

석산골재광산에서 발생한 잔토의 콘크리트 유효이용에 대한 연구

Studies of concrete utilization of waste sludge by-produced in aggregate mines

*엄 태 선, **백 상 현, ***백 원 준, ****김 창 수
Um, Tai Sun, Paik Sang Hyun, Paik Won Joon, Kim Chang Soo

ABSTRACT

The waste sludge is by-produced about 20-30% of total production and arised to the severe problems of this mine's surrounding environment. This study was invested the composition of component, particle of size of the waste sludge by Chemical Analysis, X.R.D, Particle Size Analyzer and the physical properties (air content, slump, strength, shrinkage, etc) of concrete when the waste sludge is added into concrete. so, It's recomended the proper content of the waste sludge to be added into concrete. and then, is verified to be applied at batch plant in field. Above the results, the recomeded content of the waste sludge is about 2-4 % (about 4-8 % in cement) in aggregates and when it's added the recomended content, they are detected to be more or less changed the physical properties of concrete, (equally strength and durability, little less air content, little increased shinkage, etc). but the application of the recomended content don't arise the problem of the basic quality control of concrete and physical properties.

1. 서론

국내의 콘크리트용 잔골재의 고갈과 함께, 골재사업의 고수익을 위해 부순모래 생산이 본격화되면서 생산과정에서 다량 발생하는 폐잔토(약 20%~30%)는 지역적인 환경문제를 발생하므로써 석산개발 부순모래 생산의 문제점으로 제기되고 있다. 본 연구는 석산에서 채취된 폐잔토의 화학적·

* 징회원 쌍용중앙연구소 책임연구원, **연구원,

*** 쌍용양회 레미콘팀 차장

**** 쌍용양회 골재사업팀장

물리적 특성을 실험실적으로 검토하고, 현장 레미콘 B/P에 적용하여 장·단기의 콘크리트 물성을 확인하므로써 레미콘의 유효활용 및 그의 적용방안을 검토하였다.

2. 실험방법

2.1 원재료의 특성

석산에서 생산되는 폐잔토(양주, 양산)를 채취하여 성분, 입도 및 비중을 화학분석, X.R.D, particle size analysis 등을 활용하여 조사하였고, 그의 분석결과는 표 1, 그림 2, 3과 같다

2.2 물성 및 적용성실험

석산에서 발생된 폐잔토를 활용할 경우의 물성을 KS L 5105(수경성시멘트 몰탈의 압축강도시험과 KS F 2402, 2405의 콘크리트 슬럼프, 압축강도시험에 의해 실험하였다. 또한, 실험실적으로 검토된 배합보정값은 석산 광산에 인근 레미콘공장에서 직접 생산용으로 적용하여 활용성을 검토하였다..

표 1 석산 폐잔토의 화학성분 및 비중

성분 구분	화학분석(%) : 폐잔토								화학분석(%) : 원석								비중	암질
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig-loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ig-loss		
양주	67.28	15.66	2.50	2.30	0.52	3.82	5.12	2.30	72.5	15.3	1.7	1.7	0.3	3.52	4.35	0.5	2.65	화강암
양산	72.63	13.41	2.68	0.72	0.18	4.34	4.22	1.13	72.0	15.2	2.3	1.3	0.3	3.46	4.08	0.53	2.62	화강암

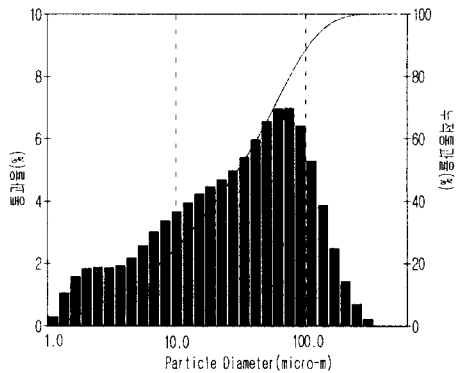


그림 2 양주 폐잔토의 입도분포(평균입경 33.85 μ m)

