

# 폐콘크리트분말 혼합 흙도로 포장용 모르타르의 압축강도 특성

## Properties of Compressive Strength of Mortar Mixed with WCP for Soil Pavement

문한영 \*      최연왕 \*\*      송용규 \*\*\*      문대중\*\*\*\*      신화철\*\*\*\*\*      정철희\*\*\*\*\*  
Moon, Han Young   Choi, Yun Wang   Song, Yong Kyu   Moon, Dae Joong   Shin, Hwa Cheol   Jung, Chul Hee

### ABSTRACT

Recently, for industrial development period, concrete structures in domestics have been increased. They were deteriorated by attack of carbonation, freeze-thaw and corrosion etc. In hence they were demolished and reconstructed, resulted in waste concrete particles. In this paper, waste concrete particles (WCP) by product from different crushing and selecting process were used in soil cement-based pavement in the various recycling. For using WCP in soil cement-based pavement, the qualities, physical and chemical properties, of WCP should be researched. In the first step, the specified compressive strength of mortar for two types of clay sand soil and clay soil respectively was experimented to be 15 Mpa and then optimum mixing ratio of chemical solidification agent were decided in the range of 1.5 ~ 3.0 % in the replacement with cement weight content. In the second step, based on the prior experimental results, recycling possibility of WCP in soil cement-based pavement was studied. In the result of experiment the mixing ratio of WCP were 5, 10, 15 and 20 % in the replacement with soil weight and the compressive strength of mortar was somewhat decreased according to the increase of the mixing ratio of WCP.

### 1. 서 론

지금까지 국내의 도로포장은 대부분이 표층에 불투수층인 아스팔트 및 시멘트 콘크리트를 사용한 포장으로 노상과 표층이 차단됨에 따라 노상의 흙은 점진적으로 산성화가 진행되어 영양물질이 부족하여 미생물이 서식하지 못하게 될 뿐만 아니라 토양의 건조화가 진행되어 여러 가지 환경문제가 발생하고 있는 실정이다. 따라서 표층재료를 자연상태의 흙을 사용한 흙포장 도로는 기존의 아스팔트 및 시멘트 콘크리트 포장과는 다르게 흙, 무기질계 특수혼화재료, 골재, 혼합수를 최적배합으로 하여 중저강도 구조물이다. 또한, 공법개선을 통하여 포장단면 변화를 조절함으로써 경제적으로 시공이 가능하며, 자연상태의 흙을 주원료로함으로써 친환경적이며, 주변환경과 조화를 이룰 수 있는 포장이라 할 수 있다. 본 연구에서는 흙도로 포장의 기본이 되는 사질토에 적용 가능한 최적배합을 설계한 후 적절한 고로슬래그미분말의 시멘트에 대한 대체율 및 폐콘크리트 분말의 흙 대체율에 대하여 실험 및 분석 고찰하고자 한다.

\* 정희원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*\* 정희원, 세명대학교 건설공학부 토목공학과 교수

\*\*\* 정희원, 한양대학교 산업과학연구소 선임연구원

\*\*\*\* 정희원, 동양 ENC 기술연구소 연구원

\*\*\*\*\* 정희원, 대신구조엔지니어링 기술부 연구소장

\*\*\*\*\* 정희원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 석사과정

## 2. 실험개요

### 2.1 사용재료

- (1) 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함), 고로슬래그미분말(이하 BFS로 약함) 및 페콘크리트분말(WCP)의 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.
- (2) 흙은 최대건조밀도( $\gamma_{dmax}$ ) 및 최적함수비(OMC)가 각각  $2.014 \text{ g/cm}^3$ , 9.41%인 사질토를  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  건조로에 24시간 건조시켜 토립자내의 수분을 완전히 제거한 후 사용하였다.
- (3) 고화제 : 고화제는 석고 및 아원 성분으로 구성된 Road Compound(RC)와 탄산소다 및 알미늄설페이트로 제조된 New Road Compound(NRC)를 사용하였다.

표 1 시멘트, 고로슬래그미분말 및 페콘크리트분말의 화학성분 및 물리적 성질

항 목 종 류	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Ig. loss (%)	Specific gravity	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)
OPC	21.95	6.59	2.81	60.10	3.32	2.11	2.58	3.15	3,112
BFS	34.34	15.76	0.09	42.19	6.81	0.16	-	2.90	4,380
WCP	7.09	2.26	1.32	24.63	1.16	1.09	17.43	2.48	948

