

활석 미분말의 콘크리트용 혼화재료로써 활용가능성에 관한 연구

A Study on Using Possibility of Talc Powder as Concrete Admixture

우 종 권*

Woo, Jong-Kwon

류 현 기**

Ryu, Hyun-Gi

Abstract

Admixture materials are used in mixing concrete or mortar to improve quality and performance of the concrete. This study examines the potential use of talc as a substitute for cement, the benefits of recycling waste resources for economical efficiency and quality improvement of concrete. The test was carried out by replacing the plain mix with fine grains of talc at the rate of 10%, 20%, and 30%. Talc was divided into three groups depending on the degree of pulverizing. For wet concrete, porosity, slump, bleeding per unit, and setting time by penetration resistance were measured; similarly, for dry concrete, strength and watertight property were tested. Test results showed that the amount of bleeding and setting time could be shortened, but the strength and watertight proofing severely deteriorated. However, at the replacement rate of 10%, talc showed equal performance with the plain at all degrees of pulverization, which suggests its potential use as admixture material.

키 워 드 : 활석, 폐자원의 재활용, 환경오염, 혼화재료

Keywords : Talc, Recycling waste resources, Environmental pollution, Admixture

1. 서 론

최근 우리나라의 건설산업은 고층화와 대형화에 따른 자연 및 인위적인 재해로부터 많은 영향을 받게 되므로 여기에 사용되는 콘크리트에도 요구되는 성질이 다양하게 발전하고 있으며 시멘트의 사용량 또한 증가되고 있다. 이러한 콘크리트의 성능향상 및 절감효과를 해결하기 위한 방안으로 혼화재료를 시멘트에 대체하여 사용하는 방법이 가장 효율적인 것으로 보고되고 있다.¹⁾

시멘트는 오늘날 건축 재료로써 널리 사용되어지고 있으며 건축 구조물에서 만능 재료라 할 만큼 타 재료에 비하여 내구성 및 압축강도가 우수한 재료이다. 하지만, 우리나라의 전체 산업 중 건설 산업의 CO₂배출량이 42%를 차지하고 있으며, 그 중 시멘트 생산에 의한 CO₂의 발생이 가장 많은 것으로 나타나고 있다. CO₂방출에 의한 환경오염 문제점의 해결방안으로 시멘트의 사용량을 줄이면서 요구 성능을 향상시킬 수 있는 혼화재의 사용이 효율적인 것으로 판단되며, 건물에 사용되는 시멘트 사용량의 5%를 줄이게 되면 연간 약 75×106 ton의 CO₂ 저감효과를 나타내는 것으로 보고되고 있다.²⁾

또한 최근 시멘트의 사용량을 줄이는 방안으로 천연 점토광물 중 황토를 콘크리트용 혼화재료로 사용하는 연구가 일부 진행되고 있고, 활석은 화장품, 의약품, 기타 여러 부분에서 첨가물로써 소량 사용되고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 활석을 콘크리트용 혼화재료 활용하기 위하여 분말도 변화에 따른 시멘트 대체 재료로 치환하여

굳지 않은 상태와 경화상태에서의 콘크리트 특성을 실험을 통하여 파악하여 혼화재료로써 활용가능성 여부를 규명하고자 함이 본 연구의 목적이다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합사항	W/B (%)	2	45, 55
	목표 슬럼프(mm)	1	180±15
	목표 공기량(%)	1	4.5±1.5
	활석 치환율(%)	4	0(Plain), 10, 20, 30
	활석 분말도(cml/g)	3	3000, 4000, 6000
실험사항	굳지않은 콘크리트	4	• 슬럼프 • 공기량 • 블리딩량 • 응결시간 측정
	경화 콘크리트	4	• 압축강도 (7, 28일) • 인장강도 (7, 28일) • 투수, 흡수시험 (21일)

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다. 즉, 실험 배합사항에서 W/B비는 45%, 55% 2개 수준으로