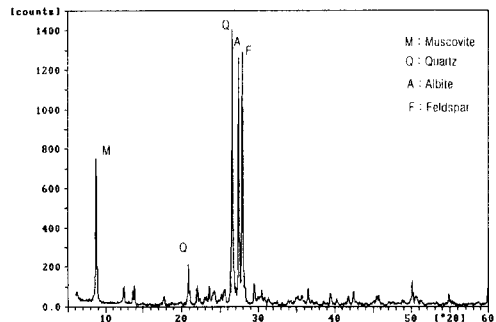


그림 3 폐잔토의 XRD 분석결과

3. 실험결과

3.1 원재료 특성

폐잔토는 원석과 거의 같은 성분량(표 1, 그림 3참조)은 되어 있고 다소 강열감량이 큰 데 이는 표 토의 점토찌꺼기가 일부 혼입된 영향으로 판단되며, 그림 2의 입자의 크기와 분포를 보면 250 μ m이하의 평균 입경 30 - 70 μ m로 콘크리트의 충전재 또는 시멘트와 잔골재의 층별된 입도분포에서의 중간 입도조정 및 충전재로써 활용이 가능한 것으로 판단된다.

3.2 물리특성

3.2.1 모르타르

석산잔토의 입도는 생산광산별로 차이가 있지만 모래에 비해 미분이므로 모래대체 배합으로 치환하면 단위수량이 증가되는 경향이다.(표 2참조), 그러나 동일 작업성으로 시험한 압축강도는 오히려 증가하여 충전재로써의 효과가 확인되었다. 한편, 초기의 건조수축(그림 5참조)은 다소 증가되었다..

3.2.2 콘크리트

콘크리트에 석산잔토의 치환량이 증가할수록 단위수량이 증가하고 연행공기량은 감소하는 경향으로 잔토 1%증가에 대해 단위수량의 약 1.1%의 증가(그림 6참조)와 연행공기량 약 5%가량 감소하며 압축강도의 영향은 거의 없는 것으로 검토되었다. 이때, 표 7의 조건으로 배합조정된 콘크리트 물성은 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프와 공기량은 동등 특성을 확보되었으며, 압축강도는 변화가 없으나, 6% 이상으로 과잉치환은 강도저하가 발생하는 것으로 확인되었다.

3.3 현장적용

표 3의 배합보정조건을 현장 레미콘의 B/P에서 적용한 결과(표 .4, 그림 .9,10,11) 실험실에 비해 연행공기가 예상보다 컸으며 강도와 건조수축은 잔토 4%까지는 동등 결과가 나타났다, 한편, 운반시간에 따른 슬럼프와 연행공기량의 변화를 보면 잔토가 첨가된 배합은 시간경과에 따라 공기연행량이 크게 증가하고 슬럼프의 감소(그림 12참조)는 없었다. 이것은 폐잔토를 사용한 배합은 시간경시에 따라 추가 사용된 공기연행제가 운반중에 되비빔으로 추가적인 공기연행이 발생된 것으로 판단된다.

표 2 잔토치환량에 따른 모르타 시험결과

수준	잔토 치환량 (%)	W (g)	C (g)	W/C (%)	Flow (cm)	압축강도 (kg/cm ²)			수준	잔토 치환량 (%)	W (g)	C (g)	W/C (%)	Flow (cm)	압축강도 (kg/cm ²)		
						3d	7d	28d							3d	7d	28d
Plain	0	260	510	51.0	111.5	204	250	347	Plain	0	260	510	51.0	111.5	204	250	347
양주	2	260	510	51.0	108.0	214	259	359	양산	2	260	510	51.0	112.5	205	260	351
	4	263	510	51.6	110.3	224	277	381		4	260	510	51.0	112.2	208	277	363
	6	265	510	52.0	108.4	229	292	386		6	260	510	51.0	112.7	216	292	369

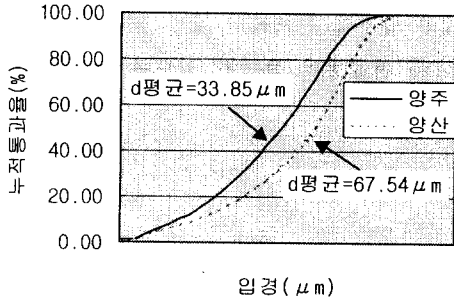


그림 4 잔토시료별 입도특성

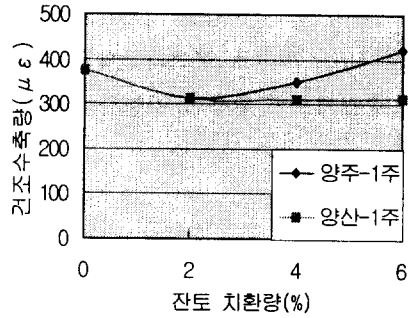


그림 5 초기건조수축량(1주)