### 2.2 실험방법

- (1) 페이스트의 X선 회절분석 : OPC에 RC 및 NRC를 혼합한 페이스트를 분쇄하여 150 $\mu\text{m}$  체에 통과시켜 채취한 시료에 대하여 RINT D/max 2500 (Rigaku)으로써 X선회절분석을 실시하였으며, 측정조건 CuK $\alpha$ (Ni filter): 30kV, 20mA, Scanning speed: 2 $^\circ$ /min, Full scale 7000cps, 2 $\theta$ : 5 $^\circ$  ~ 40 $^\circ$ 로 정하였다. 시멘트페이스트의 수화생성물을 관찰하기 위하여 10000 배로 확대하여 SEM 촬영하였다.
- (2) 압축강도 측정용 공시체 : KS L 5105에 의하여 시멘트, 사질토, 혼합수 및 RC 또는 NRC를 혼합하였으며, 50 $\times$ 50 $\times$ 50mm인 입방체 몰드를 사용하여 강제 다짐봉에 의해 다짐의 횟수를 균일하게 한 후 2층 다짐을 실시하여 공시체를 제작하였다.
- (3) 압축강도 : KS F 2514에 의하여 모르타르의 압축강도를 측정하였다.

## 3. 실험결과에 대한 고찰

### 3.1 페이스트의 XRD 및 SEM 분석

OPC, OPC에 RC 및 NRC를 각각 혼합한 페이스트를 분쇄하여 150 $\mu\text{m}$  체에 통과시켜 채취한 시료에 대하여 재령별로 XRD 분석을 실시한 결과가 그림 1과 같다. 이 그림에서 재령 및 종류에 관계없이 에트링가이트(E), 포틀랜드아이트(P), 및 칼사이트(C) 등이 관찰되고 있음을 알 수 있다. 특히, OPC+RC를 혼합한 페이스트의 경우 에트링가이트(E)가 다른 시료와 비교하여 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그 이유는 RC에 들어 있는 팽창제 성분이 초기에 물과 반응하여 많은 양의 에트링가이트를 생성하였기 때문이며, 침상구조의 에트링가이트가 흙 내부의 큰 공극을 채워줌으로써 충분한 강도를 발현하는 것으로 생각된다. 또한, 경제성을 고려하여 RC의 대체 고화제로 사용하고자 하는 NRC를 혼합한 OPC+NRC의 경우 강도를 발현시킬 수 있는 에트링가이트 및 포틀랜드아이트를 생성하는 것을 알 수 있었다. 그림 2는 각 재령별로 OPC, OPC에 RC 및 NRC를 각각 혼합한 페이스트의 SEM사진을 나타낸 것이다. 고화제를 혼합하지 않은 시멘트페이스트의 경우 재령 3일에서는 에트링가이트가 선명하게 나타나고 있지만, 재령 7일에서는 수산화칼슘이 성장하여 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. OPC+RC의 경우 재령에 관계없이 침상구조인 에트링가이트가 대부분을 차지하고 있으며,

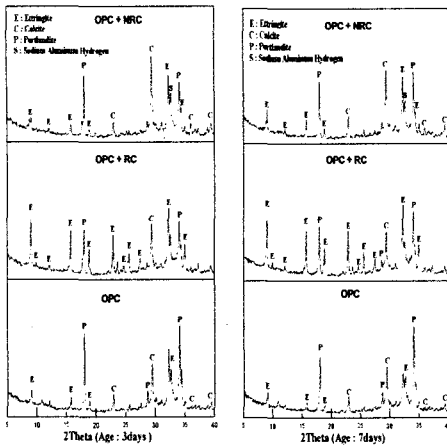


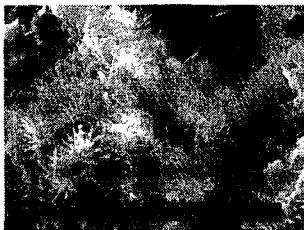
그림1. 시멘트페이스트의 XRD

OPC+NRC의 경우 EDS 분석을 통하여 보다 확실하게 판명이 되겠지만, 재령 3일에서 판상의 NAH(Sodium-Aluminate-Hydrogen)로 추정되는 물질이 형성됨을 알 수 있다.

### 3. 2 최적 함수비의 결정

모르타르의 목표 압축강도 15MPa을 얻기 위하여 OPC+RC/Soil을 10, 15, 20 및 25% 4단계로 혼합률을 달리하였으며, 사질토의 최대건조밀도를 갖는 최적함수비 전후로 10, 15, 20 및 25% 4단계로 각각 변화시켜 모르타르의 압축강도를 측정 한 결과, OPC+RC/Soil가 10 및 15%의 경우 함수비 15%에서 목표 압축강도에 근접하는 결과를 얻을 수 있었다.