* 충주대학교 대학원 석사과정, 정회원

** 충주대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 정회원

하고, 목표 슬럼프 및 공기량을 활석의 분말도와 치환율에 따라 각각 $180 \pm 15\text{mm}$, $4.5 \pm 1.5\%$, 범위를 만족하도록 배합적용토록 한다. 활석의 분말도는 3000, 4000, 6000(cm^2/g)의 3종류로 하고, 시멘트 대체 활석 미분말의 치환율은 10, 20, 30%의 3수준으로 실험 계획한다. 실험사항으로는 굳지 않은 콘크리트에서는 슬럼프 및 공기량, 블리딩과 관입저항에 의한 응결시간을 측정하도록 하고, 경화 콘크리트에서는 압축 및 인장강도, 흡수시험, 투수시험을 각각 계획된 재령에 의거 측정토록 한다.

표 2. 배합사항

W/B (%)	활석 분말도 (cm^2/g)	단위수량 (kg/m^3)	S/a (%)	AE제 (%)	SP (%)	활석 치환율 (%)	용적배합(ℓ/m^3)			질량배합(kg/m^3)				
							C	활석	S	G	C	활석	S	G
45	3000	180	37	0.02	0.2	0	127	0	240	408	400	0	599	1098
				0.02	0.2	10	115	13	239	408	360	40	598	1097
				0.02	0.2	20	102	27	239	407	320	80	598	1095
				0.02	0.3	30	89	40	239	407	280	120	597	1094
	4000	180	37	0.02	0.4	10	115	14	239	407	360	40	598	1095
				0.04	0.5	20	102	29	238	406	320	80	596	1092
				0.05	0.6	30	89	43	238	405	280	120	594	1089
				0.03	0.6	10	115	15	239	407	360	40	597	1094
	6000	180	37	0.04	0.8	20	102	29	238	406	320	80	595	1091
				0.06	2	30	89	44	237	404	280	120	594	1088
				0.015	0.2	0	98	0	288	398	309	0	721	1071
				0.015	0.3	10	89	10	288	398	278	31	720	1070
55	3000	170	42	0.015	0.45	20	79	21	288	398	247	62	720	1070
				0.015	0.7	30	69	31	288	397	216	93	719	1069
				0.1	0.15	10	89	11	288	397	278	31	720	1069
				0.1	0.3	20	79	22	287	397	247	62	718	1067
	4000	170	42	0.4	0.4	30	69	33	287	296	216	93	717	1065
				0.2	0.3	10	89	11	288	397	278	31	719	1069
				0.3	0.55	20	79	23	287	396	247	62	718	1066
				0.4	0.85	30	69	34	286	396	216	93	716	1064

2.2 사용재료

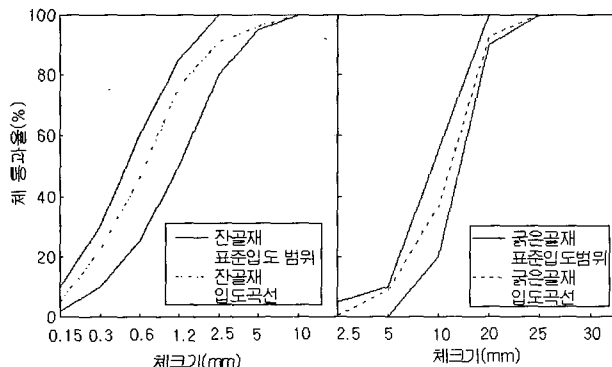


그림 1. 잔골재 및 굵은 골재의 입도곡선

본 실험에 사용한 재료의 물리적 성질은 다음의 표 3~5와 같다. 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드시멘트를 사용하고, 잔골재는 충주시 양성면 강모래를 사용하고, 굵은 골재는 최대치수 20mm의 부순 골재를 사용하도록 한다. 본 실험에 사용하는 잔, 굵은골재의 입도곡선은 그림 1과 같다. 유동화제는 폴리카

복실 에테르계를 사용하고 AE제는 SLES 음이온계를 사용하도록 한다. 활석은 충주 D화학의 Talc Powder를 이용토록 하며 분말도를 조절하여 사용하고 활석의 화학성분은 표 6과 같다.

