-1755
스기우에 엔지니어링(주)	〒 780 高知市 하야시마찌 351-23	0878-66-5644
서브콘 엔지니어링(주)	〒 162 東京都 新宿區 市谷本村町 3-18	03-3267-8011
(주)키타가와(北川)철공소	〒 726 府中市 元町 77-1	0847-45-4560
(주)치요다 제작소	〒 761-15 香川郡 南町 西歴 941-5	0878-79-7911
電氣化學工業(주)	〒 100 東京都 千代田區 有樂町 1-4-1	03-3507-5372
(주)세멘텍 코퍼레이션	〒 100 名古屋市 瑞惠區 石田町 1-48	052-851-9365
神鋼建材工業(주)	〒 103 東京都 中央区 東日本橋 2-15-5	03-3862-5071
(주)크라레	〒 103 東京都 中央区 日本橋 3-8-2	03-3277-3133
마루야(丸矢)공업(주)	〒 162 東京都 新宿區 四谷 1-13-12	03-3358-1101
鑛研공업(주)	〒 160 東京都 中野區 中央 1-29-15	03-3366-3111

게재회사 일람표 계속 ⇨

⇒ 게재회사 일람표 이어서

회사명	주소	전화
(NTL 관련) 日本道路公園 (주)쿠마다니쿠미(熊谷組) (주)코이케쿠미(鴻池組) 鐵建建設(주) (주)후지타 미쯔이(三井)건설(주) 사가(佐賀)공업(주) (주)카텍스	〒 100 東京都 千代田區 카스미카세키 3-3-2 〒 162 東京都 新宿區 津久戸町 2-1 〒 561 大阪市 中央區 北久・寺町 4-4-1 〒 100 東京都 千代田區 三崎町 2-5-3 〒 151 東京都 시부야區 센다가야 4-6-15 〒 100 東京都 千代田區 岩本町 3-10-1 〒 933 高岡市 萩布 209 〒 100 名古屋市 中區 上前津 1-3-3	03-3506-0111 03-3260-2111 06-244-3500 03-3262-3411 03-3402-1911 03-5821-7031 0766-233-1500 052-331-8821

4.2 슛크리트 제조기계

4.2.1 개요

스�크리트 제조기계는 재료저장부, 공급부, 계량부 등 혼합반죽부로 구성된 플랜트이다. 부유토의 계획과 운전에 대해서는 필요한 강도발현성의 콘크리트로 파쇄가 적은 콘크리트를 안정적으로 제조할 수 있는 것이 필요하다.

4.2.2 종류와 구조

스�크리트 제조 설비는 비교적 소용량으로 공사를 실시할 때 마다 타설하기 때문에 특별히 설계되는 구조로 되어 있다.

조립, 해체, 운반, 보관을 용이하게 하기 위해 계량부,

혼합반죽부를 유닛(unit)화하고 있는 경우가 많다. 일반적으로 여러 유닛을 조립하여 붙인 형식을 고정식, one-unit 형식을 可搬式, 주행 대차(truck)상에 탑재되는 형식을 이동식으로 분류한다.

고정식은 최상층부터 계량부, 혼합반죽부, 적재부를 세로로 쌓고 인접하여 재료 저장부를 배치한 것이 많다. 각 부분은 운송과 조립, 해체를 용이하게 하기 위해 배관, 배선, 외장 등을 각 유닛(unit)마다 조립하여 그것들을 연결하여 완성한다.

재료의 계량은 중량계량 배치(batch)식으로 장기간 안정된 정밀도를 얻을 수 있는 로드셀(cell) 전자계량이 주체로 있고, 품질관리는 컴퓨터를 탑재한 전자동 일인 컨트롤로 제향장치는, 각 재료의 재합설정, 용량변경,

