

# 폐도자기분말을 시멘트 혼합재로 사용한 PHC파일의 품질 특성

## The quality properties of PHC pile using waste pottery powder as cement admixture

이 화 영\*      전 성 환\*\*      문 경 주\*\*\*      소 승 영\*\*\*\*      소 양 섭\*\*\*\*  
Lee, Hwa Young    Jeon, Sung Hwan    Mun, Kyoung Ju    So, Seung Young    Soh, Yang Seob

---

### ABSTRACT

Nowadays, large amount of waste pottery annually are produced. It is needed that waste pottery is to are used as recycle materials in order to prevent environmental pollution and economic profits. Therefore, the purpose of this study is to present the method of utilizing the cement admixture that is obtained from waste pottery as the cement admixture. The test results that the replacement of waste pottery powder by cement admixture at the level 5%, 7% had effect on the compressive strength of the PHC pile. As a conclusion, improved strength recycled(waste pottery powder) PHC pile can be produced of cement admixture.

### 요 약

현재 국내에서 많은 양의 도자기 폐기물이 발생하고 있으며, 이들 폐기물은 경제적 이득과 환경보전의 차원에서 재활용하는 방안이 모색되어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 도자기 폐기물을 시멘트 혼합재로 이용하여 폐도자기의 재활용성을 검증하고자 하였다. 실험 결과 시멘트 혼합재로 사용된 폐도자기분말이 5%, 7%까지 PHC파일의 압축강도에 영향을 주었으며, 폐도자기분말을 시멘트 혼합재로 사용하여 PHC파일의 강도를 개선시킬 수 있었다.

---

\* 정회원, 전북대학교 건축 · 도시공학부 박사과정  
\*\* 정회원, (주)대원 바텍 상무이사  
\*\*\* 정회원, (주)한일 부설연구소 소장, 공학박사  
\*\*\*\* 정회원, 건축 · 도시공학부 교수, 공업기술연구센터, 공학박사

## 1. 서 론

본 연구는 폐도자기 분말을 시멘트 혼합재로 활용하고자 혼합재의 물성평가를 위한 시멘트 모르타르 시험과 콘크리트 배합실험을 실시하였다. 이러한 기초실험을 바탕으로 최적 배합을 도출하여 원심력 축소 시험체 제작과 함께 실제 생산을 통한 현장 적용성을 평가하고자 하였다. 평가항목은 폐도자기분말의 치환율을 달리하여 제작한 공시체의 성형성과 재령별 압축강도를 KS F 4306 “프리텐션 방식 원심력 고강도 콘크리트 말뚝”에 규정된 강도를 기준으로 평가하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1 사용재료

보통포틀랜드(Ordinary Portland Cement, 이하 OPC)는 국내 S사를 사용하였으며, 시멘트 혼합재로 사용한 폐도자기 분말(Waste Pottery, 이하 WP)은 충남홍성에 위치한 S사 제품을 수급하여 2종류로 분쇄하여 입자크기를 달리하여 사용하였다. 조기강도발현을 위한 자극제로 사용한 천연무수 석고(CaSO<sub>4</sub>, 이하 PG)는 중국산을 사용하였고, 유동성 증진을 위해 사용된 고성능 감수제는 나프탈렌계로 국내에서 시판되는 고성능 나프탈렌계 유동화제를 사용하였다. 잔골재는 낭산에서 채취한 부순 모래와 해사를 혼합 사용하였으며, 굵은 골재로는 낭산에서 채취한 25mm부순 골재를 사용하였다. 사용재료의 화학조성 및 물리적 성질은 표 1과 표 2와 같다.