표 3. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm^3)	분말도 (cm^2/g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3480	0.06	250	438	22.6	31.3	39.8

표 4. 잔골재 및 굵은골재의 물리적 성질

골재 종류	밀도 (g/cm^3)	조립률 (F.M.)	흡수율 (%)	단위용적 질량 (kg/m^3)	입형판정 실적률 (%)	골재의 마모율 (%)
잔골재	2.50	2.80	3.61	1,863	61.0	3.0
굵은골재	2.69	6.90	0.74	1,834	-	-

표 5. 혼화제의 물리적 성질

구분	주성분	형태	색상	밀도	PH
유동화제	폴리카복실 에테르계	액체	암갈색	1.05	-
AE제	SLES 음이온계	액체	무색	1.04	6.0

표 6. 활석의 화학성분

활석 (%) 분말도 (cm^2/g)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaCO ₃	MgO	H ₂ O	lgloss	PH	비중 (g/cm^3)
3000	46.10	5.42	0.3	3.99	30.3	0.14	13.1	8-9.5	3
4000	60.20	1.90	0.13	0.22	31.84	0.08	5.62	7-9	2.78
6000	60 ± 5	3이하	0.3 이하	3 이하	30 ± 5	0.2 이하	8 이하	8-9	2.72

2.3 실험방법

굳지 않은 콘크리트는 KS F 2041의 규정에 따라 시료를 채취한 후, 유동성의 척도인 슬럼프 시험을 KS F 2402 규정에 의거 실시하고, 공기 함유량 측정 시험은 KS F 2421의 굳지 않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험방법(공기실 압력 방법)에 의거 측정하도록 한다. 또한, 블리딩과 응결시간 측정은 KS F 2421, KS F 2436 규정에 의거 실시한다

경화 콘크리트에 대해서는 압축강도, 인장강도, 투수, 흡수량에 대한 실험을 KS F 2403의 규정에 의하여 시험용 공시체를 제작, 표준 양생 후 KS F 2405와 KS F 2423의 규정에 따라 재령 7일, 28일 강도시험을 실시토록 하며, 투수 및 흡수량은 21일 재령 경과 후에 측정하도록 한다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

