

# 재생 미분말을 적용한 고강도 광택 콘크리트 마감재의 공학적 특성에 관한 연구

## The Study on the Engineering Properties of High-Strength Glossy Concrete Tiles Using Waste Concrete Powders

최 선 미\*      정 지 용\*      정 은 혜\*      김 진 만\*\*  
Choi, Sun Mi      Jung, Ji Yong      Jung, Eun Hye      Kim, Jin Man

### ABSTRACT

This Study is concerned workability and the physical properties for practical use of waste concrete powder originated from the manufacturing progress of waste concrete aggregate and it apply to concrete tile. Also because it is important that concrete tile has to ensure the surface moisture stability, for solving the problems applied curing method is air-dried and autoclave curing.

As the result, the physical properties, such as fluent properties, compressive strength, surface hardness and surface glossiness, were decreased with increase of replacement ratio of waste concrete powder, also surface stability was weakened about moisture. But by autoclave curing, it is possible that compressive strength and surface hardness increased, and surface moisture stability is ensured.

### 1. 서론

최근 국내에서는 국회 환경포럼에서 '재생골재 활용 활성화 특별 위원회'를 구성하고, 건설현장에서 건설 폐기물을 재활용한 재생골재의 사용을 의무화하는 특별법이 제정되어 재생골재의 의무적 재활용이 규정되기에 이르렀고 이에 따라 고품질 재생골재의 제조 필요성에 대한 인식이 점차 높아지고 있다.

재생 골재의 제조공정에서 재생골재의 회수량은 가공전의 재생 골재량에 비해 40~50%에 미치지 못하고 150 $\mu$ m미만의 미립분도 전체량의 20~30%의 높은 비율을 차지하고 있다. 또한 양질의 골재를 얻기 위해서는 파쇄 공정이 길어지고 그에 따라 미립분의 양도 증가되어질 수밖에 없다. 그러나 재생 미분말에 대한 연구는 국내외에서 거의 진행되지 못하고 있는 실정이다.

재생미분말은 시멘트 대체재 등의 혼화재로 사용이 가능하고 폐콘크리트의 진정한 리사이클링을 위하여 향후 미분말을 효율적으로 재활용할 수 있는 방안과 문제점 해결을 위한 연구가 더욱 요구된다.

따라서 본 연구에서는 재생미분말의 적용 분야를 건축용 마감재에 한정하여 실시하여 재생미분말을 시멘트 대체재로서의 실용화를 위하여 시공성 및 공학적 특성에 미치는 영향을 조사하였고 또한 콘크리트 마감재의 취약점인 표면 수분안정성에 재생미분말의 사용이 미치는 영향을 검토함으로써 앞으로 건설 폐기물을 재활용하는 과정에 대한 기초적 자료를 제공하고자 한다.

### 2. 실험 계획 및 방법

#### 2.1 실험계획

본 연구의 실험 계획은 Table 1과 같다.

\* 정회원, 공주대학교 대학원 건축공학과 석사과정

\*\* 정회원, 공주대학교 건축공학과 교수·공학박사

Table 1. Experiment plan

Experiment		Factor		Test items
I	Replacement of waste concrete powder	Replacement ratio (%)	0%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flow</li> <li>• Compressive strength</li> <li>• Surface hardness</li> <li>• Surface glossiness</li> </ul>
			10%	
			20%	
			30%	
II	Curing condition	Air dried(room Temp. 23℃)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surface roughness</li> <li>• Moisture stability</li> </ul>
		Air dried + autoclave (180℃, 3h)		

2.2 사용재료

실험에 사용된 재료들의 물리적 특성은 Table 2와 같다.

Table 2. Physical properties of used materials

Type	Physical properties
White Cement	Fineness : 3,500 <sup>cm²</sup> /g, specific gravity : 3.05, setting time(h:m) : early - 3:05 , final - 8:00
Waste concrete powder	Specific gravity : 2.64, under 75 <sup>μm</sup> sieve
Superplasticizer	Polycarbonate acid - specific gravity : 1.1~1.2, PH : 4.0~7.5
Fine aggregate	Specific gravity : 2.56, FM : 3.0, weight of unit volume : 1,144kg/m³

2.3 시험체 제작방법 및 측정 방법

재생미분말 대체율에 따른 유동성은 모르타르의 목표 플로우가 20±1cm가 되도록 폴리카르본산계 고성능 감수제를 사용하여 조절하였다. 또한 고강도 발현을 위하여 시멘트:모래비를 용적으로 1:1.25로, 물시멘트비는 23%로 하였다. 압축강도용 시험체는 KS L 5105에 준하여 50×50×50mm 큐빅몰드를 사용하여 제작하였고, 표면특성 측정용 시험체는 지름 84mm 높이 1cm의 플라스틱계의 원형 몰드를 사용하여 3분의 진동 성형 후 상온에서 양생하였다. 각 특성치는 Table 3에 나타낸 규격에 준하여 측정하였다.

