

회수수 안정화제 종류 및 고형분량 변화에 따른 콘크리트의 특성에 관한 연구

A Study on the Properties of Concrete with the Kinds of Stabilizing Agent and Solid Content

○ 김 기 정* 金光華* 이 문 환** 이 세 현** 한 천 구***
Kim, Ki-Jeong Kim, Guang-Hua Lee, Mun-Hwan Lee, Sea-Hyun Han, Cheon-Goo

Abstract

In this study is investigated the various properties of concrete with the kinds of stabilizing agent of recycling water and solid content in order to suggest a practical use of recycling water. According to the results, fluidity and air content varies slightly with the kinds of stabilizing agent and solid content, but does not make a big difference. Setting time does not differ remarkably from plain concrete at 20°C, but is shortened with an increase of solid content. Bleeding is reduced more largely in the case of S than in the case of R, and is not influenced by solid content. Compressive strength is equal or decreases in comparison with plain concrete at solid content of 1 and 5%, and shows the highest value at solid content of 3%. Length change by drying shrinkage is larger than plain concrete at solid content of 5%, and decreases at solid content of 1 and 3%. Therefore, it proves that the influence of the kinds of stabilizing agent is minute, and solid content is most effective at 3%.

키워드 : 회수수, 안정화제 종류, 고형분량, 품질향상

Keywords : Recycling Water, Kinds of Stabilizing Agent, Solid Content, Quality Improvement

1. 서 론

레미콘 생산의 경우 회수수의 발생은 필연적인 산물로서, 과거의 경우 자연상태로 방류하거나, 폐기함으로써 수질 및 토양오염을 유발하였다. 최근에는 우리나라 대부분의 레미콘사에서 회수수 재활용설비를 활용하여 귀중한 용수자원으로 재활용하고 있는 것이 현실이다.¹⁾

한편, 회수수를 배합수로 사용하면 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 품질에 문제가 없는 경우가 대부분이지만 어느 부분에서는 악영향을 미치는 요인도 존재한다. 따라서, 우리나라 및 일본의 지방에서는 고품질인 고내구성 및 고강도 콘크리트에서의 사용을 제한하고 있는 실정으로, 결국 현재의 회수수 재활용 방법은 비효율적이라 할 수 있다. 이에 대한 개선방안으로 일본에서는 최근 회수수중 시멘트 입자의 수화반응을 어느정도 정지 및 지연시켰다가 이를 차기콘크리트 생산 및 양생과정에서 수화반응을 유도할 수 있는 회수수 안정화제를 개발하여 콘크리트의 고품질화를 꾀하고 있는 바, 우리나라에서도 이와같은 회수수 안정화제의 적용성에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 회수수를 배합수로 사용한 콘크리트의 품질향상을 도모하기 위하여 일본 및 국내에서 개발

* 정희원, 청주대 건축공학과 대학원석사과정

** 정희원, 한국건설기술연구원 건축연구부 선임연구원

*** 정희원, 청주대 건축공학부 교수

된 안정화제의 종류 및 고형분량 변화에 따른 콘크리트의 제반 특성을 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 콘크리트의 배합은 표 2와 같다.

표 1. 실험계획

실험요인	수	준	
			1
배합 사항	W/C(%)	1	40
	슬럼프(cm)	1	15±2.5
	공기량(%)	1	4.5±1.5
실험 인자	안정화제 종류	2	R, S
	안정화제 혼입률(%)	1	0.15
	고형분량(%)	4	0, 1, 3, 5
	온도(°C)	2	20, 30
	실험 사항	굳지않은 콘크리트	6
경화 콘크리트		2	· 압축강도(1, 3, 7, 28일) · 길이변화율(7, 14, 21, 28, 42, 56일)

표 2. 콘크리트의 배합

W/C (%)	단위수량(kg/m ³)	S/a (%)	SP/C (%)	안정화제 혼입률 (%)	안정화제 종류	고형분량 (%)	절대용적배합 (ℓ/m ³)			중량배합(kg/m ³)			
							C	S	G	C	S	G	SG*
40	170	44	0.8	0.15	R S	0	135	286	364	425	726	947	0
						1					725		1.7
						3					721		5.3
						5					718		8.7