3.1.1 유동성 및 공기량

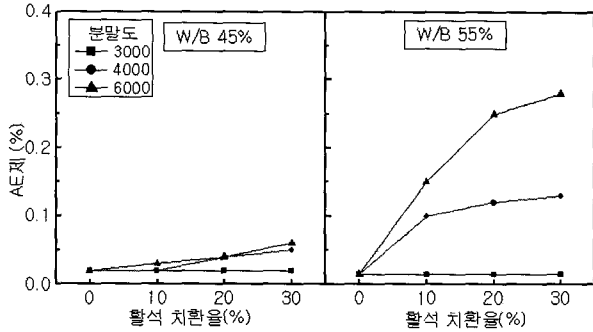


그림 2. 활석 치환율 변화에 따른 AE제량

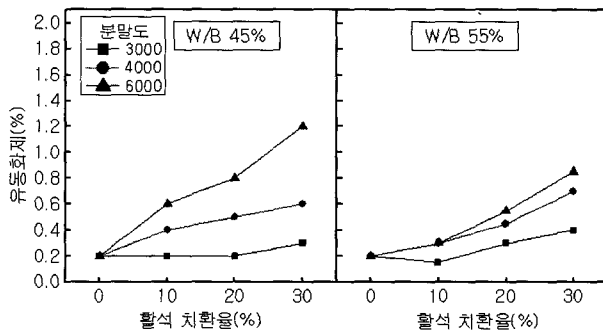


그림 3. 활석 치환율 변화에 따른 유동화제량

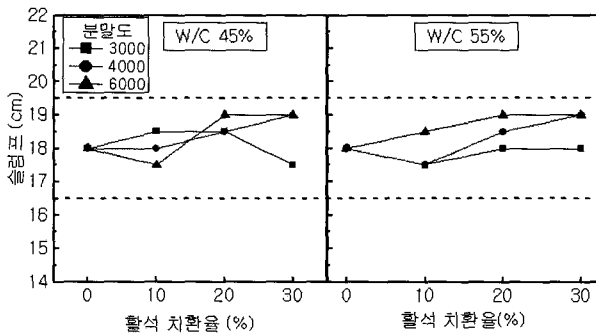


그림 4. 활석 치환율 변화에 따른 슬럼프치

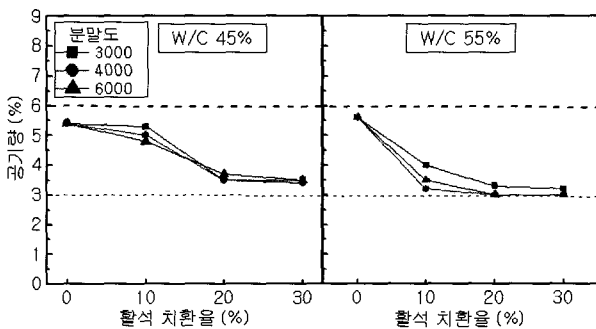


그림 5. 활석 치환율 변화에 따른 공기량

그림 2와 3은 실무적용의 콘크리트에서 목표슬럼프와 공기

량을 맞추기 위하여 사용된 혼화제의 양을 나타낸 것이다. 공기연행제인 AE제는 W/B 45%와 W/B 55% 공기 분말도 3000에서 제일 작은량을 사용하였고, W/B 55%에서는 분말도 6000에서 제일 많은 양을 사용하였다.

유동화제의 사용량은 W/B 45%보다 W/B 55%에서 작은량의 유동화제가 사용되었으며 W/B 45%의 분말도 6000에서 다소 많은 양의 유동화제가 사용되었다

전반적으로 활석의 분말도가 클수록, 활석의 치환율이 높을수록 AE제나 유동화제의 첨가량이 증가하는 것으로 나타났다. 그림 4와 5는 활석치환율 변화에 따른 슬럼프치와 공기량을 나타낸 것으로 AE제나 유동화제량의 배합비 변화를 주어 측정된 결과 슬럼프치는 분말도가 클수록 치환율이 많을수록 증가하는 경향을 나타내었고 분말도 3000의 경우는 치환율이 증가할수록 Plain과 같은 경향을 나타내었다. 공기량은 분말도 3000에서 제일 많게 나타났고 활석의 분말도가 클수록, 치환율이 많을수록 공기량은 감소하는 경향으로 나타났다.

3.1.2 블리딩량

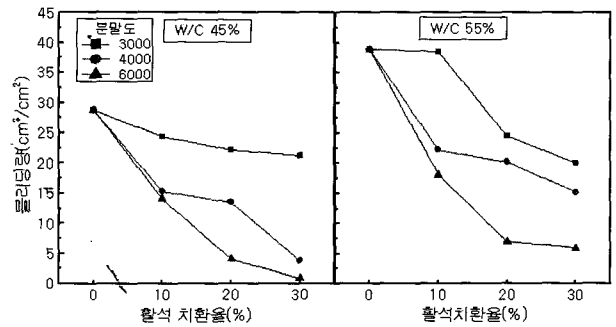


그림 6. 활석 치환율 변화에 따른 블리딩량

그림 6은 활석 치환율 변화에 따른 블리딩량을 나타낸 것이다. W/B비별로 활석의 치환율이 높을수록 블리딩량은 감소하는 경향으로 나타났는데 W/B 10% 증가함에 합에 따라 블리딩량은 20%정도 증가경향을 나타내었다. 또한 W/B 45%, 55% 공히 활석 분말도 3000에서 제일 많은 블리딩량을 나타내고 있고, 분말도 6000에서 제일 작게 나타났으며, 분말도 4000의 치환율 10%, 20%사이에서는 블리딩량의 감소경향이 거의 나타나지 않고 있다.