Table 3. Type and method of experiment measurements

• flow and compressive strength	KS L 5105 Testing method for compressive strength of hydraulic cement mortars
• Surface glossiness	KS A 0069 Method of measurement for specular glossiness
• Surface hardness	KS B 0811 Metallic materials - Vickers hardness test - Part1 : Test method
• Surface roughness	KS B 0161 Surface roughness - Definitions and designation
• Moisture stability	Observation of efflorescence on the surface by SEM and eyeshot

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 재생미분말 대체율에 따른 모르타르의 물리적 특성

3.1.1 플로우

Fig. 1은 동일한 물시멘트비 23%에서 재생미분말의 대체율에 따른 목표 플로우를 얻기 위해 요구되는 고성능감수제의 사용량과 동일한 고성능감수제량 1%를 사용한 경우의 플로우 값을 나타낸 것이다. 시멘트에 대한 재생미분말의 대체율이 10%씩 증가할수록 동일한 플로우를 얻기 위해서는 약 0.5%의 고성능감수제량이 더 많이 요구되며, 플로우 값도 재생미분말의 대체율이 증가할수록 더 적어지는 것으로 나타났다.

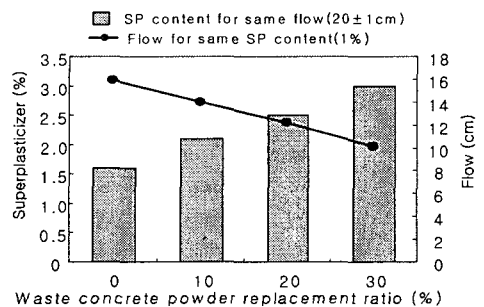


Fig.1 Flow and superplasticizer content according to replacement

### 3.1.2 압축강도 및 표면경도

Fig. 2는 재생미분말 대체율에 따른 압축강도 및 표면경도를 나타낸 것으로, 재생 미분말 대체율이 30%까지 증가할 경우 압축강도는 시멘트 100%의 경우보다 10MPa 이상의 강도 차이를 보였다.

또한 재생미분말의 대체량이 늘어날수록 경도값도 압축강도값과 유사한 경향으로 저하하였다.

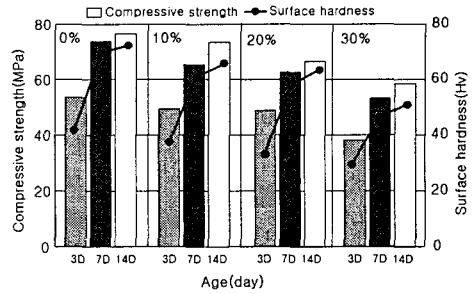


Fig. 2 compressive strength and surface hardness according to replacement

### 3.1.3 광택도 및 표면 거칠기

Fig. 3은 재생미분말 대체율에 따른 광택도 및 표면거칠기를 나타낸 것이다. 광택도는 재생미분말 대체량이 증가할수록 약 20%까지도 감소하였다. 표면거칠기도 재령이 지나면서 산술평균조도값이 증가하여 표면이 거칠어지는 것으로 나타났다.

## 3.2 양생방법의 변화에 따른 모르타르의 물리적 특성

실험 I에서는 재생미분말을 시멘트에 대체하여 재생미분말이 콘크리트 마감재의 특성에 미치는 영향을 검토하였다. 하지만 재생미분말을 콘크리트 마감재에 적용하기 위해서 수분에 대한 안정성을 확보하는 것은 필수적이다. 그래서 실험 II에서는 양생방법을 달리하여 autoclave 양생으로 수열 합성 반응을 통하여 미수화물에 의한 백화발생을 예방하고자 autoclave 양생과 기건양생 2가지 양생방법으로 실험을 실시하였다. Autoclave 양생은 재령일까지 기건양생 한 후에 실시하였다. 재생미분말은 시멘트 중량의 10%를 대체하여 사용하였다.

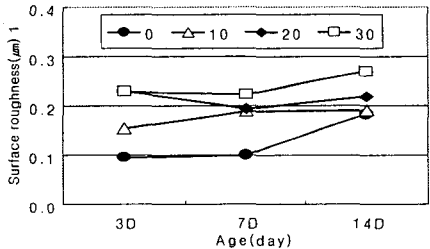
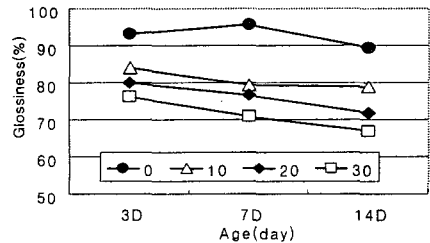


Fig. 3 Surface glossiness and surface roughness according to replacement

### 3.2.1 압축강도 및 표면 경도

Fig. 5는 재생미분말을 사용한 모르타르의 양생방법에 따른 압축강도 및 경도값을 나타낸 것이다. Autoclave 양생 후의 시험체는 기건양생 후의 시험체에 비하여 초기 재령시 10MPa 이상의 압축강도가 증가하였고, 장기 재령으로 갈수록 autoclave 양생과 기건양생과의 압축 강도 차이는 좁아지는 것으로 나타났다. 또한 경도의 변화에서도 압축강도와 유사한 경향으로서 autoclave 양생을 한 결과가 더 높은 경도 값을 나타내었다.