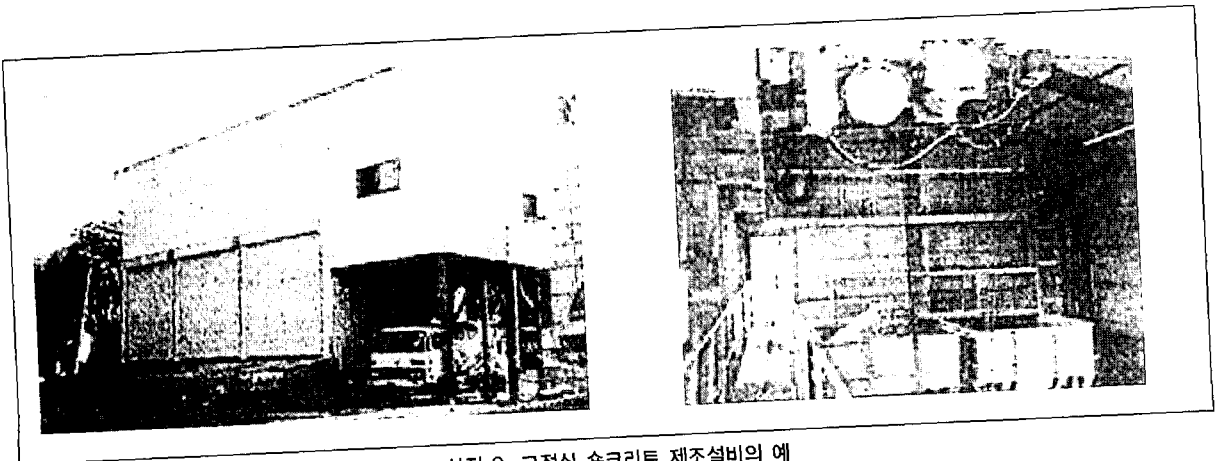


사진 8. 고정식 슛크리트 제조설비의 예

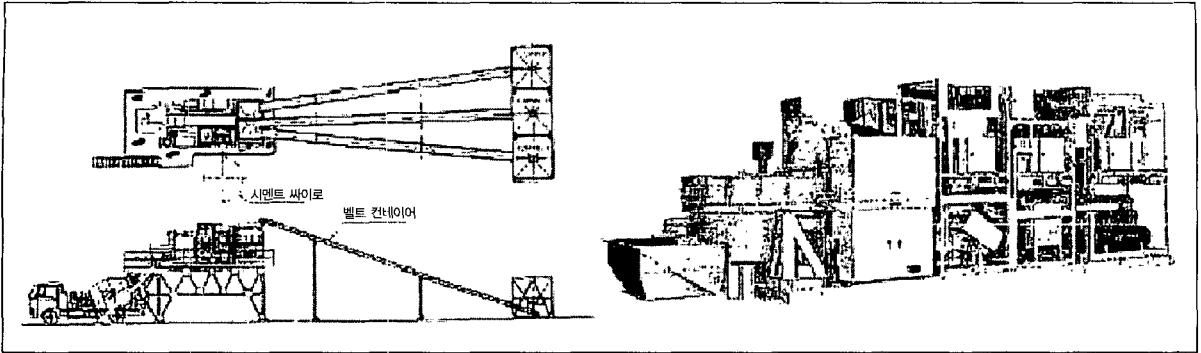


사진 9. 가반식(可搬式) 분무 콘크리트 제조설비의 예

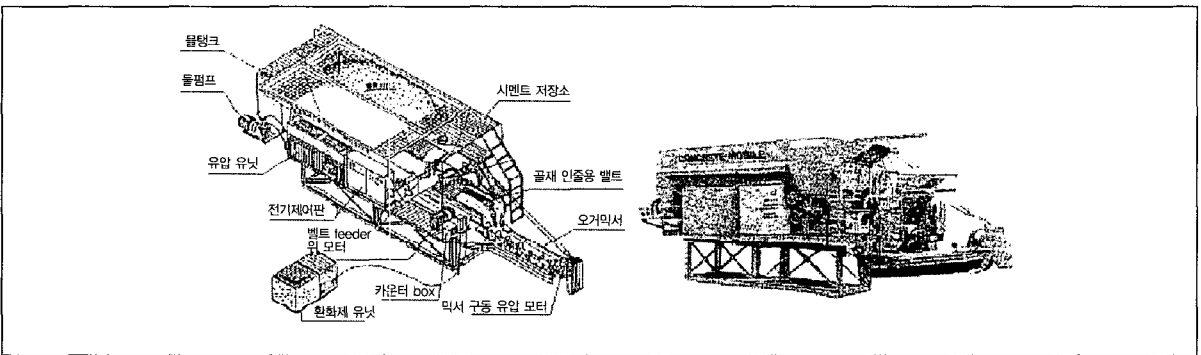


사진 10. 이동식 슛크리트 제조설비의 예

batch수 설정, 표면수 등이 컴퓨터 처리되어, 자동운전이 행해지고 CRT에 표시된다. 각 재료의 실제량치, 일시, 배합 No, 배합량 등이 기록된다.

가반식(可搬式)은 계량부분, 혼합반죽부를 하나의 unit으로 배선, 배관과 조립하여 트레일러 또는 트럭 1대로 운반할 수 있다. 제어 장치는 고정식과 같은 것을 옵션으로 장착된 것이 많다.

이동식(移動式)은 트럭 또는 레일 대차 위에 가반식(可搬式)을 탑재하여 항시 이동이 가능하기 때문에 갱내의 슛크리트 분사기 뒤쪽까지 이동시킬 수 있으므로 교반기(agitator)는 불필요하다. 이동식은 1회 작업량에 대한 재료의 저장소도 있으며, 재료는 갱외의 재료 저장 설비까지 이동하여 공급받는다. 전체를 컴팩트하게 하기 위해 믹서를 연속 믹서로 하고 용량계량(容量計量)을 채용하고 있는 기종도 있다.

재료 저장 설비에 관해서는 각 형식 모두 공통점이 많다. 세골재를 저장하는 용량은 1일분 소요량의 2~3배를 목표로 하고, 저장 중에 함수비를 조절한다. 이 때문에 저장소는 빗물을 막는 지붕이나 울타리 외에 저장소의 배수성이나 세골재를 꺼내는 방법에 대한 연구가 필요하다.

특히 건식의 경우 세골재 함수비를 4~6%로 유지할 필요가 있다. 함수비가 6% 이상이 되면 시멘트의 응결이 빨라지고 압송 중에 폐색을 일으키기 쉬우며, 또한 3% 이하가 되면 정전기가 일어나거나 분진이 증가한다.

습식은 안정된 품질의 콘크리트를 얻을 수 있는 것이 일반적이다.

SEC 콘크리트공법은 세골재 표면수 안정 장치로 함수비를 조절한다.

믹서는 배치(batch)식이 많으며 혼합 반죽 용량 0.5~1.0m³ 정도의 강제(強制)반죽을 하고 혼합 반죽 시간

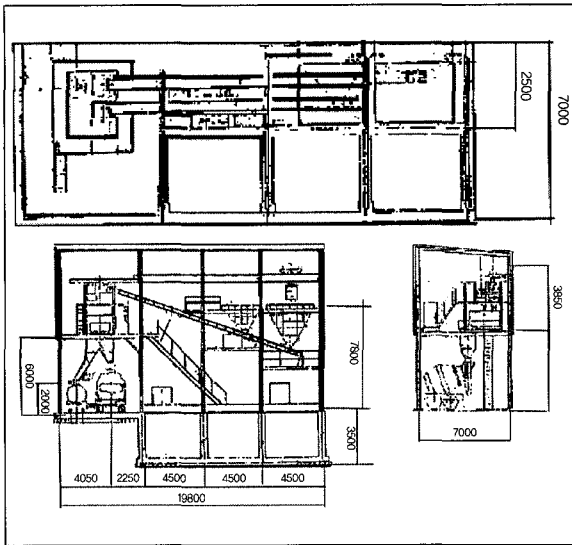


그림 7. 골재 저장 공급설비 예(고정식의 경우)

이나 배출 시간이 짧고, 마모 내구성이 우수한 횡축 퍼그 밀(pug mill)형이 많이 사용되고 있다.

연속 믹서는 정량적으로 믹서에 재료를 투입하고 이동시키면서 회전날개로 혼합 반죽하여 연속적으로 배출한다. 재료의 계량은 용량계량이 있지만 컴팩트하지 않기 때문에 이동식을 사용한다.

특수한 숏크리트에는 섬유 보강 콘크리트가 있고 강섬유나 합성섬유가 많이 사용되고 있다.

이 콘크리트 제조설비로는 섬유의 계량기와 믹서 투입설비로서 섬유분산기가 필요하다.

일본에서 시판되고 있는 강섬유는 20kgf 상자로 된 것이 주로 사용되며 계량의 번거로움을 줄이기 위해 상자 단위로 믹서에 투입하고 상자 단위로 합쳐서 믹서의 혼합 반죽 용량을 결정하는 방법을 사용한다. 섬유분산기는 섬유가 얽혀 섬유볼(fiber bowl)이 되지 않기 위해 사용한다. 섬유를 한 방향으로 정렬시킨 상태에서 상자로 되어 있는 제품은 투입의 제분산기(際分散器)가 필요없다.

믹서는 가경식(可傾式), 강제(強制)혼합식, 연속식 등 어느 기종에서도 혼합 반죽은 가능하지만, 그 용이성은 강섬유의 혼입률과 믹서의 형식에 따라 상당히 다르며,

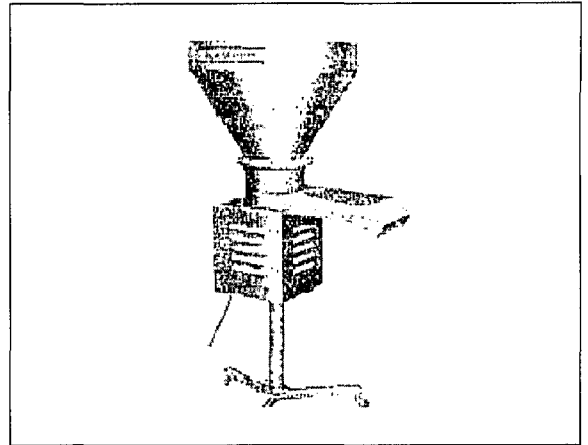


사진 11. 섬유분리기 예

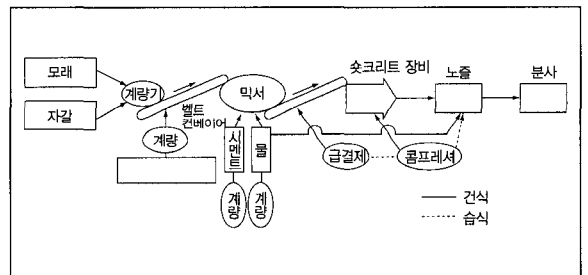


그림 8. 섬유 투입 방법

일반적으로 수평 2축형 강제 혼합 믹서가 적합하다.