* SG : 슬러지 고형분

먼저, 배합사항으로 W/C는 40%에 대하여 목표슬럼프 15±2.5cm, 목표공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 상수도를 사용한 플레인 콘크리트를 배합설계한 후 안정화제 혼입률을 0.15%로 고정하고, 안정화제 종류를 R과 S의 2수준, 슬러지 고형분량을 0, 1, 3, 5%의 4수준 및 온도를 20, 30℃의 2수준으로 변화시킨 총 14배치를 실험계획하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량, 단위용적중량, 응결시간 및 블리딩을 측정하는 것으로 하였고, 경화 콘크리트에서는 계획된 재령에서 압축강도, 건조수축 길이변화율을 측정하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 A사제 보통포틀랜드 시멘트(비중:3.15, 분말도:3,265)를 사용하였다. 회수수 안정화제는 일본산(R)과 국내산(S)을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 3 및 4와 같고, 혼화제는 국내산 나프탈렌계 고성능 감수제와 빈줄계 AE제를 사용하였다. 사용골재로서 잔골재는 파주산 강모래(비중:2.54, 조립률:2.89)를, 굵은골재는 D물산산 25mm 부순 굵은골재(비중:2.54, 조립률:6.73)를 사용하였다.

표 3. 안정화제(R)의 물리적 성질

주성분	밀도 (g/cm ³)	형태	pH	염화물 이온량 (%)	알칼리량 (%)	응고점 (℃)
옥시 칼본산	1.16	담록색 액체	5.0-9.0	0.1 이하	1.5-3.0	-10 이하

표 4. 안정화제(S)의 물리적 성질

구분	비중	색상	형태	비고
S	1.08±0.02	백색	투명액체	당분류를 주성분으로 하는 초지연제

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 먼저, 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 실시하였다.

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 슬럼프플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하였고, 공기량 시험은 KS F 2421, 단위용적중량은 KS F 2409의 규정에 준하여 실시하였다. 또한, 응결시간은 KS F 2436에 규정된 프록터 관입저항 시험방법으로 실시하였고, 블리딩 시험은 KS F 2414에 의거 측정하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405 규정, 건조수축 길이변화율은 KS F 2424에 의거 다이얼 게이지법으로 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

표 5는 굳지않은 콘크리트의 실험결과를 나타낸 것이다. 안정화제 종류에 따른 슬럼프는 안정화제 종류에 상관없이 매우 유사하게 나타났고, 온도 변화에 따라서는 30℃의 경우 고형분량 변화에 따른 슬럼프의 변화는 매우 작은 것으로 나타났다. 단, 20℃의 경우는 고형분량 1%에서는 약간 증가하였고, 그 이상에서는 대체로 감소하여 고형분 5%에서는 플레인과 유사하게 나타났다. 이는 고형분량 1%까지는 미립분의 증가에 따른 재료분리의 감소에 따라 유동성이 증가하였으나, 그 이상에서는 점성증가에 기인하여 유동성이 감소하였기 때문인 것으로 사료된다. 또한 공기량은 온도가 높을수록 콘크리트 중 물의 밀도가 저하하여 AE공기포가 쉽게 소실될 수 있음에 기인하여 감소하는 것으로 나타났고, 고형분량 변화에 따라서는 안정화제 종류에 상관없이 큰 영향은 없는 것으로 나타났다. 단위용적중량은 공기량과 반대의 경향으로 나타났다.

표 5. 굳지않은 콘크리트의 실험결과

W/C (%)	안정화제 혼입률 (%)	안정화제 종류	고형분량 (%)	온도 (℃)	슬럼프 (cm)	슬럼프 플로우 (cm)	공기량 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	
40	0.15	R	1	20	20.0	33.6	6.0	2,307	
				30	20.4	32.6	6.0	2,311	
			3	20	17.6	29.1	5.1	2,318	
				30	18.5	28.6	4.3	2,328	
			5	20	16.2	26.8	5.5	2,317	
				30	20.4	31.5	5.4	2,320	
			S	1	20	21.5	33.9	6.5	2,314
					30	21.0	33.2	5.8	2,305
		3		20	16.3	27.1	5.5	2,327	
				30	19.5	29.9	5.2	2,332	
		5		20	15.0	25.8	5.9	2,323	
				30	20.6	28.2	5.7	2,319	

그림 1은 온도 및 안정화제 종류별 고형분량 변화에 따른 응결시간을 나타낸 것이다.

