

# 콘크리트포장 줄눈 보수용 초속경 건식 슛크리트의 내구특성

## Durability of Very-Early Strength Dry-Mix Shotcrete for Concrete Pavement Joint Repair

전 찬 경\* · 안 상 혁\*\* · 김 현 석\*\*\* · 최 성 용\*\*\*\* · 윤 경 구\*\*\*\*\*

Jeon, Chan Kyeong · Ahn, Snag Hyuk · Kim, Hyun Suk · Choi, Sung Yong · Yun, Kyong Ku

### 1. 서 론

콘크리트포장의 손상은 줄눈부에서 대부분 손상이 일어난다. 이러한 줄눈부의 파손(그림1.)의 보수가 필요하며, 현 에폭시계를 이용한 보수부위 파손은 재파손으로 재보수가 필요하다(그림2). 시멘트계 보수재료를 사용한 보수로는 초속경콘크리트를 이용한 인력으로 보수하는 방법이 있으나, 보수부분 균열발생 및 기존 콘크리트와 보수한 콘크리트의 접착불량, 기존 콘크리트 손상부 잔존등의 단점이 발생한다. 새롭게 초속경 LMC를 이용한 줄눈보수가 적용되어 부착 및 내구성이 우수하며 균열이 발생되지 않는다. 그러나 이 보수는 횡방향 줄눈 보수에 적용되며, 횡방향 줄눈 보수에 어려움이 있다. 또한 시공공정이 기존 콘크리트 배합형태로 재료준비 및 재료적재 등의 전처리 과정과 타설 위치로 이동 및 배합 타설 후 장비 청소등의 과정 등의 공정이 복잡하다. 따라서, 시멘트계 보수재료를 이용한 콘크리트포장 횡방향 줄눈 보수공법이 필요하며, 기존 줄눈보수공법 보다 단순공정 및 시공시간 단축으로 조기 교통개방 또한 필요하다.

스�크리트공법은 빠른시간내에 구조재로서의 역할을 할 수 있고, 거푸집을 사용하지 않고 극히 얇은 것으로부터 상당히 두꺼운 것까지 자유로이 시공할 수 있어 사갱, 수직갱, 비탈면 혹은 벽면의 풍화나 박리, 박락의 방지, 터널 및 지하구조물의 1차 지보재 등에 적용될 수 있다. 또한 슛크리트 공법은 위와 같은 특징을 가지고 구조물의 유지보수에도 적용이 가능하다. 특히, 건식방법(Dry-Mix Process)은 기존재료에 우수한 부착력, 습식방법(Wet-Mix Process)에 비해 청소용이 및 장비 값이 저렴하고 유지관리가 용이하고 수분함량을 현장상태에 따라 즉시 조절가능하며, 또한 초속경 시멘트 적용이 가능하므로 유지보수에 적용 시 시공의 간편성 및 시간단축과 고강도 및 우수한 부착성, 고내구성을 가진 밀실한 고성능 콘크리트제작이 가능하다. 그러나 건식 슛크리트 공법 및 재료에 대한 연구는 전무하며, 특히 유지보수 적용을 위한 연구 또한 전무한 상태이다.

따라서 본 논문에서는 속경성 시멘트를 이용하여 콘크리트포장 줄눈부 보수용 초속경 건식 슛크리트 재료 및 공법을 개발하였으며, 현장적용성 평가 및 개발된 초속경 슛크리트의 내구특성을 검증하기 위해 현장적용성 평가시 염소이온 촉진투과시험, 내약품성 시험, 동결-융해 저항성 시험 및 표면박리 저항성 시험을 수행하였다.

### 2. 현장적용 평가

#### 2.1 현장적용성 평가 개요

\* 학생회원 · 강원대학교 토목공학과 석사과정 · 공학사(E-mail : jck5315611@hanmail.net) -발표자  
\*\* 학생회원 · 강원대학교 토목공학과 석사과정 · 공학사(E-mail : daynday@nate.com)  
\*\*\* 학생회원 · 강원대학교 토목공학과 석사과정 · 공학사(E-mail : glower1@nate.com)  
\*\*\*\* 정회원 · 강원대학교 토목공학과 박사후과정 · 공학박사(E-mail : choisy@kangwon.ac.kr)  
\*\*\*\*\* 정회원 · 강원대학교 토목공학과 교수 · 공학박사(E-mail : kkyun@kangwon.ac.kr)

