

레미콘 슬러지 혼입률에 따른 콘크리트 내구성 및 역학적 특성

Durability and Mechanical Properties of Concrete with Blending Ratio of Re-mi-con Sludge

김 강 래* 조 규 재** 김 명 유* 박 진 호* 양 은 익***
Kim, Kang Rea Jo, Gyou Jea Kim, Myung Yu Park, Jin Ho Yang, Eun Ik

ABSTRACT

The Re-mi-con sludge water has been investigated because of environmental pollution and disposal cost. So, sludge water is partially reused as mixing water. However, if sludge water is reused too much that would influence the quality of concrete. KS specification limits the amount of sludge content up to 3% of cement weight. In this study, the effect of re-mi-con sludge on the characteristics of concrete is compared to raise the reuse ratio of re-mi-con sludge. From the test results, as blending ratio of re-mi-con sludge increases, workability is decreases. However, the re-mi-con sludge water have a minor effect on the strength development, the drying shrinkage and the resistance of freeze and thawing. Also, the existing model codes of drying shrinkage do not coincide with the test results of this study.

1. 서론

우리나라의 레미콘(Ready Mixed Concrete) 생산현장에서는 배차플랜트 및 레미콘 트럭의 내부세척을 위하여 많은 양의 물을 소비하고 있다. 뿐만 아니라 이렇게 세척된 물은 강알칼리성 물질로 강이나 하천 등에 방류할 시 많은 환경 문제를 야기 시킬 수 있으며, 그 처리비용 또한 적지 않은 것이 현실이다. 이러한 이유로 회수수로 정의되는 이러한 세척수를 현장에서는 배합수로 재이용하고 있다. 그러나 회수수 중 상층수를 배합수로 재이용 할 경우에는 콘크리트의 품질에 영향을 미치지 않지만, 슬러지 고형성분을 혼입할 경우에는 내구성 및 역학적으로 영향을 줄 우려가 있다. 우리나라의 경우 KS4009 규준에 따라 시멘트 중량 당 배합수로 사용되는 슬러지 고형분율을 3%로 제한하고 있으나, 이는 국내 연구에 바탕을 둔 사항이 아니므로 그 타당성에 대한 연구는 좀 더 진행되어야 할 것이다. 따라서, 본 연구에서는 회수수 재사용을 위해 슬러지 고형분이 콘크리트에 미치는 영향을 파악하기 위하여 경화콘크리트의 특성을 검토하였다.

*정회원, 강릉대학교 토목공학과 대학원생

**정회원, (주)우일 공무원팀 부장

***정회원, 강릉대학교 토목공학과 부교수

Table 1 Physical properties of aggregate

Type	Item	Specific gravity	Absorption	F.M.
Sand		2.59	1.01	2.65
Gravel		2.78	0.62	6.80

Table 2 Mix proportion concrete

W/C(%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m ³)				AE(%)	SP(%)
		W	C	S	G		
40%	43	170	425	716	1022	0.01	0.3
50%	45	172.5	345	776	1021	0.005	0
60%	46	172.5	288	815	1030	0.01	0.3

2. 실험 개요

2.1 사용재료 및 배합

콘크리트의 제조를 위해 시멘트는 S사의 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 잔골재는 강릉시 연곡차천 자연사, 굵은 골재는 강릉 안인진리의 쇄석($G_{max} = 25mm$)을 사용하였다(Table 1). 레미콘 슬러지 혼입률에 따른 콘크리트 특성의 변화를 조사하기 위하여 실시한 실험의 콘크리트 배합비는 목표슬럼프 $10 \pm 2cm$ 로, 공기량은 혼화제를 첨가하여 $5.0 \pm 1.0\%$ 를 만족하도록 하였다. 실험에 사용한 배합을 정리하여 나타내면 Table 2와 같다.

2.2 실험 변수 및 방법

슬러지 혼입률에 따른 역학적 특성과 내구성을 파악하기 위하여 실시한 본 실험은 두 가지로 나뉘어 실시되었다. 우선 슬러지 혼입률에 따른 품질검사를 위하여 슬럼프, 공기량 측정과 7, 28, 91일 재령에 대하여 압축강도와 인장강도를 측정하였으며, 두 번째로 콘크리트의 내구성 검토를 위해 동결융해와 건조수축에 대한 실험을 실시하였다. 압축강도 실험에서는 $\varnothing 10 \times 20cm$ 원주 공시체를 사용하였으며, 인장강도의 경우에는 쪼갬인장강도 측정법으로 실험을 실시하였다. 건조수축 특성실험에는 $10 \times 10 \times 40cm$ 각주 시험체를 사용하였으며, 시험체의 양 측면에 측정을 위한 측정점을 각각 25cm 간격으로 설치하고 dernece gage(최소눈금=1 μm)를 사용하여 계획된 재령에서의 길이변화를 측정하였다. 건조수축 시험체는 재령 1일에 탈형하여 습윤양생 7일 후에 온도 $20 \pm 1^\circ C$, 습도 $60 \pm 3\%$ 항온항습실에서 양생하였다. 동결융해 저항성 실험은 KS F 2456 규정에 따라 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지 않은 콘크리트