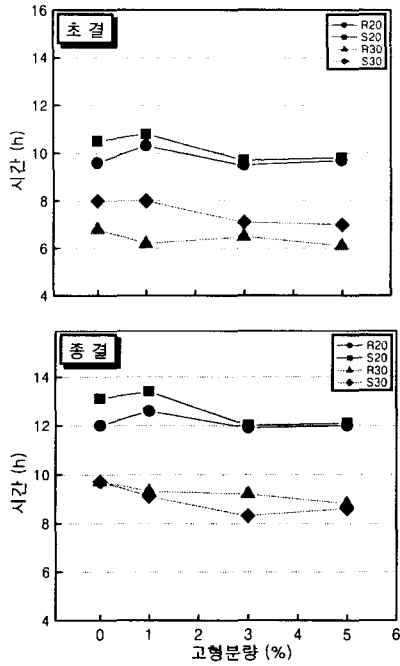


그림 1. 고형분량에 따른 응결시간

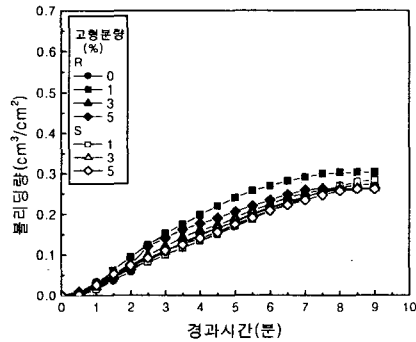


그림 2. 안정화제 종류 및 고형분량별 시간경과에 따른 블리딩량

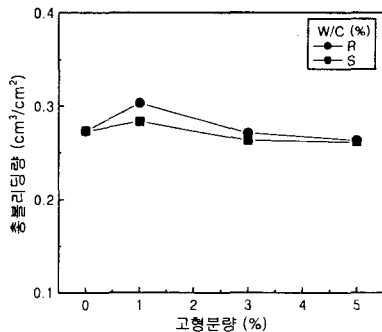


그림 3. 안정화제 종류별 고형분량에 따른 총블리딩량

응결시간은 당연한 결과로 온도 30°C에서 20°C보다 촉진되는 것으로 나타났다. 온도 20°C 조건에서 고형분량 변화에 따른 응결시간은 플레인과 비교하여 고형분량 1%에서 다소 지연되었고, 그 이상에서는 R을 사용한 경우는 비슷하게, S를

사용한 경우는 약 1시간 정도 촉진되는 것으로 나타났는데, 이는 고형분 속의 미수화 미립분의 증가에 기인한 것으로 판단된다. 온도 30°C의 경우 고형분량 변화에 따른 응결시간은 R 및 S의 경우 공히 고형분량이 증가할수록 단축되는 것으로 나타났는데, 안정화제 종류에 따라서는 온도 20°C 경우와 마찬가지로 R보다는 S를 사용한 경우가 플레인에 대한 응결시간 단축이 더 크게 나타나 응결시간 단축에 더 효과적인 것으로 나타났다. 또한, 온도 30°C의 경우가 20°C보다 고형분량의 증가에 따른 응결시간 단축이 더 크게 나타났는데, 이는 고온일수록 안정화제에 의해 수화가 억제되었던 고형분의 작용이 활성화된 것에 기인한 것으로 판단된다.

그림 2는 안정화제 종류 및 고형분량별 시간경과에 따른 블리딩량을, 그림 3은 고형분량에 따른 총블리딩량을 나타낸 것이다.

안정화제 종류에 따른 블리딩량은 S를 사용한 경우 R을 사용한 경우와 비교하여 약간 감소하였는데, 이는 S에 포함된 중점제의 영향에 기인한 결과로 판단된다. 또한, 고형분량 변화에 따른 총블리딩량은 플레인과 비교하여 고형분량 1%에서 5~10%정도 크게 나타났는데, 이는 슬럼프의 증가에 의한 결과로 판단되고, 그 이상에서는 큰 차이가 없는 것으로 나타나 고형분량에 의한 블리딩의 영향은 매우 미소한 것으로 판단된다.

3.2 경화콘크리트의 특성

1) 압축강도 특성

그림 4는 안정화제 종류 및 재령별 고형분량 변화에 따른 압축강도와 압축강도비를 나타낸 것이다.