3.1.3 관입저항

그림 7은 W/B 45%의 경우 시간경과에 따른 관입저항치를 나타낸 것이다. 활석 치환율이 높고, 분말도가 클수록 초결과 종결이 빠르게 나타났고, 초결은 Plain 보다도 활석의 분말도가 증가할수록 30분~2시간 30분정도, 종결은 1시간~1시간 30분정도 빨리 나타났다. 그림 8은 W/B 55%의 경우 시간 경과에 따른 관입저항치를 나타낸 것으로 W/B 45%와 유사한 경향으로 나타났는데, 초결은 Plain보다도 30분~1시간 30분정도, 종결은 30분~1시간 30분 정도 빠르게 나타났다.

이와 같은 현상은 활석의 분말도와 치환율이 증가할수록 활석 미립분의 증가로 시멘트 수화반응에 필요한 단위수량의 감소로 응결축진에 영향을 미친 것으로 판단된다.

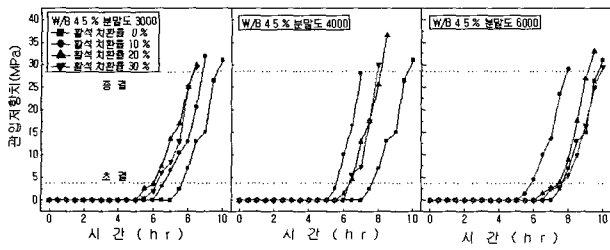


그림 7. 시간경과에 따른 관입저항 특성(W/B 45%)

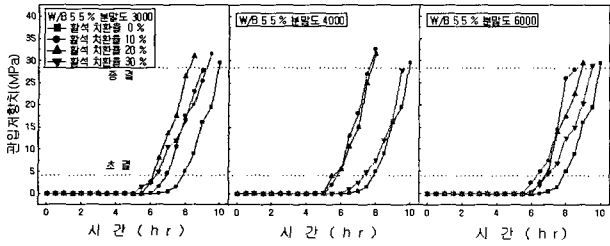


그림 8. 시간경과에 따른 관입저항 특성(W/B 55%)

3.2 경화 콘크리트의 특성

3.2.1 압축강도

그림 9는 활석의 치환율 변화에 따른 압축강도를 W/B와 재령별로 나타낸 그래프이다.

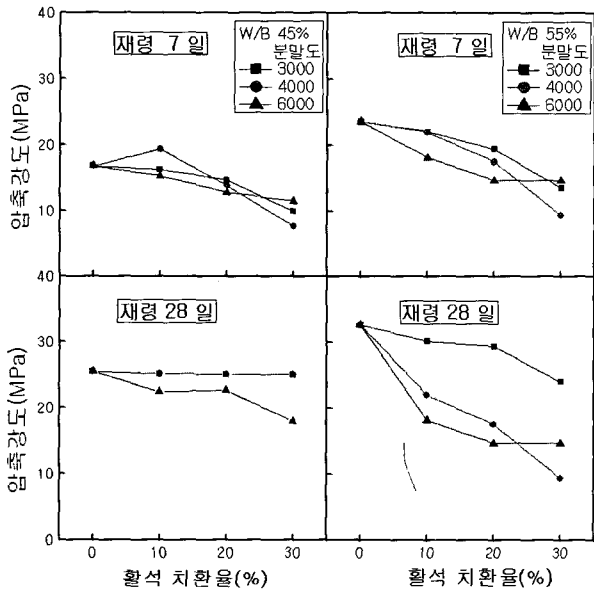


그림 9. 활석 치환율 변화에 따른 압축강도

전반적으로 활석치환율이 증가할수록 압축강도가 감소하는 경향을 나타내었다. 먼저 재령7일에서는 분말도 4000에 치환율 10%에서 19.3MPa으로 Plain 강도값 16.8MPa 보다 2.5MPa 정도 높게 나타났다. 28일에서는 분말도 4000의 모든 치환율에서 Plain과 유사한 강도발현을 나타내었다. 이와 같은 현상은 활석의 적당한 분말도가 시멘트화 하여 강도 증진에 기여한 것으로 판단된다.

W/B 55%의 경우는 Plain의 강도 값보다 전반적으로 강도가 저하하는 경향으로 나타났는데, 분말도 6000의 치환율 20% 이상에서는 오히려 강도 저하경향을 나타내지는 않았다.