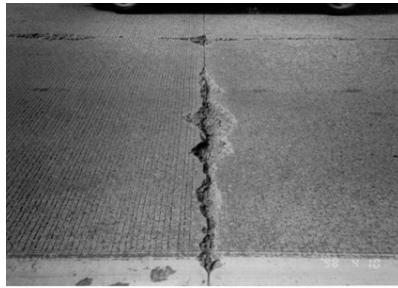


그림 1. 줄눈부 손상

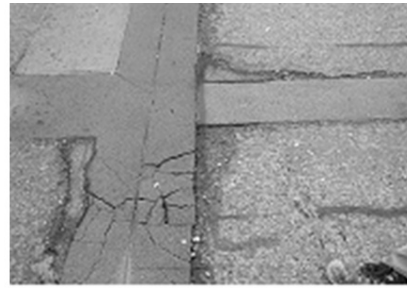


그림 2. 에폭시계 보수재로 보수



그림 3. 시험시공 절차

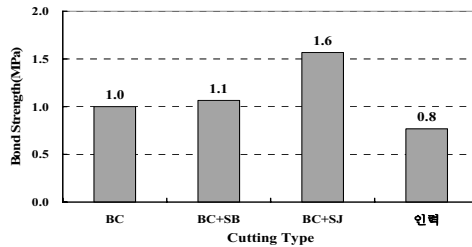


그림 4. 각 구간별 부착강도

초속경 건식 슛크리트 보수재료를 현장에 적용이 가능한지 그 시공능력은 얼마되는지 현장에 적용함으로써 초속경 건식 슛크리트 공법의 성능을 평가하고자 손상된 줄눈부를 대상으로 시험시공하였다. 또한 이 공법의 문제점이 되는 분진발생과 리바운드의 발생 등의 문제점과 시공절차가 얼마나 간편한지를 파악하고자 하였다. 또한 콘크리트의 열화부를 절삭하는 절삭공법에 따라 기존 콘크리트와 보수 콘크리트의 부착성능이 달리 발휘하므로, 건식 슛크리트 공법과 적절하고 열화부를 완전히 제거가능하며 부착성능이 우수한 절삭공법을 파악하고자 하였다. 시험시공 절차는 콘크리트 포장면 전구간을 Bobcat 장비를 사용하여 절삭 후 2구간은 스틸브러쉬, 3구간은 스핀 젯을 4구간은 인력 절삭을 실시한다. 절삭 작업이 끝나면, 진공흡입기를 사용 표면 청소 후 건식 슛크리트 재료 준비, 배출량 검교정, 슛크리팅, 마무리, 양생 순으로 진행하였다. 그림 3은 시험시공 절차이다.

## 2.2 현장적용성 결과

현장적용성 평가 결과 건식 슛크리트 공법의 간편성과 적용가능성을 확인하였다. 또한 분진 발생은 적으나, 굵은골재의 리바운드 발생이 크게 일어나는 문제점도 발생되었다. 그림 4는 각 구간별 부착강도 결과로 슛크리트 공법상 부착성능이 우수하였으며, 특히 스핀젯으로 표면 절삭한 구간의 부착성능은 1.6 MPa로 매우 크게 나타났다.

## 3. 내구성 평가

### 3.1 사용재료 및 배합특성

본 연구의 사용재료는 초속경 시멘트와 굵은 골재는 최대치수 10mm인 세척 쇄석을 이용하였고, 잔골재는 3호사, 5호사, 6호사 입도의 규사를 사용하였다. 본 실험에 사용된 혼화재료는 슛크리트의 성능을 개선시킬 수 있는 실리카 흙과 분말형 폴리머를 사용하였다. 실리카 흙은 비중이 2.22, 분말도(비표면적, Specific Area) 150,000~300,000cm<sup>2</sup>/g, 폴리머는 아세트산 비닐과 에틸렌의 중합 폴리머 분말로 색상은 흰색이다. 보강재로 사용한 합성섬유는 섬유 길이는 12mm인 100% 나이론 섬유를 증점제는 Hydroxypropyl Methyl Cellulose, 분말형 AE제는 Sulfonate Silica 분말로 비중은 0.9~1.2이다.