압축강도는 당연한 결과로 재령경과에 따라 증가하는 것으로 나타났는데, 온도 20°C 조건에서 안정화제 R을 사용한 경우 고형분량 변화에 따른 압축강도는 고형분량 3%의 경우 플레인에 비해 약간 증가하였고, 고형분량 1% 및 5%에서는 유사 혹은 감소하였다. S를 사용한 경우에는 고형분량 3% 및 5%에서 플레인보다 다소 증가하였고, R을 사용한 경우와 유사하게 고형분량 3%에서 가장 크게 나타났으며, 1%에서는 저하하였다.

온도 30°C에서는 높은 온도에 기인하여 초기 압축강도가 크게 증진되었으나, 그 이후 재령에서는 압축강도 증진이 둔화되어 28일 압축강도가 온도 20°C와 비교하여 다소 작게 나타났다. 전반적으로 고형분이 혼입되면 초기 압축강도는 고온에 의한 고형분의 활성화에 기인하여 플레인보다 크게 증진되었고, 7일에서 감소한 후 28일에서는 다시 더 크게 증진되는 경향이였다. 또한, 고형분량 변화에 따라서는 안정화제 종류에 관계없이 고형분량 3%에서 가장 크고, 5%, 1%의 순으로 압축강도가 크게 나타나 온도 20°C와 유사한 경향이였다.

따라서, 강도측면을 고려할 때 안정화제 종류에 상관없이 고형분량 3%에서 가장 큰 압축강도를 나타내 적정 고형분량을 확인할 수 있었고, 단, 안정화제를 처리한 경우는 고형분량 5%일지라도 플레인보다 강도는 저하지 않고 있으므로 고형분량 5%라도 큰 문제는 없을 것으로 사료된다.

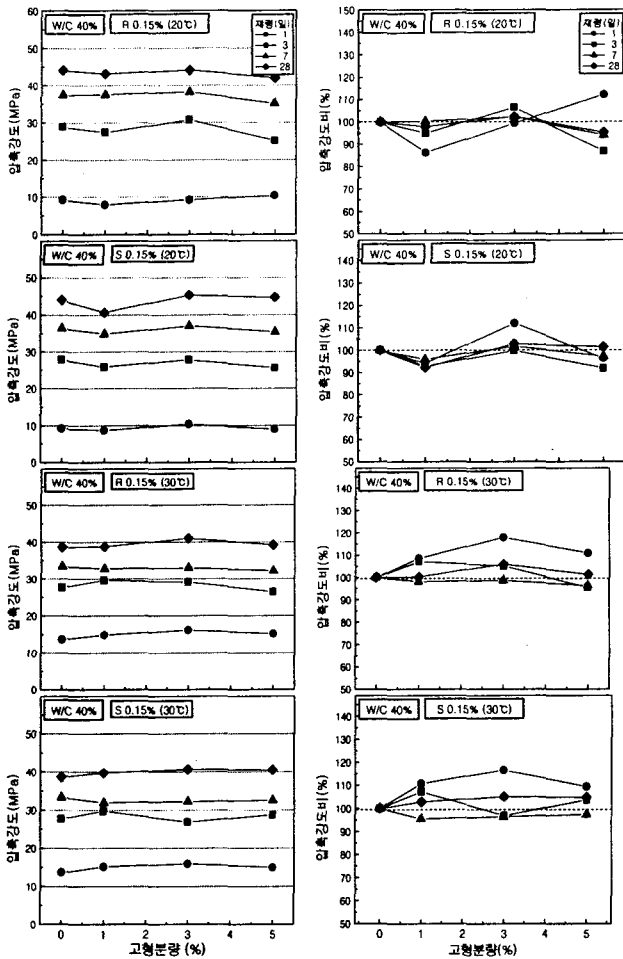


그림 4. 고형분량에 따른 재령별 압축강도와 압축강도비

2) 건조수축 길이변화특성

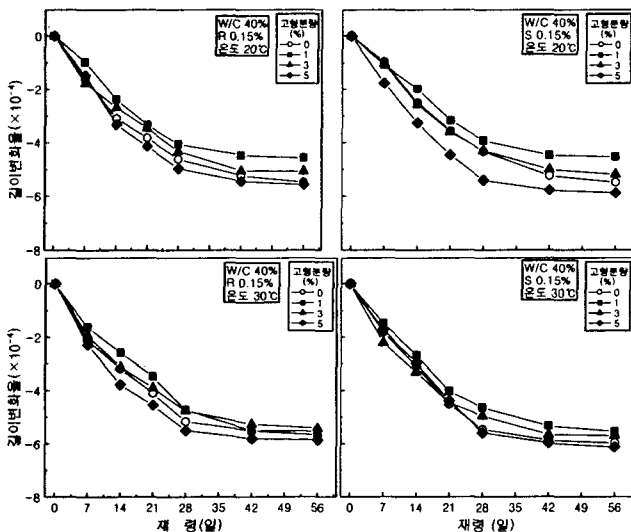


그림 5. 안정화제 종류, 온도 및 고형분량별 재령경과에 따른 건조수축 길이변화율(R 30°C)