3.2.2 인장강도

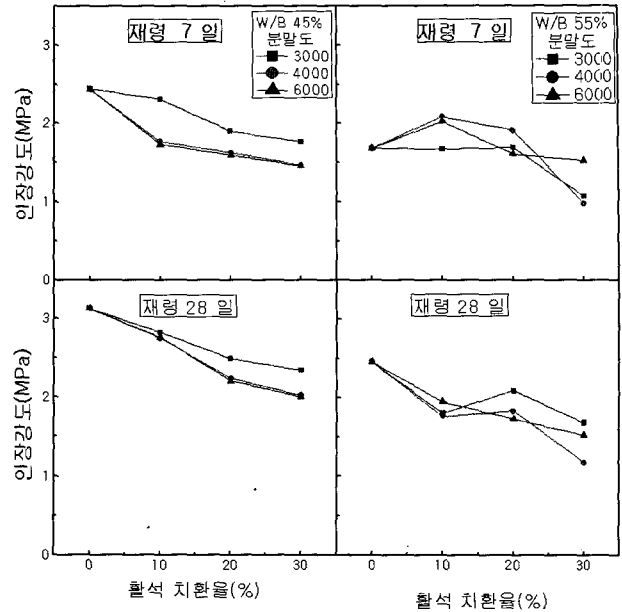


그림 10. 활석 치환율 변화에 따른 인장강도

그림 10은 활석 치환율 변화에 따른 인장강도를 재령별로 나타낸 것이다. 활석의 분말도와 치환율에 따라 압축강도와 비슷한 경향을 보이고 있으나, 재령7일의 W/B 55%에서 분말도 4000의 활석 치환율 10%는 Plain보다 강도값이 1.6MPa 정도 증가하는 경향으로 나타났다.

3.3 수밀특성

3.3.1 투수시험

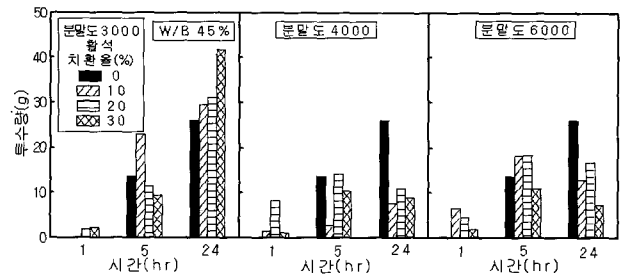


그림 11. 시간 경과에 따른 투수량(W/B 45%)

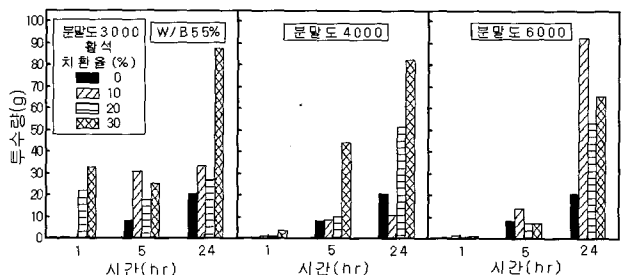


그림 12. 시간 경과에 따른 투수량(W/B 55%)

그림 11과 12는 시간 경과에 따른 투수량을 W/B 별로 나타낸 것이다. 전반적으로 시간이 경과 할수록 투수량은 증가하는

경향으로 나타났다. W/B 45%의 경우 분말도 3000에서 시간이 경과 할수록 투수량이 증가하였고, 분말도 4000과 6000의 경우는 치환율이 증가할수록 감소하는 경향으로 나타났다. 분말도 별 투수량의 감소폭은 분말도 3000에 비하여 4000은 최대 32.88g, 분말도 6000의 경우 최대 34.51g의 투수량 감소효과를 나타내었다.

W/B 55%의 경우는 시간 경과에 따라 치환율이 증가할수록 투수량이 증가하는 경향으로 나타났다. 각 분말도별 1시간에 비하여 5시간과 24시간 경과 후 투수량은 분말도 3000의 경우 8.45g~87.73g, 분말도 4000은 1.03g~82.3g, 분말도 6000은 1.39g~65.81g 씩 증가하는 경향으로 나타났다. 전반적으로 W/B 55%에서 2~4배정도 많은 투수량을 나타내었다.