초속경 건식 슛크리트 프리믹스(Premixed)형태로 모든 재료가 건식으로 배합된다. 사용된 배합비는 단위결

합재량 450kg/m<sup>3</sup>, 잔골재율 85%, 실리카흙 혼입을 단위결합체에 7% 치환, 분말형 폴리머는 단위결합체에 6%를 혼입하였다. 배합표는 표 1.와 같다.

표 1. 초속경 건식 슛크리트 배합표

(단위 : kg/m<sup>3</sup>)

S/a (%)	VES Cement	Sand 1 (3호사)	Sand 2 (5호사)	Sand 3 (6호사)	Coarse (Gmax=10 mm)	Silica Fume 7%	Polymer 6%	Fiber 0.2%	증접제 0.3%	AE제 0.5%
85	418.5	331.6	391.5	502.7	230	31.5	27.00	0.90	1.35	2.25

### 3.2 내구성평가 항목

개발 재료의 내구성평가는 투수저항성(ASTM C 1202-91, KS F 2711), 내약품성(ASTM C 267), 동결융해 저항성(KS F 2456, ASTM C 666 B Type), 표면박리저항성(ASTM C 672) 시험을 실시하였다.

### 3.3 내구성평가 결과

#### 3.3.1 투수저항성

그림 5.의 그래프에서 나타난 염소이온 투과시험 결과를 보면, 100~1000 coulombs(Q) 범위의 값을 얻어 'Very low'로 나타났다. 이는 실리카흙을 혼입함으로써 포졸란반응으로 콘크리트의 내부가 치밀해지고, 폴리머 혼입으로 인해 결합체의 입자들이 폴리머에 감싸여진 형태의 조직구조를 갖기 때문에 투수가 감소하여 궁극적으로 슛크리트의 내구성을 향상시키는 작용을 한 것이라 판단된다.

#### 3.3.2 내약품성

그림 6.~그림 8.은 내약품성 실험 결과로, 5% 황산, 4% 염화칼슘, 2% 염산에 대해 각각 -1.96%, 0.91%, 0.35%의 중량변화율을 나타냈다. 모두 ±2%의 낮은 중량변화율을 보여 저항능력이 큰 것으로 입증되었다. 이러한 결과는 실리카흙이 시멘트량과 수산화칼슘( $Ca(OH)_2$ )량을 감소시켜 황산염에 대한 저항성을 내황산염 시멘트 수준으로 향상시켰으므로 내부의 작은 공극이 다량 형성되어 내동해성이 향상되었기 때문에 산이나 염화칼슘에도 영향을 미쳤으리라 판단된다.

