

-shotcrete 타설장비

SHOTCRETING EQUIPMENT



김용일
정회원, (주)대우건설
토목기술1팀 차장,
공학박사



이내웅
정회원, (주)대우건설
토목기술1팀 대리

1. 서언

-shotcrete란 “콘크리트 혼합물을 압축공기를 이용, 호스를 통하여 분사시켜 타설하는 콘크리트”를 의미한다. 최초의 적용은 1919년에 Allen Cement Company사에서 개발 사용되었다.

지하구조물에 적용된 것은 1924년에 Puttsburgh Bureau of Mines의 시험시공에서였다. 이후부터 굴착 터널면의 풍화를 방지하고 시공중 안정확득을 위한 임시적인 지보재로서 적용되었다. 터널의 지보재로서 대단위 이용되기 시작한 것은 1951년부터였으며, 건식의 개발보다 뒤늦게 습식-shotcrete가 1963년에 노르웨이의 Tokke 수력발전소 터널에 적용되었다. -shotcrete는 터널의 이완을 방지하고 록볼트, 와이어메쉬 및 스틸립과 함께 굴착 단면의 자체지보력 유지 및 보강재료로서 각종 터널공사에 널리 사용되고 있다.

현재 국내 대부분의 터널현장은 습식-shotcrete를 사용하고 있으며, 본 고에서는 NATM에 의한 터널 기계화 시공 중 당 현장에 적용된 -shotcrete 장비를 중심으로 소개하고자 한다.

2. -shotcrete 개요

2.1 기능

- (1) 지반과의 부착 및 자체전단 저항효과로 -shotcrete에 작용하는 외력을 지반에 분산시키고, 터널 주변의 붕락하기 쉬운 압괴를 지지하며, 굴착면 가까이에 지반아치 형성
- (2) 강지보재 또는 록볼트에 지반압을 전달
- (3) 굴착된 지반의 굴곡부를 매우고 절리면 사이를 정착시킴으로써 응력집중 방지
- (4) 풍화방지, 지수, 세립자 유출 등을 방지하는 굴착면 피복효과

2.2 타설방식

(1) 습식-shotcrete

본 공법은 시멘트와 물을 믹싱한 상태에서 압력분사 타설하는 방법으로서 물/시멘트 비율관리에 효과적이다. 굵은골재는 19mm이하, 압력송출이 쉽도록 좀 높은 물/시멘트비를 사용하며 급결제가 항상 적용된다.

Table.1 건식/습식 shotcrete 특성비교

	건식 shotcrete	습식 shotcrete
콘크리트 품질	작업원의 숙련도에 좌우	정확한 배합기준으로 품질관리 용이
압송거리	장거리 압송	장거리압송 부적절
소요공기압	3~5kg/cm ²	11kg/cm ²
분사능력	2~5m ³ /hr	4~8m ³ /hr
압축강도	높다	비교적 낮다
반발율	30~40%	10~20%
분진	많다	적다
현장적용	불리	유리

(2) 건식콘크리트

건식shotcrete는 골재, 시멘트 혼합물이 압축공기와 함께 송출되며, 동시에 압력수가 살수되어 타설한다. 분사 노즐에서 콘크리트 혼합물과 물이 혼합된다. 분말의 경화촉진제, 급결제가 적용된다.

건식 및 습식shotcrete의 특성 비교는 Table 1과 같다

합비율은 설계시방배합에 따라야 하며 현장 배합시험 결과에 따라 조정하여야 한다.

(2) 재료별 배합은 중량배합으로 하여야 한다.

(3) 섬유(Fiber)를 혼합할 경우에는 섬유가 shotcrete에 균질하게 분포될 수 있도록 혼합하여야 한다. 강섬유보강(Steel Fiber Reinforced Concrete)은 균열 저항이 크고, 인장강도, 휨강도, 전단강도가 높고, 인성이 크나 고가이며 품질관리에 어려움이 있다.

2.3 재질 및 배합

2.3.1 재질

(1) shotcrete 조건

- 초기강도가 크고 충분한 소요강도를 가질것
- 부착력이 좋고 Rebound가 적을것
- 반발율(Rebound)의 최소화로 작업환경과 Damage를 줄일것
- 작업 Schedule에 맞는 용량의 기계로 가능한 Robot화

- (2) shotcrete의 재령 1일 강도는 100kg/cm²이상, 재령 28일 강도는 180kg/cm² 이상이 되어야 한다.
- (3) 급결제는 요구되는 급결성을 갖는 액상이나 분말형을 사용할 수 있으며 초기 강도 발현 효과가 좋고 장기간도에 영향을 적게 미치는 것을 사용하여야 한다.
- (4) shotcrete용 시멘트는 KS L 5201(시멘트)의 기준에 적합한 1종의 보통 포틀랜드 시멘트 사용을 원칙으로 한다.