3.3.2 흡수시험

그림 13와 14 는 W/B비와 각 분말도별로 시간 경과에 따른 흡수량을 나타낸 그래프이다.

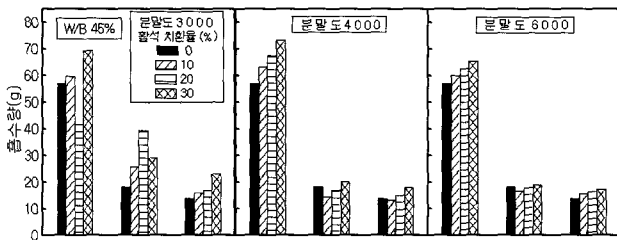


그림 13. 시간 경과에 따른 흡수량(W/B 45%)

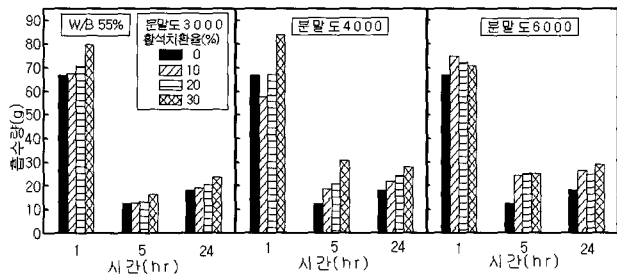


그림 14. 시간 경과에 따른 흡수량

활석 치환율이 증가할수록 흡수량이 증가경향으로 나타났고, 반대로 분말도가 클수록 흡수량은 오히려 저하하는 경향으로 나타났다. W/B 45%의 경우 1시간의 흡수량보다 5~24시간으로 경과할수록 3000의 경우 최대 69.3g에서 15.9g으로 감소하였고, 4000은 72.95g~13.2g로 6000은 65.4g~15.55g으로 감소하는 경향을 나타내었다. W/B 55%의 경우 전반적으로 흡수량이 증가하였지만 W/B 45%의 경우와 유사한 경향을 나타내었다.

3.3.3 포졸란 활성도 지수

그림 15는 활석 치환율 변화에 따른 혼화재료로서의 성능평가를 포졸란 활성도지수로 나타낸 그래프이다.

콘크리트용 혼화재료로서의 평가방법으로 포졸란 활성도지수는 활석 치환율 10%에서는 W/B 45, 55% 공히 분말도 3000에서 플라이 애쉬 1종지수값 이상으로 나타났고, 플라이 애쉬

2종의 판정에 포함되는 것은 W/B 45% 분말도 4000, 6000, 치환율 10%, 분말도 3000, 20% 치환율이 포함되었으며, W/B 55% 분말도 4000에서 치환율 10%와 분말도 3000의 치환율 20%에서 만족하는 것으로 나타났다.