굳지 않은 콘크리트의 특성을 조사하기 위하여 슬러지 혼입률에 따른 슬럼프와 공기량을 Table 3에 나타내었다. W/C의 비율이 상대적으로 낮은 40, 50%에서는 슬러지 혼입률을 증가시킬수록 콘크리트의 작업성이 떨어지는 경향을 보이고 있으나, W/C의 비율이 상대적으로 높은 60%의 경우에는 슬러

Table 3 Slump and air content of fresh concrete

Blending ratio W/C	0%		3%		5%		8%	
	Slump (cm)	Air content	Slump (cm)	Air content	Slump (cm)	Air content	Slump (cm)	Air content
40%	11.1	4.4	7.4	3.6	4.8	3.2	2.5	2.9
50%	10.6	5.6	4.6	3.8	1.8	3.1	2.6	3.1
60%	12.0	5.5	13.2	6	10.8	5	9.4	5.1

지의 영향이 크지 않은 것으로 측정되었다. 이는 슬러지 고형분에 다량의 미립분을 포함하고 있으며,

그 영향이 W/C 60%에서는 상대적으로 작았던 것으로 판단된다.

3.2 콘크리트의 역학적 특성

3.2.1 압축·인장 강도

슬러지 혼입률에 따른 콘크리트의 실험결과를 W/C 별로 나타내면 Fig. 1, Fig. 2와 같다. 결과에 따르면 압축강도의 경우, 슬러지 고형성분의 혼입률 증가에 따라 초기 강도는 큰 영향을 받지 않았으나 채령 28일 이후의 장기강도로 갈수록 슬러지 고형성분이 압축강도에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 특히 W/C비가 높을수록 영향을 크게 받는 것으로 사료된다. 그러나 슬러지 고형성분의 혼입이 실험 범위 내에서는 압축강도에 큰 저해요인으로 작용하지는 않는 것으로 판단된다.

한편, 인장강도의 경우 측정값의 변동으로 인하여 정확한 정량화는 어려우나, 슬러지 고형성분이 인장강도에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 보인다.