혼합 반죽시 믹서의 부하(負荷)는 보통 콘크리트에 비해 크고, 1배치의 혼합 반죽 사이클은 분산기의 공급시간만 여분으로 걸리며, 투입 후의 혼합 반죽 시간은 약 30초 정도이다.

강섬유의 혼입률이 큰 경우에는 강제 혼합 믹서는 혼합 반죽 공칭용량을 3/4 정도로 줄일 필요가 있다. 또한 레디 믹스 콘크리트에 섬유를 투입하는 경우에도 혼합 반죽량의 공칭용량을 3/4정도로 줄이는 것이 필요하다.

4.2.3 기기 선정과 적용 기종

숏크리트용 콘크리트는 건식 뿐 만 아니라 습식에 있어서도 보통 콘크리트와는 배합이 상이하므로, 터널공사와 같이 24시간 작업을 하는 경우에는 일반적인 레미콘 회사로부터 공정에 맞춰 공급을 받는 것이 어렵다. 또한 골재

의 관리에 있어서도 현장과 밀접한 기술관리가 필요하기 때문에 간이식의 배치플랜트를 현장에 설치하는 방법이 많이 도입되고 있다.

전식 사용이 많았을 때 콘크리트 모빌이 많이 사용되었지만 최근에는 계량기, 믹서 등 필요기자재 1식을 베이스(base)에 실은 일체형에 전자식(電子式) 계량 기록 장치까지 갖춘 유닛형(unit type) 고정식 간이형 배치플랜트가 다용되고 있는 추세이다.

4.3 슛크리트 로봇

4.3.1 개요

스�크리트 로봇은 주행 대차에 콘크리트 반송 장치, 급결제 등의 혼화제 공급장치, 노즐을 지지하는 머니퐁레이터(manipulator) 등을 탑재한 일체형, 머니퐁레이터를 분리한 분리형이 있다.

로봇으로서의 중요한 기본 성능은 분사면과 노즐의 거

4.2.4 사양 일람표

표 5. 슛크리트 플랜트 비교

기종		고정식		가반식(可搬式)	이동식(移動式)
형식		Batch Plant T-TOM-50P	Batch Plant CWH-050W	Batch Plant MCP-500P-LC	콘크리트 모빌 CM-250
기계		(日工)	(北川鐵工所)	(丸友기계)	(스기우에)
플랜트 능력 m ³ /h		22.5	25~30	30	25
계량방식		전송식(電送式) 로드셀 계량 시스템	전송식(電送式) 3점 로드셀 계량 방식	전송식(電送式) 로드셀 계량 방식	용적 계량 방식
믹서	골재	강제련	강제련2축	강제련2축	연속식
	용량 m ³ /B	0.5	0.5	0.5	25m ³ /h
저장량	골재 m ³	-	-	-	8
	시멘트 m ³	-	-	-	1.4
	물 m ³	-	-	-	1.4
	A E m ³	-	-	-	0.2
계량기	골재 kgf	800×2	800×1	800	용적 계량 방식
	모래 kgf	800×2	800×1	800	
	시멘트 kgf	250×1	250×0.2	250	
	물 kgf	150×0.5	150×0.1	150	
	A E kgf	5×0.01	5×0.01	5	
높이×폭×연장	m	8.4×2.78×6.0	12.7×4.7×8.6	2.45×7.05×2.35	3.1×2.5×8
총중량	ton	20	30	8	7.8

4.2.5 계재회사 일람표

회사명	주소	전화
日工(주)	〒 674 明石市大久保町江井町島 1013-1	078-947-3131
丸友기계(주)	〒 461 名古屋市東區泉 1-19-12	052-951-5381
名岐기기(주)	〒 503 大垣市内原 2-133-1	0584-89-7855
기술자원개발(주)	〒 105 東京都港區愛宕 1-3-1	03-3431-9181
스기우에 엔지코어링(주)	〒 761-03 高松市林町 351-23	0878-66-5644

리를 일정하게 유지하고, 작동이 순조로운 것, 작업원이 안전한 장소에서 분사면에 대한 시야를 확보하기 위해 임의의 장소에서 원격조작을 할 수 있는 것이 바람직하다.

노즐의 작동 범위는 지보공 뒷면에 분사가 용이한 것, 인버트 부, 경부(鏡部)에 분사가 가능해야 한다. 시공 능률을 향상시키기 위해서는 다량의 토출이 가능한 분사기, 대단면 굴착에 대응하는 대형 머니퓰레이터를 많이 사용해야 하며, 원격조작이 가능하도록 하고 높은 기동성 등이 필요하다.

4.3.2 종류와 구조

현재의 슛크리트 로봇은 슛크리트 노즐을 지지하고 작업원의 조작에 의하여 노즐을 작동시키는 머니퓰레이터이다. 슛크리트 로봇에는 분사기와 머니퓰레이터를 1대의 주행 대차상에 탑재한 일체형과 각각을 다른 주행 대차에 탑재한 분리형이 있다.

이 밖에 갠트리 점보(gantry jumbo)나 자유 단면 굴착기에 탑재한 것도 있다.

일체형은 분사기 외에 급결제 공급 장치, 에어 드라이어 등을 탑재하고 기종에 따라 분사용 공기압축기를 탑재한 것도 있다. 장비에 사용되는 동력원을 갠내 배선으로부터 공급하기 위해 전기공급 캡타이어릴을 탑재하고 있다. 대단면 터널의 급속 시공을 위해 대형 주행 대차에 2계통 장비와 머니퓰레이터를 탑재한 것도 있다.

갠내에서의 기동성을 중시하는 일체형 주행 대차는 휠(wheel)식이 많고 부정지(不整地) 주행용으로서 4륜구동, 작은 회전반경, 큰 등판 능력이 요구된다.

분리형은 머니퓰레이터와 분사기를 다른 대차에 탑재한 형식이다.

분리형은 토출량이 많은 분사기를 탑재하는 것이 용이하며, 최대 50m²/h(공칭)의 능력을 갖는 기종도 있으며, 갠내의 공사 조건에 의하여 머니퓰레이터와 분사기의 조합을 바꾸는 것도 가능하다.