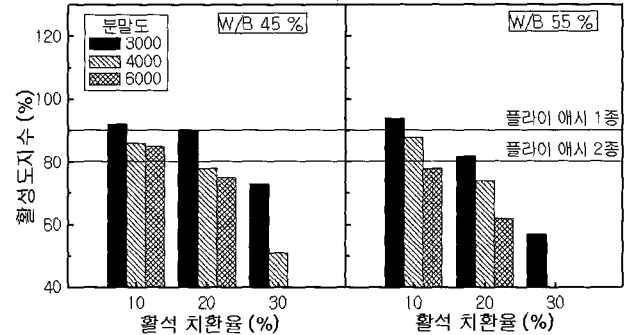


그림 15. 활석 치환율 변화에 따른 활성도 지수

4. 결론

본 연구는 활석의 재활용적인 측면에서 콘크리트용 혼화재료로서의 활용가능성 여부를 판단키 위한 실험 연구결과로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 굳지 않은 콘크리트의 유동성 및 슬럼프치는 활석 치환율이 증가할수록 활석의 분말도가 클수록 증가하는 경향으로 나타났고, 공기량은 활석의 분말도가 3000에서 가장 많은 공기량을 나타내었고, 활석의 분말도가 클수록, 활석의 치환율이 증가할수록 감소하는 경향으로 나타났다.
- 2) 블리딩량은 활석의 치환율이 높을수록 감소하는 것으로 나타났고, 또한 분말도가 클수록 블리딩량의 감소폭이 컸으며, W/B 에 따른 블리딩량은 20%정도 증가하는 경향으로 나타났다.
- 3) 관입저항에 의한 응결시간은 W/B가 낮고 활석 치환율이 증가함에 따라 빨라지는 경향을 나타냈으며, 관입저항 종료 값인 28MPa을 Plain보다 약 1시간~2시간 정도 빠른 응결을 나타내고 있다. 이는 활석 치환율 증가에 따라 미립분의 증가로 시멘트 수화반응에 필요한 단위수량의 감소에 따라 응결시간이 빨라진 것으로 분석된다.
- 4) 경화 콘크리트의 압축강도는 분말도와 치환율이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었는데, W/B 45%, 28일 강도에서는 분말도3000과 4000 공히 Plain과 같거나 2.5Mpa 정도 다소 높은 강도발현을 나타내었다. 인장강도의 변화는 분말도와 치환율에 따라 압축강도와 비슷한 경향으로 나타났고, 재령7일 W/B 55%, 분말도 4000의 활석 치환율 10%에서는 Plain보다 1.6MPa 정도 강도증진 경향으로 나타났다.

- 5) 투수특성으로는 W/B 45% 분말도3000 에서는 시간경과에 따라 투수량도 증가하였으나, 분말도 4000과 6000에서는 감소하는 경향으로 나타났고, W/B 55% 에서는 시간이 경과할수록 모든 분말도의 투수량이 증가하는 경향으로 나타났는데 W/B 가 증가할수록 2~4배정도 많은 투수량을 나타내었다.
- 6) 흡수특성으로는 치환율이 증가할수록 흡수량도 증가하는 경향을 나타냈는데, 분말도가 클수록 흡수량은 오히려 저하하는 경향으로 나타났다.
- 7) 포졸란 활성도 지수는 치환율과 W/B 비가 클수록 지수값 범위를 벗어나게 되었는데, 치환율 10%에서 모든 분말도가 플라이 애쉬 1종과 2종에서 공히 만족하는 수준을 얻을 수 있었다.

이상의 결과를 종합하여 볼때 활석 분말도 및 치환율에 따른 콘크리트 혼화재료써의 사용 가능한 범위는 치환율 10%, 분말도는 3000과 4000 정도에서 사용이 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 동아일보. 2005, 2월
2. 조병완, 구자갑, 박승국, 이연진, "화산재를 다량 사용한 콘크리트의 특성", 콘크리트학회 학술발표회 논문집, 2005, 5, pp 33~36
3. 한국콘크리트 학회 "콘크리트 혼화재료"
4. 한국콘크리트 학회, "콘크리트 표준시방서"
5. 한천구, "레미콘 품질관리"
6. 한국자원연구소, "폐기물 자원화. 재활용 기술개발 연구개발계획서"
7. 우종권, 반주환, 류현기, "폐주물사 미분말을 시멘트 대체 재료로 사용한 콘크리트의 특성" 2006년도 춘계학술 논문집 제6권1호
8. 박대오, 서치호, 지석원, 이진우, 신상태 "재생미분말을 사용한 콘크리트 제품 개발에 대한 기초적인 연구" 2006년도 춘계학술 논문집 제6권 1호
9. V.M. Malhotra, H.S. Wilson "Fly Ash, Silica fumen Slag, and Natural Pozzolans in Concrete"
10. 김문영 외3인 "건축재료학"
11. ASTM D 523 ; Standard Test Method for SPECULAR GLOSS, 1980
12. Report by Committee 299(1994), Controlled low strength materials, Concrete International, July, pp. 55~64
13. 공민호, 김영진, 감민석, 이우성, 김우재, 정상진 "경량콘크리트 제품에 플라이애쉬를 치환한 배합특성에 관한 실험적 연구" 2002년 봄 학술발표회 논문집