### 3.3 NRC의 최적 혼합률



(a) OPC(재령 3일)



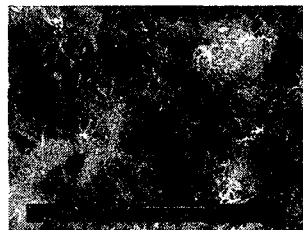
(b) OPC+RC(재령 3일)



(c) OPC+NRC(재령 3일)



(a) OPC(재령 7일)



(b) OPC+RC(재령 7일)



(c) OPC+NRC(재령 7일)

그림 2 SEM 사진

함수비를 15%로 고정한 후 OPC+NRC/Soil 10 및 15% 각각에 대하여 NRC/OPC+NRC를 0, 1.5, 3.0, 4.5 및 6.0% 5단계로 혼합하여 모르타르의 압축강도를 재령 3, 7 및 28일에 대하여 측정하였다. 재령 및 NRC 혼합률에 관계없이 OPC+NRC/Soil이 10 및 15% 양쪽 모두에 대하여 목표 압축강도 15MPa를 상회하는 결과를 얻었다. 그러나 NRC의 혼합률이 증가함에 따라 재료의 비용이 증가하기 때문에 적당한 강도 및 경제성을 고려해 볼 때 NRC/OPC+NRC가 1.5 및 3.0%를 혼합하였을 때라고 판단하였다.

### 3.4 WCP의 혼합률

고로슬래그미분말을 0, 15, 30 및 45% 혼합하여 실험한 결과를 고려하여 고로슬래그미분말을 30%

로 고정된 후 페콘크리트분말을 흙 대체 0~15% 까지 5%씩 증가하여 실험한 결과를 나타낸 것이 그림 5이다. 이 그림에서 페콘크리트분말의 혼합률에 관계없이 NRC의 혼합률 0 및 1.5%에 대하여 목표 강도 15MPa를 상회하는 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 페콘크리트분말의 최대 혼합률을 15%까지 혼합하여 사용하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

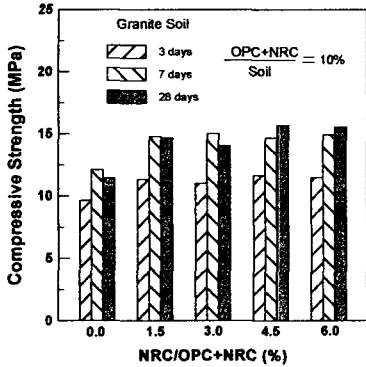


그림 3 NRC 혼합률에 따른 압축강도 특성 (OPC+NRC/Soil = 10%)

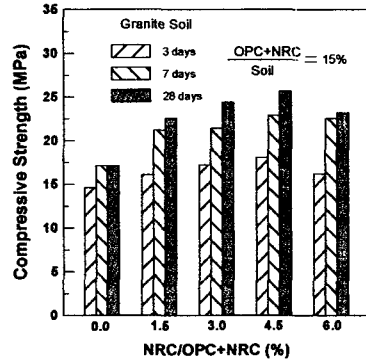


그림 4. NRC 혼합률에 따른 압축강도 특성 (OPC+NRC/Soil = 15%)

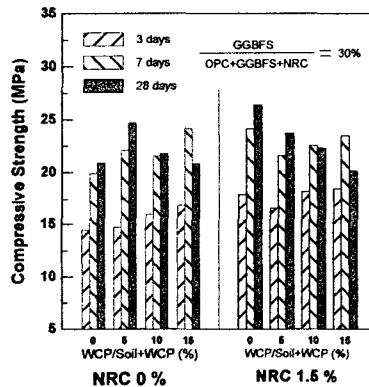


그림 5. WCP 혼합률에 따른 압축강도 특성

#### 4. 결론

- 1) 사질토의 최적함수비(OMC) 전후로 함수비(MC)를 변화시켜 실험한 결과 최적함수비를 약간 상회하는 15%에서 가장 좋은 압축강도가 나타남을 확인할 수 있었으며, 본 연구에서 흙포장도로에 사용된 고화제인 Road Compound(RC) 대체 재료로서 New Road Compound(NRC)가 충분히 가능성을 확인하였다.
- 2) 경제성을 고려하여 시멘트에 고로슬래그미분말을 0, 15, 30 및 45% 4단계로 대체하여 실험한 결과 최적의 혼합률이 30%로 나타났으며, 페콘크리트분말의 경우 흙에 대하여 최대 15%까지 혼합하여 사용하여도 목표강도를 확보할 수 있었다.

#### 참고문헌

- 1) 천병식, 김진춘, “통계적 실험계획법을 이용한 포졸란시멘트계 고강도 고화토의 배합설계에 관한 연구”, 한국지반공학회 논문집, 제 16권, 제 1호, 2000