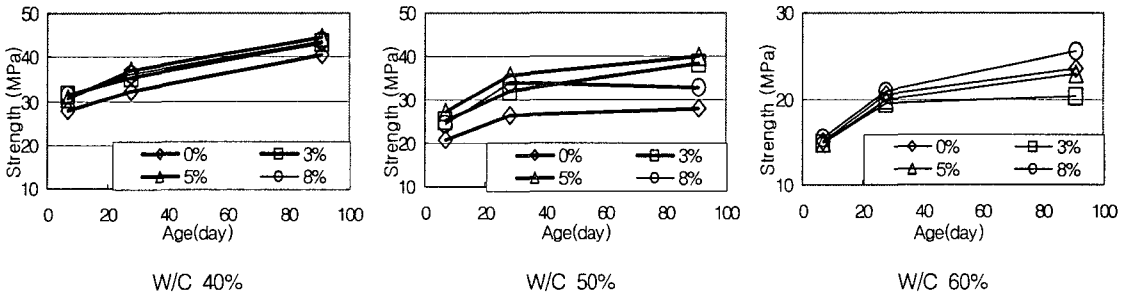


Fig. 1 Compressive strength with age

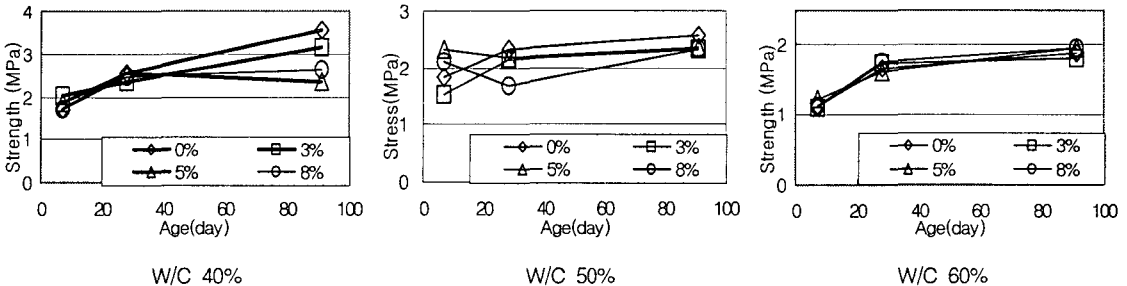


Fig. 2 Tensile strength with age

3.3 콘크리트의 내구성

3.3.1 동결융해 저항성

슬러지 고형성분 혼입에 따른 콘크리트의 동결융해 저항성을 비교하기 위하여 각 실험변수에 대해 실시한 결과를 정리하여 나타내면 Fig. 3와 같다. Fig. 3에 따르면, 동결융해 횟수가 증가하여도, 동탄성계수는 슬러지를 혼입한 콘크리트가 혼입하지 않은 콘크리트보다 양호한 경향을 보였고, 중량변화는 슬러지를 혼입 유무에 관계없이 비슷한 경향을 보였다.

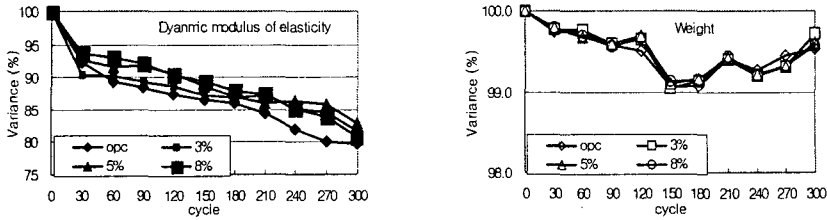


Fig. 3 Resistance to freezing and thawing

3.3.2 건조수축

슬러지 혼입률에 따른 콘크리트의 건조수축 거동을 파악하기 위하여 각 실험변수에 대해 실시한 결과를 정리하여 나타내면 Fig. 4 와 같다. Fig. 4에서는 건조수축을 예측하는데 일반적으로 사용되는 각 CODE(ACI Model, CEB-FIP Model)의 예측 결과를 함께 비교하였다. Fig. 4에 따르면 각 CODE의 예측값은 CEB-FIP, ACI 순으로 점점 큰 값을 나타내었다. 실험결과와의 예측값을 비교하여 보면 건조수축 발생량은 두 가지 모델식 중 CEB-FIP 모델식에 근접한 경향을 보였다. 그러나 정확한 예측을 위해서는 모델식의 보정이 필요할 것으로 사료된다. 실험결과를 살펴보면 슬러지 혼입률은 콘크리트 건조수축을 증가시키는 원인으로 작용하지 않는 것으로 판단된다.

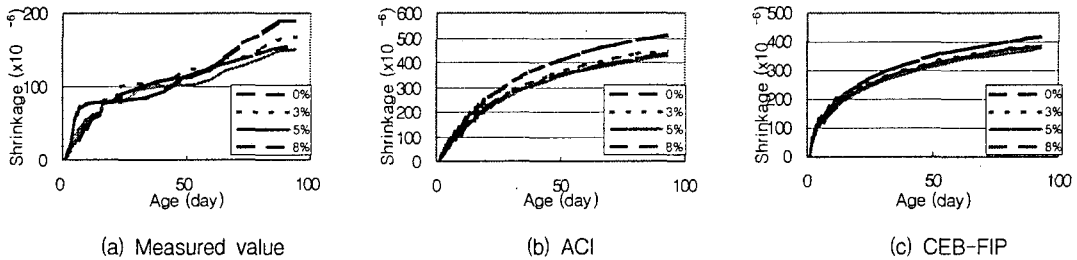


Fig. 4 Shrinkage-time curve

4. 결 론

본 연구의 범위에서 도출된 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 슬러지 혼입에 따라 대체적으로 시공성이 저하되었으며, W/C비가 큰 경우에는 슬러지수 혼입이 시공성에 미치는 영향이 감소하였다.
- 2) 슬러지 혼입이 콘크리트 압축강도 발현에 큰 저해요인으로 작용하지는 않았다.
- 3) 콘크리트에 미립분이 증가하게 되면 건조수축은 상대적으로 증가하는 것이 일반적이지만 슬러지 혼입률에 따른 건조수축율은 전반적으로 큰 변화가 없었다.
- 4) 배합수에 고형성분 8%까지의 슬러지수를 혼입하여도 콘크리트의 동결융해 저항성에는 나쁜 영향을 미치지 않았다.

참고 문헌

- 1) 김기철 외 4명, "레미콘 회수수의 콘크리트용 용수로써의 활용성에 관한 연구, 한국 콘크리트 학회, 1994
- 2) 대한 토목학회, "콘크리트 시방서", 1996
- 3) ACI Committee 209, "Prediction of Creep, Shrinkage, and Temperature Effects in Concrete Structures", American Concrete Institute, 2000
- 4) CEB, "Durable Concrete Structures", Thomas Telford, 1992, p.112