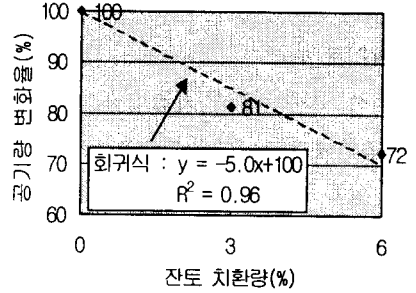
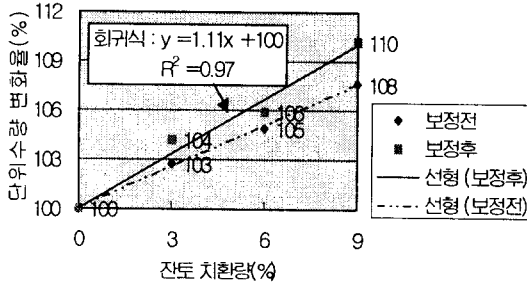


그림 6 잔토량에 따른 단위수량 및 공기량의 변화 특성 분석

표 3 잔토사용, 콘크리트 배합보정 (잔토 1 % 치환, :잔골재 중량비)

항목	잔토사용 특성		보정 방법	
	내용	물성 (0 % 대비)	내용	보정치 (0 % 대비)
굳지않은 콘크리트	슬럼프	슬럼프	단위수량	0.6% 증가
	작업성	감소	잔골재율	1% 감소
	공기량	5% 감소	혼화제	10% 증가

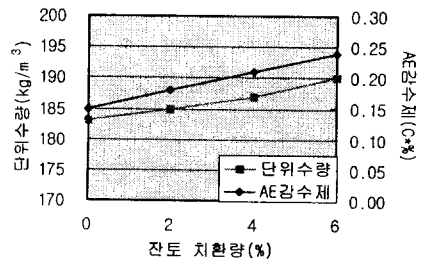


그림 7 단위수량 및 AE감수제의 사용량

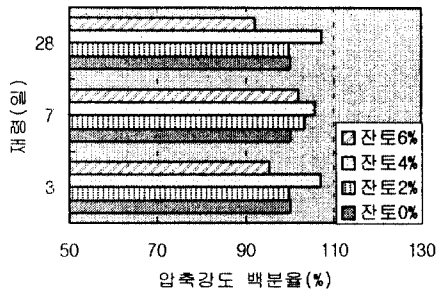


그림 8 잔토치환량에 따른 압축강도

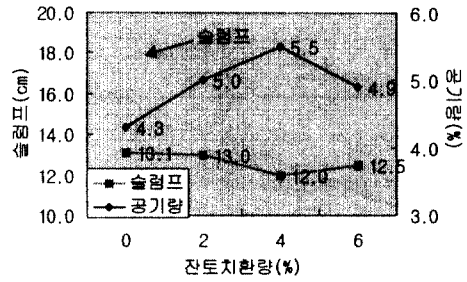


그림 9 잔토치환량에 따른 슬럼프 및 공기량(현장적용)

표 4 현장적용 콘크리트 배합조건(시방배합)

시험 수준	잔토 치환량 (S*%)	S/a (%)	W/C (%)	단 위 재 료 량 (kg/m ³)					AE감수제 (%)	비 고	
				C	W	잔 골 재 (S)					G
						Sand	잔토	총			
1	0	47.1	55.0	344	189	823	0	823	931	0.15	세척사: 쇠사 = 7 : 3
2	2	46.1	55.0	347	191	786	16	802	944	0.18	
3	4	45.1	55.0	353	194	747	31	779	955	0.21	
4	6	44.1	55.0	356	196	712	45	758	968	0.24	