머니퓰레이터의 주행 대차에는 휠식과 크롤러식이 있고, 크롤러식은 버력 위로도 올라갈 수 있으므로 슛크리

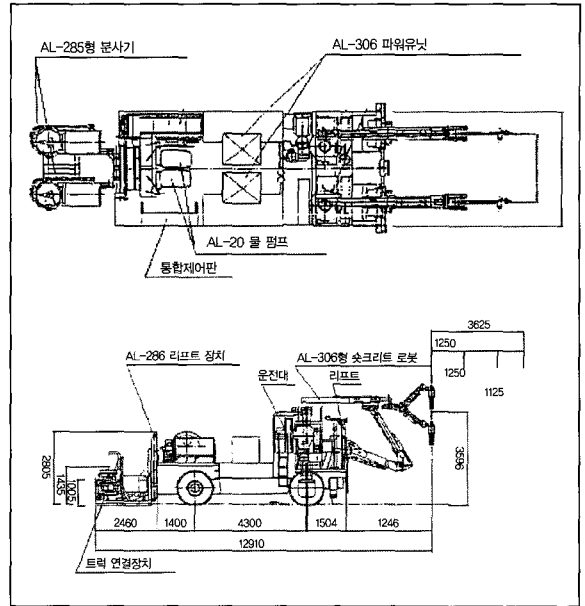


그림 9. 대단면용 일체형 로봇(맨테스 SF2형)

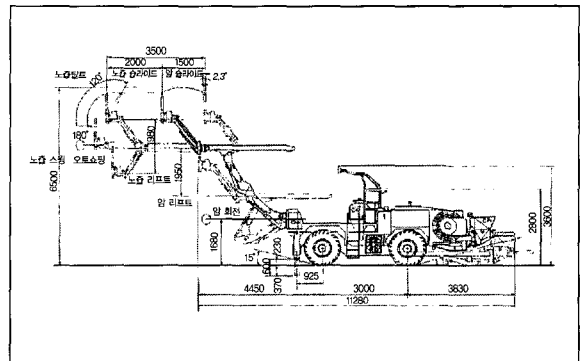


그림 10. 중단면용 일체형 로봇

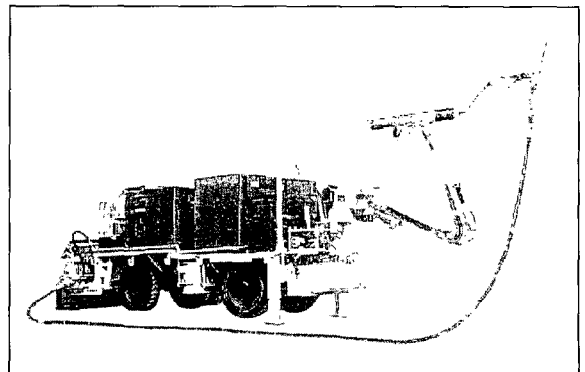


사진 12. 중단면용 일체형 로봇

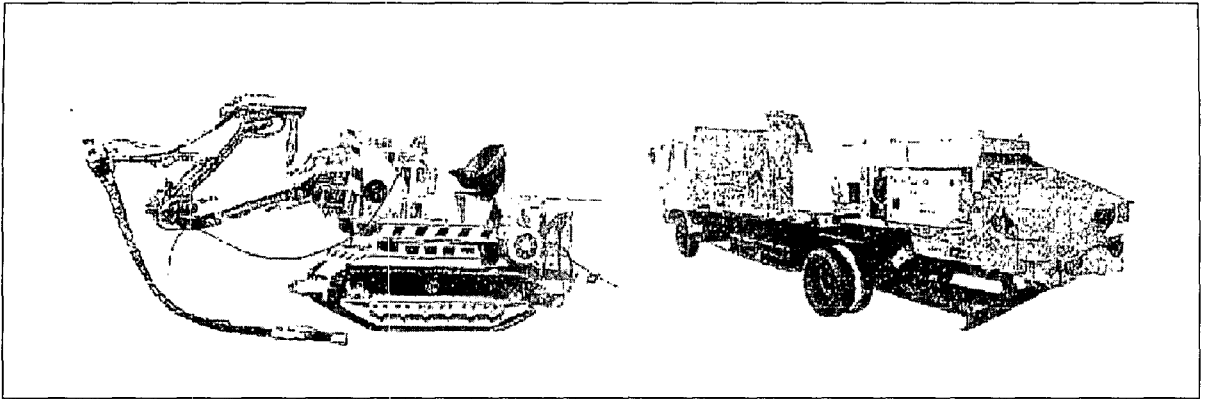


사진 13. 분리형 로봇의 예(머니퓰레이터 유닛과 분사기)

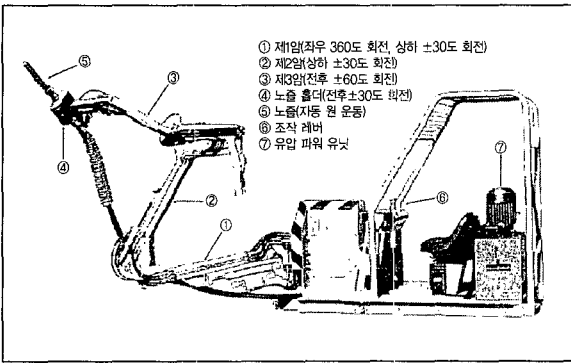


사진 14. 다관절 암(아리바 304형)

트의 조기 타설 시에 유리하다.

분사기의 대차로는 트럭 대차가 많이 사용된다. 머니퓰레이터는 노즐 각도를 자유롭게 변화시켜 지보공 배면이나 측면에 분사도 가능하게 할 필요가 있다. 노즐의 운동은 지반면에 대하여 직각유지, 일정거리 유지, 일종 속도 이동이 동시에 가능해야 한다.

머니퓰레이터는 노즐 지지부, 암(arm)부, 암 지지부로 구성된다. 굴착을 실시한 터널 내면은 복잡한 형상을 하고 있기 때문에 소정의 두께를 확보한 콘크리트로 복구하기 위해서 노즐의 동작은 도장작업과 같이 일정한 운동이 아니다.

노즐 지지부는 수동 또는 자동으로 세트하면 요동(搖動)운동, 원운동, 타원운동을 하는 기종이 있다. 베이스

머신을 이동하지 않고 터널 축방향이 넓은 범위를 분무하기 위한 슬라이드빔이 있는 기종은 2~3m의 스트로크를 갖는다.

암 부는 다관절식이나 텔레스코픽(telescopic)식 등이 있고, 평행 링크식은 노즐을 암반면에 대해 평행으로 움직이게 할 수 있다. 또한, 대단면 터널의 전단면 굴착에서 상반 막장에 분사가 가능하도록 머니퓰레이터 전체를 올릴 수 있는 기구를 가진 기종도 있다.

암 지지부는 암(arm)을 360도 선회할 수 있으며, 지지 운동부는 노즐 선단부에 미묘한 운동을 가능하게 하기 위해 충분한 강성과 적당한 운동 속도가 요구된다. 장대하고 무거운 암을 빠른 속도로 운동시키지 않고 암의 중간에 운전대를 설치하여 운전대에서 앞이 짧은 암과 노즐 부분을 조작하는 대단면용 머니퓰레이터도 있다.

머니퓰레이터의 조작은 대차의 운전대에서 가능하지만 암반면과 노즐의 상대 위치나 각도를 파악하기 어렵다. 어떤 기종은 장비 밖에서 시야를 확보할 수 있는 좋은 위치에서 캡타이어가 붙어 있는 휴대형 원격조작판에서 조작이 가능하며, 리바운드가 감소되고 또한 조작원의 피로를 경감시킬 수 있다.

4.3.3 기기 선정과 적용 기종

NATM 도입 초기에는 숏크리트 대부분이 수작업으로 실시되었고, 건식이 자주 사용되었기 때문에 분진 등 작업

환경에 많은 문제가 있었다. 또한 솟크리트의 마무리나 리바운드 면에서도 작업원의 숙련도에 좌우되는 사항이 많았으며, 분사량도 노즐의 한계로 대용량의 분사는 어려웠다.