표 1 사용재료의 화학적 조성

항목	사용재료의 화학조성(%)											
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	BaO	Na <sub>2</sub> O
WP	65.24	19.10	0.08	2.85	5.66	0.16	2.99	0.44	0.47	0.06	0.08	1.04
PG	2.87	0.11	-	0.05	40.9	48.0	-	2.87	-	-	-	-

표 2 고성능 감수제의 물리적 성질

	비중	pH	고형분(%)	감수율(%)	사용량(C×%)	색상
고성능감수제	1.21	8.3	38.8	20~30	0.5~1.5	암갈색

### 2.2 실험방법

배합은 표 3과 같으며, WP의 혼입율(5~7%)와 입경(7.85 $\mu$ m와 13.27 $\mu$ m)으로 구분하여 WP의 특성을 알아보았다. 시험체는 그림 1과 같은 제조순서로 축소시험체를 만들었고, 원심력으로 다져진 콘크리트의 압축강도 시험은 KS F 2454(원심력으로 다져진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 의하여 실시하였다. 성형이 끝난 공시체는 그림 5와 같이 증기양생을 실시하며 탈형은 성형 후 24시간 후에 실시하였다. 탈형이 끝난 공시체는 육안 검사와 함께 압축강도 시험을 재령별로 실시하여 합격 여부를 판별하였다.



① 계량



② 혼합믹싱



③ 투입



④ 원심성형



⑤ 증기양생



⑥ 강도 시험

그림 1 시험체 제조 순서

표 3 배합표

WP 혼입율	W/B	굵은골재 최대치수 (mm)	S/a	단위 재료양(kg/m <sup>3</sup> )							
				W	결합재			S1	S2	G	AD
					OPC	WP	PG				
0%	26.1	25	33.1	150	513	0	57	483	97	1170	5.0
5%					484.5	28.5					
7%					473	40					

표 4 PHC 파일 품질규정

압축강도(7일)		80N/mm <sup>2</sup> 이상
전단강도		148.1kN이상
휨강도	균열휨모멘트	53.9 kN·m이상
	파괴휨모멘트	81.4 kN·m이상
축력	균열휨모멘트	182.4 kN·m이상
	파괴휨모멘트	258.9 kN·m이상

\* 기준 : PHC-A-400-08

\* 응용규준 : KS F 4306 “프리텐션 방식 원심력 고강도 콘크리트 말뚝”