2.4 시공

- (1) 굴착 면으로부터 뜯돌을 주의하여 제거하여야 하며 굴착후 가능한 빨리 Shotcreting을 시행하여 굴착면에 밀착한다. 1회 타설 두께는 10cm 이내가 되도록 타설한다
- (2) 노즐의 방향은 shotcrete 면에 직각이 되도록 유지하고 굴착면과의 거리는 반발량이 최소화 되도록 1m 정도 유지한다.
- (3) shotcrete의 타설 작업은 측벽면 하부에서 crown 상부로 진행하되 감지보재 부분을 먼저 타설하여 감지보재와 shotcrete의 일체성을 증진하여야 한다.
- (4) 용수가 많은 경우는 shotcrete의 부착성 저하로 탈락(미끄러져 떨어짐)과 시공성에 많은 영향을 미치므로 시멘트량 또는 급결제를 증가시키거나 초기강도 발현이 빠른 속경성 시멘트를 채택한다. 한정된 개소의 용수는 배수파이프로 처리후 shotcreting

2.3.2 배합

- (1) 굵은 골재 및 잔골재의 규격, 입도기준과 재료별 배

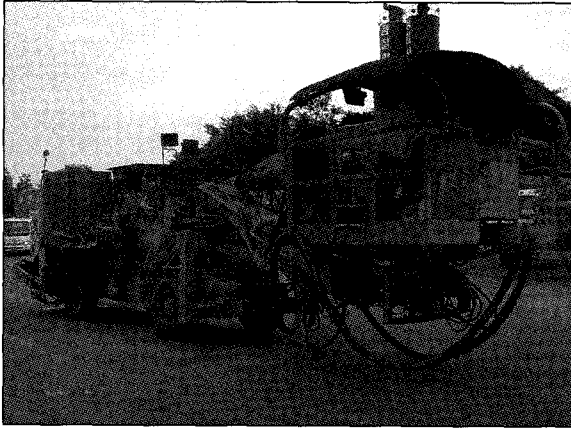


Fig. 1 Spraymec 9140 WPC

하고 넓은 범위의 용수는 철망에 필터재나 슈트 등을 붙여 원지반에 고정하고 호스로 물을 유도후 shotcreting한다. 용수가 심할 경우 물빼기 구멍을 설치하여 물 처리후 shotcreting한다

- (5) 사질토의 경우 Shotcreting시 압력으로 붕락의 위험이 있으므로 Wire mesh를 사용함으로써 부착성을 향상 시킬 수 있으며, SFRC는 Shotcrete의 전단강도를 증진시킨다.



Fig. 2 슛크리트 타설장면
(대구포항고속도로 9공구 현장)



Fig. 3 JSP 840

- 지름 180의 펌핑 실린더와 대형흡입구로 흡입이 용이
- 토출압력: 최저 65Bar (낮은 슬럼프와 16mm골재의 콘크리트 타설가능)
- Nordoser(급결제펌프)
- 콘크리트 펌프 토출량에 따라 급결제양이 시간당 0~600ℓ 로 일정하게 유지

■ 적용현장

대구포항고속도로9공구현장 / 경부고속철도 8-1공구 / 영동선철도현장 1공구

3. 장비소개

3.1 Spraymec 9140

- 장비명 : Spraymec 9140 WPC (습식)
- 제작사 : Normet
- 장비주요사양
 - Sprayboom
 - 379도 회전 바스켓과 2.2m 텔레스코픽 스프레이붐
 - 작업반경 : 최저 50에서 320㎡
 - Concrete pump
 - 토출량 : 4~33㎡/h

3.2 JSP 840

- 장비명 : JSP 840 (습식)-자주식터널 쇼트콘크리트 펌프



Fig. 4 쏿크리트 타설장면
(영동선 철도현장 2공구)

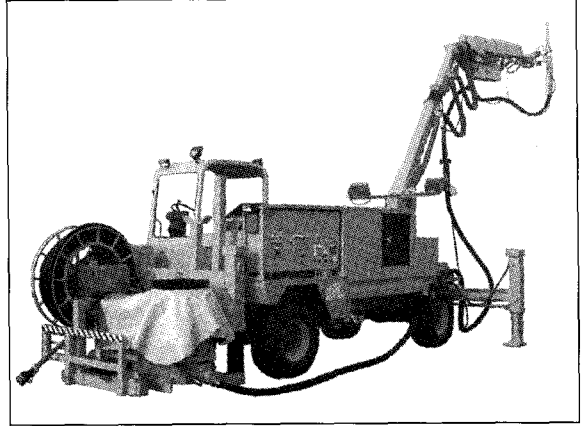


Fig. 5 AL-500

- 제작사 : Putzmeister
- 장비주요사양
 - Chassis
 - 디젤엔진, 전유압식 4륜조향, 16도 등판각도, 유압식 4륜구동
 - Concrete Pump(BDT 702)
 - 토출량 : 18m³/h
 - 토출압력 : 75Bar
 - 호퍼용량 : 0.3m³
 - Spray Arm (SA8)
 - 11.5m 수직높이의 2단암,
 - 하단암은 유압으로 구동되는 스윙랙장치에 의해 270도 회전하며, 상승 및 하강은 +78°/-55° 작동되며 내부유압 실린더에 의해 3100mm 텔레스코픽 작동 가능.
 - 상단암은 회전작동은 유압모터에 의해 270°까지 작동되며 텔레스코픽은 내부유압에 의해 1170mm까지 작동
 - 급결제 펌프
 - 급결제와 시멘트간의 비율 설정후 콘크리트 토출량의 변동량과 무관하게 일정하게 유지되므로 균질한 쏿크리트 작업 가능

- 적용현장
영동선철도현장 2공구

3.3. AL 500

- 장비명 : AL 500 (습식)
- 제작사 : ALIVA
- 장비주요사항
 - Concrete spraying pump (AL-278)
 - 토출량 : 4~23m³/h
 - 토출압력 : 70Bar
 - Telescope spraying arm (AL-307)
 - 4.5~17.5m의 수직높이, 상단암 240도 회전

참고문헌

1. 터널설계와 시공 · 계측관리(이병철/1992 / 엔지니어즈)
2. 터널표준시방서(사단법인 대한터널협회/1999)
3. Internet site
 - Normet (<http://www.normet.fi>)
 - putzmeister (<http://www.putzmeister.co.kr>)
 - Aliva (<http://www.aliva.com>)