이와 같은 문제점을 해소하기 위해 솟크리트에 이용하는 노즐부분을 기계에 설치하고 숙련된 오퍼레이터와 동일한 움직임이 가능한 분무 로봇이 개발되어 작업 환경의

개선과 함께 시공성 향상에 큰 역할을 하고 있다.

솟크리트 로봇은 크롤러 등의 주행 장치를 일체화시킨 것과 파워 셔블(power shovel) 등에 부착하여 설치한 것이 있고 터널의 시공조건에 따라 구분하여 사용한다. 최근에는 노즐, 암, 붐 등을 마이크로컴퓨터로 자동 제어하는 전자동 분무 로봇도 개발되고 있다.

표 4.3.1 일체형 솟크리트 로봇 비교표

제조사 · 형식		아리바 맨테스 SF-1	스기우에 엔지니어링 RUN-536E	후루카와 기계금속 CJM1200	丸失공업 스프레 콤보 MT01	KBC머쉬너리 GMB35C	
항목							
분사형식		습식 · 건식	습식	습식	습식	습식	
분사능력	골재크기	mm	10~15	25	-	40	-
	슬랩프	cm	-	5이상	-	5이상	6~8
	분사능력	m ³ /h	6~18	12	13	22	18
주행능력	주행속도	km/h	10	8.5	3.8/6.5	45	20
	발파성능	°	17	17	16.7	17	17
	최소회전반경	m	5.9	5.9	7.7	4.8	5.3
	주행모터		4	4	2/4	2/4	4
	스티어링		-	-	-	-	4
	모터수						
	운전자세		횡향	횡향	횡향	전향	전향 · 후향
엔진	정격출력	PS/rpm	95/2800	95/2800	68/2300	90/2800	120/2400
	연료탱크 용량		150	150	-	-	300
소요동력	공기소비량	Nm ³ /min	12~20이상	-	15	-	15
	전동기출력	kw	12~20이상	53(30+)	45	(30+11+)	139
	변압기 용량	KVA	-	-	-	-	10
컴프레셔 유무		무	무	유	유	유(2대)	
콘크리트 펌프	제조사 · 형식	아리바 285	스기우에 스윙에이스 SW-536	후루카와 CPI	MBSA703	신테크 MKW-25SNT	
	형식	로터리식	스윙펄프식 피스톤	스윙펄프식 피스톤	-	실린더 슬라이드식 피스톤	
	실린더수 직경×스트로크	mm	-	2-φ125× 905	2-φ120× 1000	2-φ180× 700	2-φ160× 505
캐리어	파워 트레인 방식	HST	HST	HST	HST	HST	
	휠베이스/트레드	mm	3100/2060	3100/2060	3000/1950	2740/2060	3500/2200
	길이/폭	mm	7350/2600	7350/2680	11280/2580	11300/2500	6100/2640
머니 퓨레이터	형식수		1	1	1	1	3
총중량	kg	16500	18000	14000	23000	21000	

4.3.5 계재회사 일람표

회사명	주소	전화
후지물산(주)	〒 104 東京都中央区銀座 6-8-7	03-3571-4101
후루카와 착암기 판매(주)	〒 100 東京都千代田区丸の内 2-6-1	03-3211-7887
KBC 머쉬너리 (주)	〒 060 札幌市中央区北 3條東7-361	011-251-7533
코켄공업(주)	〒 164 東京都中野中央 1-29-15	03-3366-3111
기후공업(주)	〒 501-04 岐阜縣本巢郡眞正町四條144	0583-23-2000
丸失공업(주)	〒 553 大阪府大阪市福島區海老江5-5-6	06-453-0521
산코레다레(주)	〒 567 茨木市宮島 3-2-18	0726-34-3939

4.4 지보공 기계

4.4.1 개요

단면이 작은 터널에서는 지보재가 소형 경량이므로 인력으로 지보공의 조립을 실시하지만, 대단면의 터널에서는 지보재가 무겁고 높은 장소에서 작업이 이뤄지기 때문에 기계화 시공이 필요하다. 최근에는 드릴링용 점보의 가이드 셀 선단에 지보공을 올리기 위한 브라켓을 설치하고 트럭 등으로 반입된 지보공을 브라켓에 탑재하여 소정의 위치에서 작업하는 방법이 있다.

점보에 장착된 바스켓 또는 따로 준비한 높은 작업대차에 올라간 작업원이 천단부의 볼트를 체결하고 연결재, 와이어 메쉬 등을 설치한다.

대형 갠트리 점보에는 갠트리 프레임 뒤쪽에 지보공을 달고 앞쪽으로 송출하여 전용 지지 암이 장착된 이렉터

(erector)를 사용하는 경우도 있다.

4.4.2 종류와 구조

지보공 조립에는 강제 지보공을 운반차로부터 올려 소정의 위치에 장착하고 천단부 볼트, 간격볼트 와이어 메쉬 설치 등의 작업을 실시한다.

지보공의 설치와 위치 셋팅에는 트럭 등에 크레인 붐과 같은 암을 두개 설치하고 선단에 지보공을 유압으로 잡는 클램프와 관절을 갖는 전용 장비가 있다.

최근에는 막장 부근의 대형 기계를 감소시키기 위해 천공용 점보의 가이드셀(guide cell) 선단에 클램프를 설치하고 지보공을 타설하는 경우가 많다. 천단 볼트 설치 등의 작업에는 점보의 바스켓 또는 자주식(自走式) 대형 작업대차 등이 사용된다.

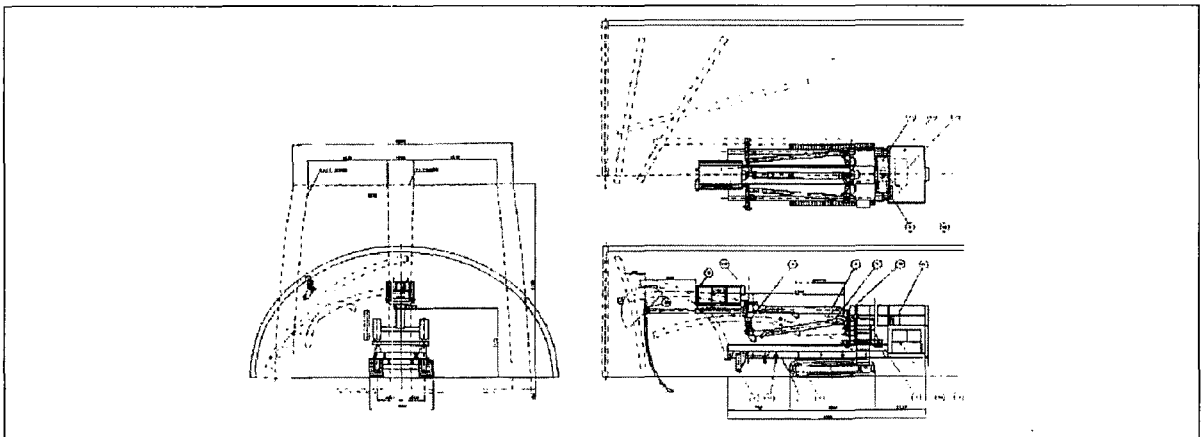


그림 11. 이렉터 대차

4.4.3 게재회사 일람표

회사명	주소	전화
야마우치(山内) 공업	〒 443 蒲郡市子成町 2-1	0533-68-3531
후루카와 착암기 판매(주)	〒 100 東京都千代田區丸の内 2-6-1	03-3211-7887
마쯔다 아스텍 판매	〒 743 廣島市南區仁保 2-1-26	082-3201-5811

4.5 록볼트 기계

4.5.1 개요

산악 터널의 NATM에서는 많은 경우 장약 천공용 접목가 록볼트 삽입공 천공에 사용된다.