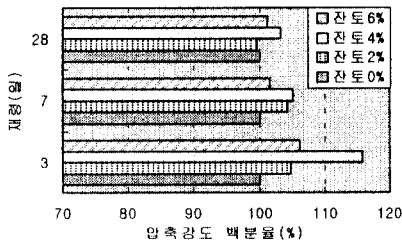


그림 10 잔토치환량에 따른 강도특성

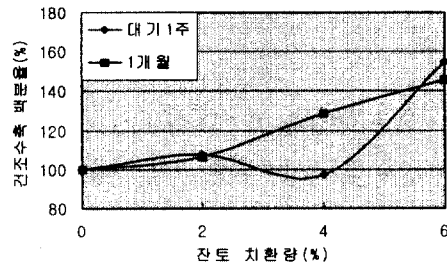


그림 11 폐잔토 치환에 따른 건조수축

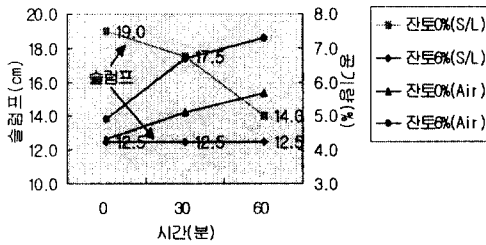


그림 12 시간에 따른 슬럼프와 공기량

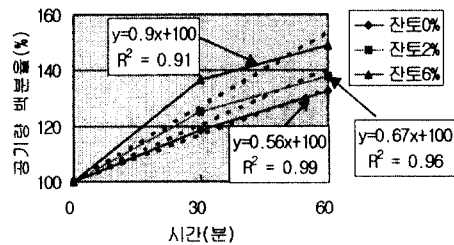


그림 13 시간에 따른 공기량회귀식

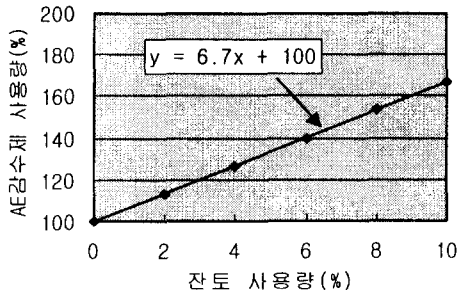


그림 14 AE감수제 보정량 추정식

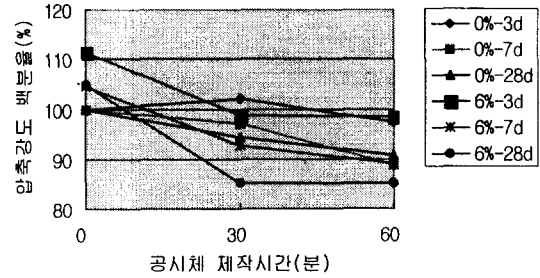


그림 15 경시변화에 따른 압축강도 특성

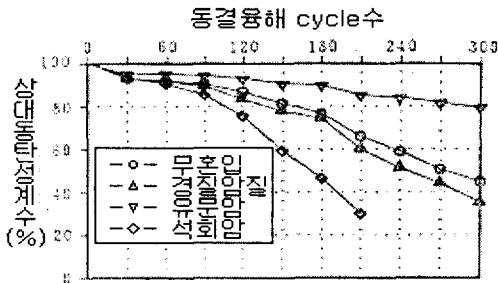


그림 16 잔토의 성분별 동결융해저항

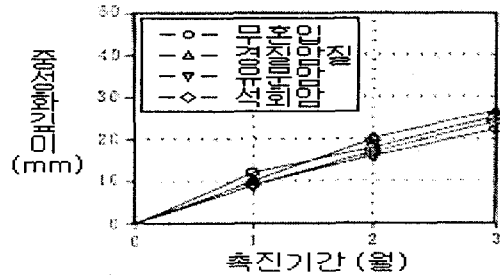


그림 17 잔토의 성분별 중성화정도

4. 결론

- 1) 화강암 원석에서 부산된 약 70%의 SiO₂로 구성된 폐잔토는 약 250 μ m 전통이고 약 80% 이상이 75 μ m 미만으로 된 미립잔토로 원석과 동일 성분이며 표토혼입으로 강열감량이 다소 크다.
- 2) 폐잔토 1%사용은 단위수량 1.1%가 증가하고 연행공기가 파괴되는 경향이나 압축강도는 4%까지는 강도저하가 거의 없으나 과다 사용은 강도저하 및 수축량이 커진다.
- 3) 현장적용에서도 4%이내의 사용은 강도저하는 없으나 연행공기와 슬럼프는 시간경과에 의해 커지나 이는 배합보정으로 보완 가능하다. 한편, 4%이상 치환사용은 건조수축을 크게 하며 장기내구성은 석회석 잔토를 제외하고 동등수준을 유지하는 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

- 1) 浦憲親, “碎石粉を 混入した コンクリトの 基礎的研究”, セメント콘크리트論文集, No. 48, 1994, pp. 382 - 387
- 2) 堀田宜道, “石粉 泥土の 混入か 콘크리트の 性質에 におほす 影響”, セメント콘크리트, No. 318, 1973, pp. 2 - 9
- 3) 日本建築學會材料施工委員會, “콘크리트用骨材를 をめぐる 諸問題”, 日本建築學會, 1992