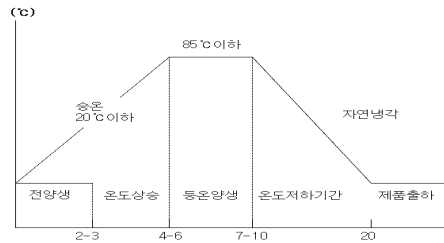


그림 3 증기양생 온도구배

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 WP 혼입율 및 입경에 따른 압축강도

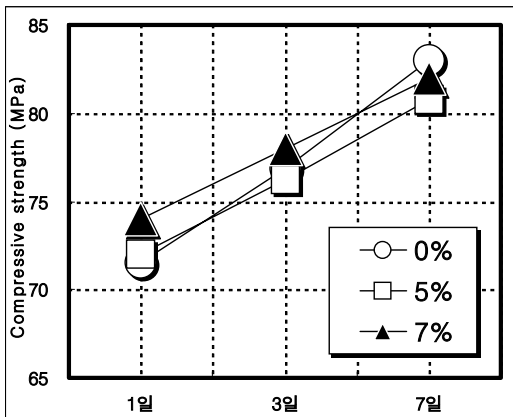


그림 4 WP의 평균입경 7.85µm 적용

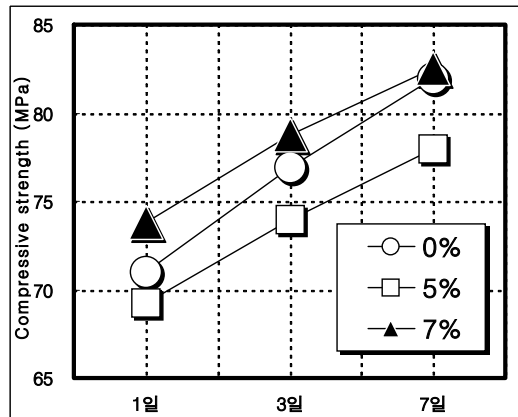


그림 5 WP의 평균입경 13.27µm 적용

그림 4는 평균입경 7.85µm의 폐도자기분말을 이용한 재령별 축소 시험체의 압축강도를 나타내고 있다. 초기 재령 1일강도가 폐도자기 분말을 7%혼입한 시험체의 압축강도가 74MPa로 가장 높은 초기 강도를 나타내고, 7일 강도는 81.8MPa로 KS기준치는 상회하였으나 강도증진에서 7.8MPa로 11.5MPa의 증진을 보인 기존 OPC만의 콘크리트에 비하여 낮은 수치를 나타내었다. 그림 5는 평균입경 13.27µm의 폐도자기분말을 이용한 재령별 축소 시험체의 압축강도를 나타내고 있다. 초기 재령 1일강도가 폐도자기 분말을 7%혼입한 시험체의 압축강도가 73.8MPa로 가장 높은 초기강도를 나타내었고, 7일

강도에서도 82.5MPa로 KS기준치를 상회하는 높은 강도를 나타내어 평균입경 13.27 $\mu$ m 폐자기 분말의 사용 시 7%의 치환이 가장 적합한 치환율을 확인하였다. 강도 증진 면에서는 기존의 OPC사용이 재령7일 동안 11MPa의 강도 증진으로 가장 높았다.

### 3.2 현장 적용성

표 6은 PHC 파일의 품질시험에 따른 결과치를 나타내며 현장 적용에 의해 생산된 파일을 한국건설자재시험연구원의 규정에 따라 시험을 실시하였으며, 규정치 이상의 우수한 성능을 발휘하고 있다. 그림 7은 현장 적용 시험에 따른 파일의 내부 모습을 나타낸다. 현장 적용성 검토를 위한 축소 시험체와 마찬가지로 균일한 내공을 보이고 있다. 일반적으로 콘크리트 파일의 부적합한 형상은 곰보현상, 반달모양의 슬러지, 물결모양의 슬러지가 있으나 본 연구결과에서는 모두 양호한 형상을 나타내고 있다.

표 6 PHC 파일 품질 규정

		기준	결과
압축강도(7일)		80N/mm <sup>2</sup> 이상	85.7N/mm <sup>2</sup>
전단강도		148.1kN이상	177.6kN
휨강도	균열휨모멘트	53.9 kN·m이상	63.3kN·m
	파괴휨모멘트	81.4 kN·m이상	93.1kN·m
축력 휨강도	균열휨모멘트	182.4 kN·m이상	188.1kN·m
	파괴휨모멘트	258.9 kN·m이상	285.8kN·m

2008. 1.28. 한국건설자재시험연구원



그림 7 파일 내공

## 4. 결 론

PHC파일의 시멘트 혼합재로써 폐도자기분말을 사용하였을 경우 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 폐도자기분말의 시멘트 혼합재 사용 시 강도 증진이 다소 떨어지나, OPC보다 높은 강도를 보였고, PHC 파일 품질 규정을 만족 하였고, PHC 파일에 적용 가능성을 확인할 수 있었다.
- 2) 폐도자기분말의 시멘트 혼합재로써 PHC 파일에 사용되었을 경우, PHC 제조원가 절감과 자원 재활용적인 측면에서 효과적으로 사용될 수 있다.

### 감사의 글

본 연구는 2007년 군산단지혁신클러스터 추진단의 현장맞춤형 기술개발사업으로 수행된 연구결과임.

### 참고문헌

1. 강성구, “폐도자기를 골재로 이용한 콘크리트의 특성”, 한국세라믹학회, vol. 42, 2005
2. 이제일, “백자 파도자기를 활용한 도자기 소지 개발”, 한국세라믹학회, vol. 43, 2006
3. 오유근, “도자기 산업에서 무기계 폐기물의 재활용”, 세라미스트, 제5권 5호, 2002