굴착 단면의 높이에 비해 길이가 긴 록볼트가 사용되는 경우에는 천공용 로드를 이어서 로드로 하는 경우도 있지만 작업능률을 고려하여 굴착면 바닥의 일부를 깊이 파서 긴 가이드 셸과 로드를 사용하는 경우도 있다.

정착 모르타르는 드라이 모르타르를 사용하여 믹서로 혼합 반죽하고 주입 펌프로 주입한다.

록볼트의 삽입은 수평 방향으로는 인력으로 가능하지만 천단부 근처 볼트 삽입은 드리프터(drifter)를 이용하여 삽입한 후 와셔나 너트를 설치한다. 정착 모르타르가 어느 정도 경화한 후에, 임팩트 렌치(wrench)를 사용하여 너트를 연결하고 지반에 부착한다.

4.5.2 종류와 구조

일반적으로 터널공사에서 록볼트 천공은 막장 발파용 천공기가 적용된다.

중·대단면 터널에서는 유압 점보가 사용되지만 소단면 수로터널에서는 작업공간이 부족하기 때문에 스토퍼나 레그 드릴, 레그 오거 등이 사용된다.

록볼트 전용장비로는 록볼트 세터(setter)가 있다. 이런 기계는 천공과 볼트 정착재의 삽입, 볼트 삽입, 체결까지를 한 조의 붐으로 연결하여 진행하는 경우가 있다. 광산에서는 많이 사용되고 있지만 토목 터널에서 사용하는 예는 별로 없다.

천공에 이어서 정착재의 주입이 실시된다.

막장에 일정양의 모르타르를 용이하게 혼합, 주입할 수 있는 장비도 있고 믹서와 주입 펌프가 일체화된 MAI(Mix Automation Injection)펌프도 있다.

호퍼에 드라이 모르타르를 투입하는 것만으로 자동적으로 소정의 플로우(flow)값의 모르타르를 혼합하여 토출한다. 드라이 모르타르의 송출, 물과의 혼합, 토출의 3가지 작용을 분담하는 피더(feeder), 믹서, 모노 펌프(mono pump)가 나란히 있고 1대의 모터로 작동한다. 상향 보어 홀에 충전하여도 흘러 내리지 않는 점성이 있는 굳은 모르타르를 충전하면서 모르타르에 의해 주입 호스를 압출하는 경우도 있다. 용이하게 분해할 수 있고 작업 중의 트러블에도 대응하기 쉽다. 펌프가 마모하여 토출량이 변동하면 플로우값도 변동하기 때문에 펌프의 유지·보수가 중요하다.

록볼트 삽입은 많은 경우 바스켓에 탑승한 작업원의 수작업으로 삽입되지만, 무거운 장척 볼트나 정착 캡슐을 사용하는 경우에는 드리프터나 에어 오거로 삽입한다. 너트의 체결은 임팩트 렌치가 사용된다. 모르타르 경화 후

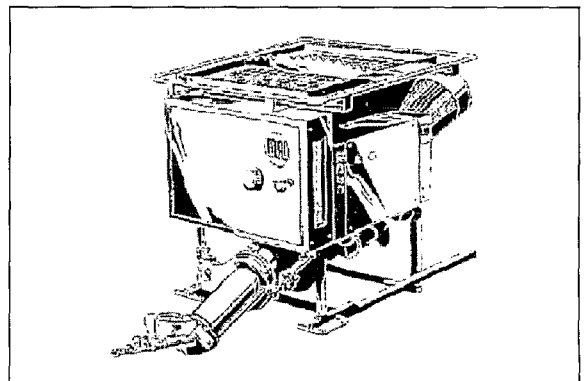


사진 15. MAI 펌프

표 7. MAI 펌프 사양

소요동력	3상 8마력(6kW)
믹서 회전수	50Hz 280rpm
로터 회전수	60Hz 280rpm
중량	150kg
기계크기	1,440×740×975
모르타르 토출량	950 l/Hr
토출압(최대)	30kg/cm ²
반송능력	수평 90m 또는 수직 30m
호퍼용량	50 l (각추형)
(SN 드라이 모르타르)	

인발 시험에는 센터 홀 잭과 다이얼 게이지가 사용된다.
 록볼트 천공은 연약 지반에서는 공이 막히기 쉽기 때문에 타격수가 적고, 회전 토크가 큰 드리프터가 필요하며, 최근 이와 같은 지반에는 자천공 록볼트가 사용된다.
 록볼트가 터널 굴착단면에 비해 긴 경우에는 록볼트의 길이에 맞게 가이드 셸을 선택하고, 굴착반을 내려서 대응하는 경우가 많다.

다량의 용수에 의해 록볼트 공내에 충전하는 모르타르가 유출되는 지반에서는 마찰식(friction) 록볼트가 사용된다. 마찰식 록볼트는 강관을 기계적으로 재성형하고 한쪽 끝을 막은 튜브를 아답터로 사용하여 드리프터로 삽입하는 것(split set 록볼트)과 고압수(300kgf/cm²)를 볼트 내에 주입하여 볼트를 팽창시켜 정착하는 것(swellex bolt)이 있다. 고압수 펌프는 에어 구동과 유압 점보에 설치한 유압식 구동수 펌프가 있다.

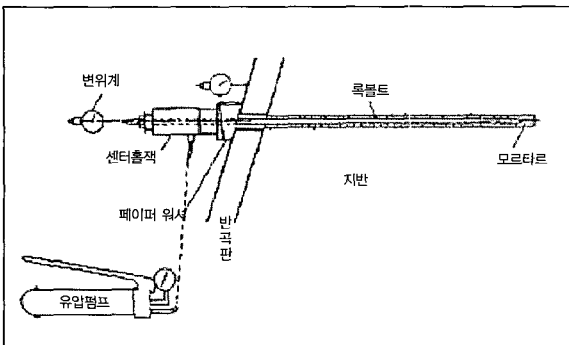


사진 16. 인발내력시험기

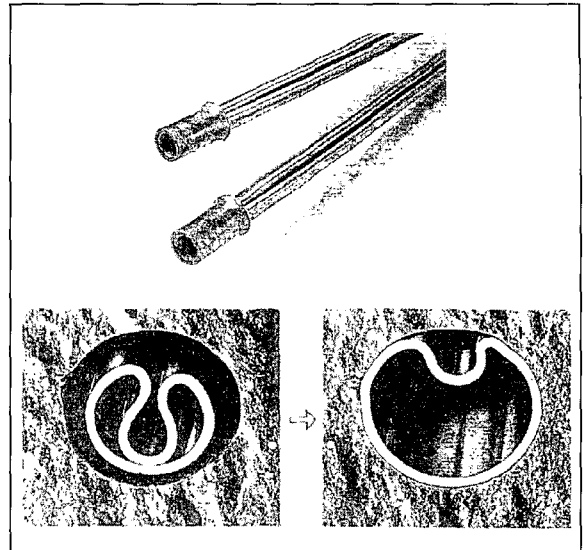


사진 17. 마찰(friction)볼트 (표준 swellex bolt)