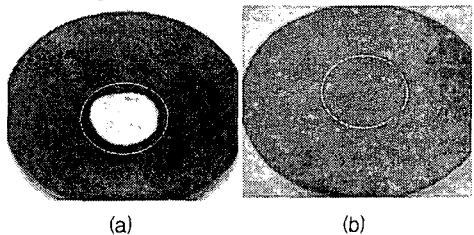


Fig. 4 Dropped water after air dried curing and autoclave curing

### 3.2.2 광택도 및 표면 거칠기

Fig. 6은 양생방법에 따른 광택도 및 표면거칠기의 변화를 나타낸 것이다. 기건양생 후의 광택도를 보면 90%이상의 높은 고광택을 가지고 있는 것으로 나타났지만 autoclave 양생을 실시한 결과 광택도가 급격히 떨어지는 것으로 나타났다. 표면 거칠기는 기건양생 후의 표면은 매우 평활하여 낮은 조도값을 나타내지만 autoclave 양생 후를 보면 표면이 거칠어진 것을 알 수 있었다.

### 3.2.3 수분안정성

콘크리트 마감재 표면에 물을 떨어 뜨린 후 24시간이 지나 관찰해 본 결과 Fig. 4에 (a)와 같이 표면에 백화가 발생하였다. 재생미분말을 대체한 시험체의 경우에도 대체율에 상관없이 모두 동일하게 백화가 발생하여 외관을 손상시키는 것을 볼 수 있었다.

그러나 재생미분말을 적용한 시료를 기건양생 후 autoclave 양생하여 물을 떨어뜨린 결과 Fig 4에 (b)와 같이 백화는 나타나지 않았다.

### 4. 결론

페콘크리트를 파쇄할 때 발생하는 재생미분말을 시멘트 대체재로 적용하여 고강도 광택 콘크리트 마감재를 개발하기 위한 공학적 특성을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 재생미분말은 흡수율이 높아 시멘트 대체재로 사용 시 모르타르의 유동성을 저하시키는 것으로 나타났다. 재생미분말 대체량이 시멘트 질량의 10%씩 증가할 때 마다 대략 0.5%의 SP제가 추가적으로 요구되는 것을 볼 수 있다.
- (2) 재생미분말 대체율이 증가할수록 압축강도는 감소하였고 대체율이 30%까지 증가하였을 경우 재령 14일의 경우 10MPa 이상 감소하였다. 표면 경도 또한 재생미분말이 증가할수록 측정값이 떨어지는 강도와 유사한 경향을 보였다.
- (3) 광택도는 재생미분말 대체율이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났으며, 표면 거칠기 또한 재생미분말이 증가할수록 표면이 더욱 거칠어 지는 것으로 나타났다.
- (4) 수분안정성은 autoclave 양생에 의하여 확보 될 수 있고, 또한 autoclave 양생으로 강도 및 내구성 증진이 가능하므로 재생미분말을 시멘트 대체재등의 새로운 혼화재로 사용하는 것은 충분한 가능성이 있음을 알 수 있다.

### [감사의 글]

본 연구는 공주대학교 자원 재활용 신소재 연구센터(RRC/NMR)가 연구비를 지원하여 수행한 연구 결과의 일부로 관계기관에 감사의 말씀을 올립니다.

### 참고문헌

1. 阿部道彦, 既存コンクリートの再利用技術, 建築雑誌 Vol.113, No.1420, 1998. 3
2. T.C.Hansen. Recycling of demolished concrete and masonry, p.228~229.
3. Y.Kasai, Reuse of demolition waste, Tokyo, Japan, November 7-11, 1998, p527~536

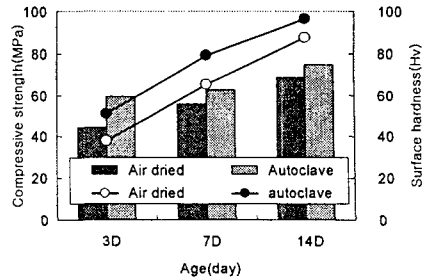


Fig. 5 compressive strength and surface hardness according to curing methods

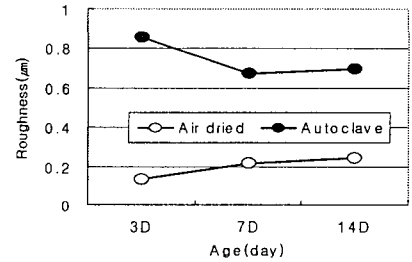
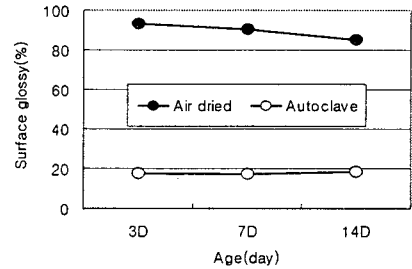


Fig. 6 compressive strength and surface hardness according to curing methods