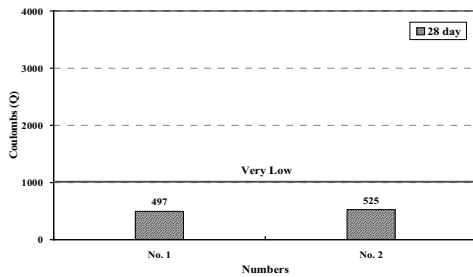


그림 5. 염소이온 투과시험 결과

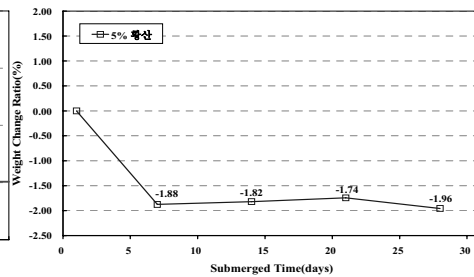


그림 6. 5% 황산에 의한 중량변화율

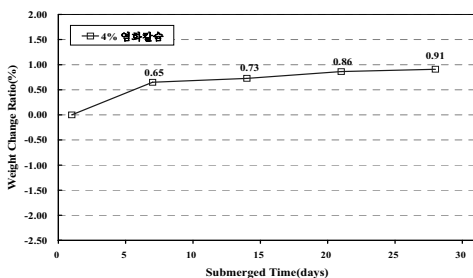


그림 7. 4% 염화칼슘에 의한 중량변화율

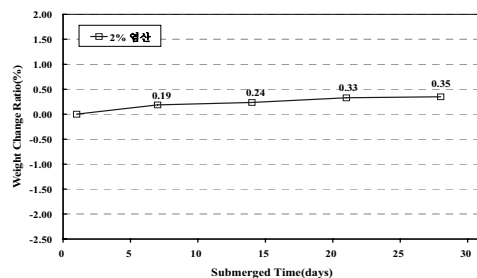


그림 8. 2% 염산에 의한 중량변화율

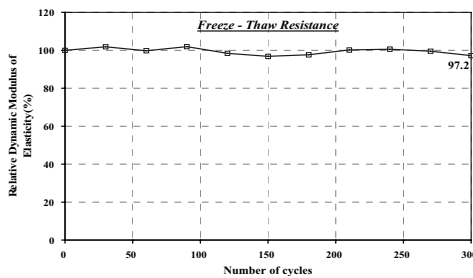


그림 9. 동결융해저항성 실험 결과

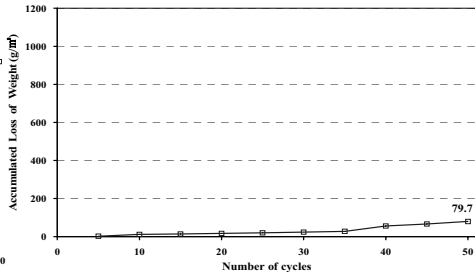


그림 10. 단위면적당 누적 표면박리량

### 3.3.3 동결융해저항성

그림 9.는 KS F 2456(ASTM C 666) B Type에 따라 공기중 급속동결 수중 급속융해의 방법으로 실험을 수행한 결과를 나타낸 것이다. 2개의 시편에 대해 실험을 수행한 후 이를 평균 내어 결과 값으로 사용하였다. 그 결과 상대동탄성계수가 300사이클이 지난 후에도 97.2%라는 높은 값으로 나타나 동결융해에 대한 저항성이 매우 우수한 것으로 확인되었다. 이는 실리카흙을 혼입함으로써 내부의 작은 공극이 다량 형성되어 내동해성이 향상시키고, 폴리머 혼입으로 인해 결합재의 입자들이 폴리머에 감싸여진 형태의 조직구조를 갖기 때문이라고 판단된다.

### 3.3.4 표면박리저항성

그림 10.은 ASTM C 672에 규정하고 있는 제빙염(Cacl)에 노출된 콘크리트 표면의 동결융해에 의한 표면박리저항성 실험을 수행한 결과를 나타낸 것이다. 2개의 시편에 대해 실험을 수행한 후 이를 평균 내어 결과 값으로 사용하였다. 그 결과 박리된 표면을 시각 등급으로 평가했을 때 50사이클의 표면이 0사이클의 표면과 거의 다르지 않은 '0 등급'의 결과를 나타냈으며, 50사이클이 지난 후에도 단위면적당 누적 표면박리량이 0.0792kg/m<sup>2</sup>라는 낮은 값으로 나타나 표면박리에 대한 저항성이 매우 우수한 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 동결융해저항성에서 언급했듯이 결합재로 사용되어진 실리카흙과 폴리머에 의한 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 콘크리트 포장의 줄눈부 보수를 위해 초속경 건식 슛크리트 공법을 제안하고, 이들의 적용성을 검증과 개발재료의 내구성 평가를 하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 현장적용성 평가 결과 건식 슛크리트 공법의 간편성과 적용가능성을 확인하였고, 슛크리트 공법상 부착성능이 우수한 재료 및 공법임을 확인하였다.
- 2) 내구성평가 결과 투수 저항성은 'Very low' 값을 나타내었고, 내약품성은 모두 ±2%의 낮은 중량변화율을 보였으며, 동결-융해 저항성은 300사이클이 지난 후에 상대동탄성계수가 97.2%의 높은 값을 나타내었고, 표면박리 저항성 또한 시각등급이 '0 등급' 그리고 50사이클이 지난 후의 단위면적당 누적 표면박리량이 0.0792 kg/m<sup>2</sup>라는 매우 낮은 값으로 나타나 내구특성이 우수한 것으로 입증되었다.

## 참고 문헌

1. 건설교통부 한국건설기술연구원, 2001, "습식 슛크리트 공법 고성능화 연구"
2. 마상준, 김동민, 2006, "고품질 혼화제와 급결제를 적용한 고강도 슛크리트의 현장실험연구", 대한토목학회 논문집, Vol. 26, No.2C, pp121~131
3. 정현식, 2002, "스�크리트의 구성과 품질관리", 한국터널공학회 학술발표, pp.37~52
4. 한국콘크리트학회, 2001, "최신콘크리트공학", 기문당, pp.350~362