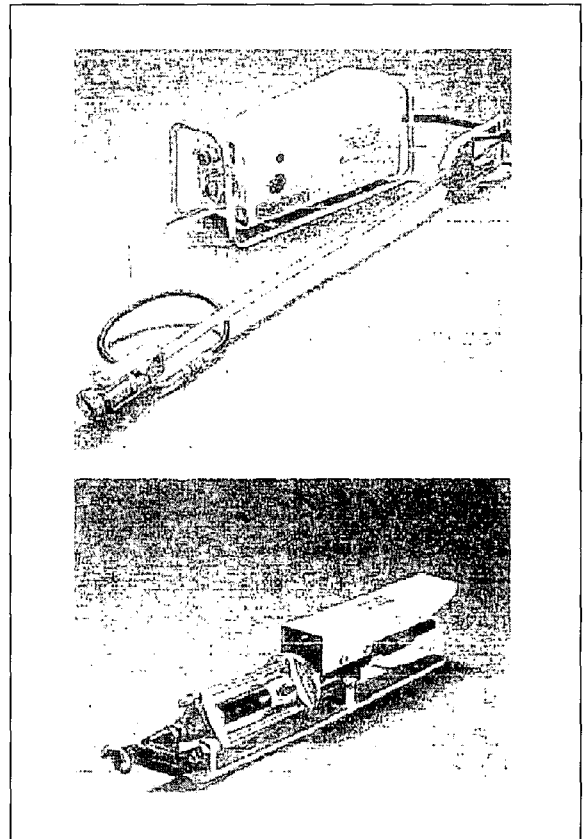


사진 18. 고압구동 물펌프(에어식, 유압식)

4.5.3 계재회사 일람표

회사명	주소	전화
(주) KFC	〒 443 大阪市北區西天満 2-1	06-363-1884
아트라스 콤파(주)	〒 100 東京都港區西新橋 2-6-1	03-3591-6491

4.6 사전 보강 공법 설비

있어서 막장 전방을 미리 보강하여 막장부분을 안정시키고 터널을 굴착하는 것을 말하며, 초대단면의 굴착을 NATM으로 합리적으로 굴착할 수 있는 수많은 새로운 공법이 개발되어 그 일부는 실용화된 상태이다.

4.6.1 개요

사전 보강 공법은 충전층이나 홍적층의 미고결 지반에

표 4.6.1 사전 보강 공법 일람표

공법	사용재료	공법설명
모르타르 포어폴링	시멘트계 주입재	모르타르 갱에 의해 막장 전방 지반의 변형에 대한 구속을 높이는 공법. 주입재료를 분사 혼합 교반하여 수평 연속 모르타르 개량갱을 형성한다. 보강길이는 3~5m
충전식 포어 파일링	강관모르타르 모르타르 시멘트 밀크	지반의 붕락을 방지할 목적으로 막장 전방 터널굴착부 주변 지반에 길이 5m 이상의 강관을 타설함. 강관 내부 및 지반 공벽등 강관의 공극을 모르타르나 밀크로 충전하는 공법
주입식 포어 파일링 (1)	강관 우레탄계주입재 시멘트계주입재	굴착에 수반되는 지반의 풀림을 억제할 목적으로 막장 전방 터널 굴착주변부에 강관과 주입재 등으로 보강한 영역을 우산(Umbrella) 형태로 구축하는 공법. 보강길이는 표준적으로 10~20m. (범용기계에 대응)
주입식 포어 파일링 (2)	강관 우레탄계주입재 시멘트계주입재	굴착에 수반되는 지반의 풀림을 억제할 목적으로 막장 전방의 터널 굴착 주변부에 강관과 주입재 등으로 보강한 영역을 우산(Umbrella) 형태로 구축하는 공법. 보강길이는 표준적으로 10~20m
파이프루프 (1)	강관 모르타르	막장 전방의 터널 굴착 주변부에 강관을 설치하고, 강관내부와 강관과 공벽사이를 모르타르나 시멘트 밀크 등으로 충전하는 경우로 강성을 높여주기 위함, 굴착에 수반되는 지반의 풀림을 억제하는 공법. 보강길이는 10~20m 정도, 갱내시공도 가능
파이프루프 (2)	강관 모르타르	터널 굴착 주변부에 강관을 설치하고, 강관내부와 강관과 공벽사이를 모르타르나 시멘트 밀크 등으로 충전하는 경우로 강성을 높여주기 위함, 굴착에 수반되는 지반의 풀림을 억제하는 공법. 보강길이는 10~40m 정도, 갱외로의 시공.
고압충진식 포어 파일링 (1)	시멘트밀크	막장 주변부에 삭공하고, 로드(로드)인발할 때 시멘트 모르타르를 고압분사하는 경우로, 직경60cm 정도의 모르타르 말뚝을 구축하고, 굴착에 수반되는 지반의 풀림을 억제하는 공법. 개량길이는 표준적으로 10~15m
고압충진식 포어 파일링 (2)	시멘트밀크	막장 주변부에 시멘트 밀크를 고압분사하고, 직경 200~300cm 정도의 대구경 모르타르 말뚝을 구축하는 것에 의해서, 굴착에 수반되는 지반의 풀림을 억제하는 공법. 개량길이는 표준적으로 30~50m가 가능. 주로 갱외로부터 시공
강관보강 고압충진식 포어 파일링	강관 시멘트밀크	막장 주변부에 천공하고, 로드(로드)인발할 때 시멘트 모르타르를 고압분사하는 경우로, 직경60cm 정도의 모르타르 말뚝을 구축하고, 그 내부에 강관을 삽입하는 등으로 보강하는 공법. 개량길이는 표준적으로 10~15m
프리 라이닝	콘크리트	굴착에 수반되는 지반의 풀림을 억제할 목적으로, 터널굴착에 선행하여 막장 주변부를 절삭부에 콘크리트를 충전하여 두께 15~50cm의 콘크리트 라이닝을 구축하는 공법. 보강길이는 1~5m 정도

도시부의 초대단면 터널의 사전 보강 공법으로는 포어 폴링, 수평 제트 그라우트, 파이프 루프, 주입공법 등이 여러 공법이 시공되고 있다. 이와는 달리 프리 커팅(pre cutting) 등의 공법이 현재 개발 중이며, 일부 실시공이 시작되고 있다.

일본에서 실시 또는 개발 중인 각종 사전 보강 공법은 크게 8가지로 분류되고 그 중 갱내에서 시공할 수 있는 것에 한하여 6분류, 22종류의 공법으로 나눌 수 있다.

4.6.2 종류와 구조

1) 프리 커팅 방식

프리 커팅 방식은 막장 주변부를 미리 판 모양 또는 말뚝 모양으로 굴착하여 굴착부를 모르타르나 콘크리트로 치환하여 지반을 지지하는 라이닝을 타설하고 나서 터널 내부를 굴착하는 것을 말한다.