그림 5는 안정화제 종류, 온도 및 고형분량별 재령경과에 따른 건조수축 길이변화율을, 그림 6은 28일 재령에서 고형

분량 변화에 따른 길이변화비를 나타낸 것이다.

온도에 따른 건조수축 길이변화율은 온도가 높을수록 더 크게 나타났고, 안정화제 종류에 따라서는 R 및 S 공히 유사한 경향으로 나타났다. 또한, 고형분량 변화에 따른 건조수축 길이변화율은 대체로 고형분량 5%에서 플레인보다 다소 크게 나타났으나, 고형분량 1% 및 3%에서는 감소하였는데, 고형분량 1 및 3%에서 각각 12 및 7% 정도 감소하는 것으로 나타나 고형분량 1%에서 가장 좋은 효과를 나타내었다.

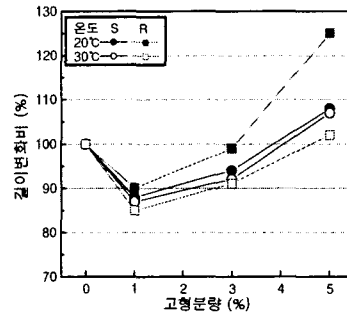


그림 6. 안정화제 종류 및 온도별 고형분량 변화에 따른 길이변화비

4. 결 론

본 연구는 레미콘 회수수의 효율적인 활용방안을 제안하기 위하여 회수수 안정화제 종류 및 고형분량 변화에 따른 콘크리트의 제반 특성을 검토하였는데, 그 결과를 종합하면 다음과 같다.

- 1) 안정화제 종류 및 고형분량 변화에 따른 슬럼프 및 공기량은 종류별 차이는 거의 없었고, 고형분량은 1%에서 약간 증가하였으나, 전반적으로는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 온도의 영향은 기존의 이론과 같이 온도가 높을수록 모든 경우에서 슬럼프와 공기량은 저하하였다.
- 2) 고형분량 변화에 따른 응결시간은 온도 20°C에서는 R 및 S의 경우 공히 플레인과 비교하여 큰 차이가 없었으나, 온도 30°C의 경우 고형분량의 증가에 따라 촉진되었는데, 이는 고온일수록 안정화제에 의해 억제되었던 고형분의 수화작용이 활성화된데 기인한 것으로 판단된다. 안정화제 종류에 따른 블리딩은 R보다 S가 작게 발생하여 양호하였으며, 고형분량에 따른 영향은 미소한 차이일 뿐 영향이 없는 것으로 나타났다.
- 3) 고형분량 변화에 따른 압축강도는 안정화제 종류에 상관없이 고형분량 1% 및 5%에서 플레인과 비슷하거나 저하하였고, 고형분량 3%에서 가장 큰 압축강도를 나타내어 적정 고형분량임일 확인할 수 있었다.

- 4) 고형분량 변화에 따른 건조수축 길이변화율은 대체로 고형분량 5%에서 플레인보다 다소 크게 나타났으나, 고형분량 1% 및 3%에서는 각각 12 및 7%정도 감소하였다.

종합적으로, 회수수를 사용한 콘크리트에 안정화제를 처리함으로써 전반적으로 품질이 향상됨을 확인할 수 있었는데, 안정화제 종류에 따라서는 큰 영향이 없고, 고형분량은 본 실험조건에서 3%가 가장 효과적인 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 한천구, 반호용, 류현기, 윤기원, 이상욱, 김기철 ; 레미콘 회수수의 콘크리트용 용수로서의 재활용에 관한 연구, 한국레미콘공업협회, 통권 제37호, 1993.
2. 한천구, 반호용, 정웅선, 윤기원 ; 레미콘 회수수의 콘크리트용 용수로서의 재활용에 관한 기초적 연구, 대한 건축학회 학술발표 논문집, Vol. 12, No. 1, 1992.