커팅 장치를 지지 또는 안내하는 프레임, 콘크리트 등을 충전하는 콘크리트 펌프, 라이닝 콘크리트용 급결제 첨가 교반장치 등으로 구성된다. 이런 방식으로는 New PLS 공법, 모노백 공법, PASS 공법, 슬릿 컷 프리 라이닝 공법 등이 있다. 시공 실적으로는 New PLS가 1991년에 호쿠리쿠(北陸) 자동차도로 나다치(名立) 터널에서 전 단면 굴착 공법의 시험 시공을 행하였다.

(1) 커팅 장치

커팅 장치는 체인 컷터 식과 멀티플(多連裝) 컷터 식이 있다. 체인 컷터는 스트레이트형과 밴드형이 있고, 스트레이트형은 터널 축에 대하여 개방된 각도로 방사상의 슬릿을 절삭하고 다음 슬릿과 오버랩 시킨다.

밴드형은 전방 스펠의 라이닝 콘크리트를 일부 절삭하고 연속된 라이닝 셸을 구축한다. New PLS 공법과 모노백 공법은 연속된 셸을 구축한다.

멀티플 오거는 오거끼리는 오버랩하고 연속된 많은 열의 공을 굴착하고 이를 반복하면서 방사상의 슬릿을 구축한다. PASS 공법은 5축 오거로 폭 82cm, 두께(오거의 직경) 17cm, 길이 400mm의 슬릿을 굴착한다.

(2) 콘크리트 압입 장치

슬릿에 콘크리트를 충전하는 방법으로는 단위 폭의 슬릿 굴착 후 커터를 인발하고 충전하는 방법과 커팅과 동시에 콘크리트를 충전하는 방법이 있다.

충전하는 콘크리트는 유동성이 우수하고 분리저항성이 좋고 균일한 라이닝 콘크리트를 펌프로 압입한다. 많은 경우 유동화제 등은 플랜트에서 첨가한다.

콘크리트는 거푸집 연결부로부터 누설되지 않아야 하며, 압입 후 단시간에 지반을 지지할 수 있는 강도가 발휘되어 새로운 굴착 작업을 할 수 있는 급결성이 필요하다.

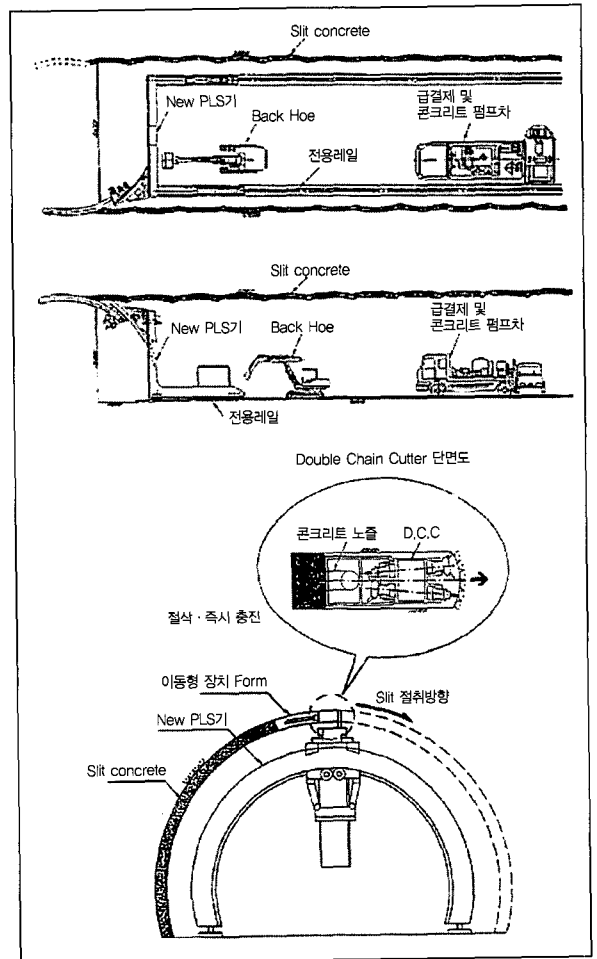


그림 12. New PLS 공법시공개요 (시공도와 Cutter 단면도)

이 때문에 슬릿 입구 근처의 콘크리트 주입관에 급결제 첨가 혼합 장치가 설치된다. 이 구조는 각 개발 회사마다 다르고 기계 혼합, 제트 혼합 등 다양하다.

2) 수평 제트 그라우트 방식

이 방식에는 로딩 제트 포어폴링 공법(RJFP)이 있다. 로딩 제트공 전용기계로 장착 보링을 방사상으로 실시하고 로드의 선단 분사 장치에서 경화재를 초고압 펌프로 분사하고, 로드를 회전시키면서 인발하는 것을 반복하여 원호형의 지반개량을 한다. 시공 실적으로는 각종 사전 보강 공법 가운데 가장 많고 고쿠부 가와케(國分川分) 수로터널, 도나(東名) 개축 공사에서 토피가 낮은 미고결 토사 지반에서 3차선 대단면 터널 등을 시공했다.

설비는 장치(유효 천공 길이 13m)의 보링 전용기와 초고압 그라우트 펌프, 그라우트 플랜트, 이수(흙탕물) 처리 장치 등으로 구성되어 있으며, 시스템화 및 자동화 되어있다.

3) 그 밖의 사전 보강 공법

사전 보강 공법으로 분류되고 있는 방식은 상기와 같이 포오폴링, 파이프 루프, 주입(주입식) 장치 사전 보강 공법(AGF) 등, 수직 봉지(縫地), 메셀 공법 등이 있지만

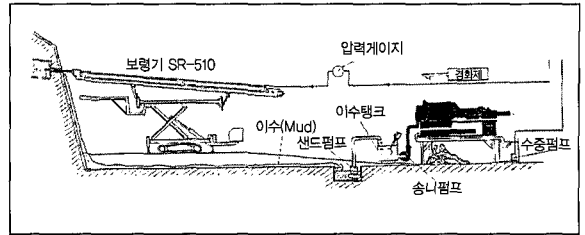


그림 13. RJFP 시공순서도 (東名(改築) 所領 第 1 터널)

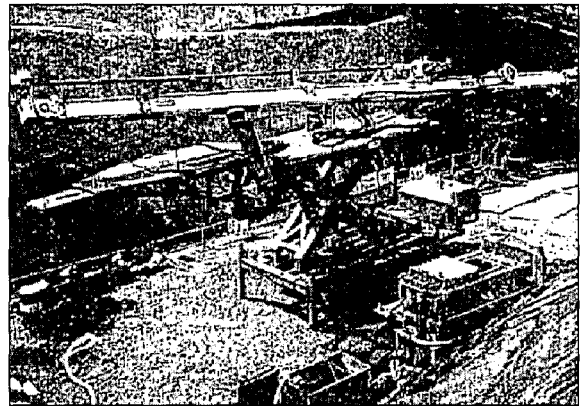


사진 19. RJFP 削孔機 SR-510

보조공법으로서 다른 문헌에도 소개되기 때문에 여기에서는 생략한다.

4.6.3 계재회사 일람표

회사명	주소	전화
(株)카텍스	〒460 名古屋市中區上前津1-3-3	052-331-8821
지오테쿠노(株)	〒112 東京都文京區關口 1-15-3	03-3268-4612
New PLS 연구회	〒107 東京都港區 赤坂4-9-9 일본국토개발내	03-5410-5800