

잔골재가 콘크리트의 블리딩에 미치는 영향

Influence of Fine Aggregate on the Bleeding of Concrete

황인성* 배정렬** 심보길** 전충근* 한천구***
Hwang, Yin Seong Pei, Zheng Lie Sim, Bo Kil Jeon, Chung Keun Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This paper investigates the influence of fine aggregates on bleeding of concrete. According to test results, as water content decreases, crushed sand content increases, fluidity shows decline tendency. As for aggregates kinds, concrete using sea sand shows most fluidity loss among the tested results. Compressive strength gains highly when crushed sand is used. As for bleeding of concrete, bleeding shows decline tendency because of increasing in powder content and filling effect of voids. Bleeding amount is in a decreasing order of magnitude for concretes made with the following aggregates: sea sand, river sand, and crushed sand. Accordingly, crushed sand mixed with river sand and sea sand with certain proportion enable to reduce bleeding and enhance strength.

1. 서론

직경 $1\mu\text{m}$ 이하의 입자가 분산한 콜로이드 용액에서는 브라운 운동을 위한 균일한 계로 되어 분리는 발생하지 않으나, 콘크리트와 같이 $1\mu\text{m}$ ~수10mm의 입상물질 혼합계로 또한 구성재료의 비중도 다른 경우에는 시간의 경과와 함께 필연적으로 분리가 일어난다. 콘크리트의 분리는 운반, 타설 중에 발생하는 굵은골재의 분리와 타설후 고체입자의 침하에 따라서 물이 상승하는 블리딩이 대표적이다.

블리딩은 상부의 콘크리트를 다공질로 만들어 품질을 저하시킬 뿐만 아니라, 내부에 수로를 형성하여 수밀성 및 내구성을 저하시키는 원인이 되기도 하나, 마감작업이나 소성수축균열억제 측면에서는 오히려 어느 정도 블리딩이 있는 것이 바람직하기도 하다. 따라서, 콘크리트의 균등한 품질을 확보하기 위해서는 콘크리트 용적의 70~80%를 차지하는 골재의 품질과 함께 블리딩을 방지 혹은 조정하는 것도 중요하다.

그러나, 전국적으로 양질의 천연골재자원이 고갈되어 저품질화 되고있고, 바다모래 및 부순모래의 사용이 늘고 있으며, 단위수량의 증가와 그것에 의한 블리딩 등 콘크리트의 품질저하가 우려되고있다.

그러므로, 본 연구에서는 골재요인이 콘크리트의 블리딩에 미치는 영향에 대하여 검토하고자, 단위수량 및 부순모래 치환율과 골재종류에 따른 콘크리트의 기초적 특성 및 블리딩 특성을 분석하므로써, 콘크리트의 블리딩 저감또는 조정에 한 참고자료로 제시하고자 한다.

* 정회원, 청주대학교 건축공학과, 박사과정
** 정회원, 청주대학교 건축공학과, 석사과정
*** 정회원, 청주대학교 건축공학부 교수

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.
 즉, 실험요인으로 W/C는 50%에서 단위 수량을 155, 165, 175, 185kg/m³의 4수준, 단위수량 185kg/m³에서 부순모래 치환율을 0, 25, 50, 100%의 4수준, 골재종류를 강모래(이하 강사라 함), 바다모래(이하 해사라 함), 부순모래(이하 쇄사라 함)의 3수준으로 실험계획 하였다.
 이때, 굳지않은 콘크리트와 경화 콘크리트의 실험사항은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다.

표 1 실험계획

실험요인				실험사항		
W/C (%)	단위수량 (kg/m ³)	쇄사 치환율 (%)	골재종류	굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트	
50	155	0	강사	· 슬럼프	· 압축강도 (7,28일)	
	165					· 슬럼프플로우
	175			· 공기량		
	185					· 단위용적중량
	185	0	강사 + 쇄사	· 블리딩량		
		25				
185	50	강사	· 블리딩률	· 길이변화율		
	100					
185	-	쇄사	· 응결시간	· 중량변화율		

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 3과 같다. 잔골재로 강사는 충북 청원군 부강산, 해사는 인천 중구 항동에서 채취한 세척사, 쇄사는 충북 옥산산을 사용하였으며, 굵은골재는 충북 옥산산 25mm 부순 굵은골재를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 4와 같고, 골재의 입도곡선은 그림1과 같다

표 2 배합사항

W/C (%)	단위수량 (kg/m ³)	잔골재율 (%)	SP* / C (%)	절대용적배합 (ℓ/m ³)			중량배합 (kg/m ³)				
				시멘트	잔골재	굵은골재	시멘트	강사	해사	쇄사	굵은골재
50	155	38	0.5	98	267	435	310	686	0	0	1,148
	165	39		105	267	418	330	686	0	0	1,104
	175	41		111	274	395	350	704	0	0	1,042
	185	43		117	281	372	370	722	0	0	982
50	185	43	0.5	117	281	372	370	722	0	0	982
							370	541	0	183	982
							370	361	0	367	982
							370	0	0	733	982
50	185	43	0.5	117	281	372	370	722	0	0	982
							370	0	0	733	982
							370	0	0	733	982
							370	0	731	0	982

*SP : 고성능 감수제를 의미함.

표 3 시멘트의 물리적 성질

비중	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결시간 (분)		압축강도 (kgf/m ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,520	0.15	207	350	207	211	300

표 4 골재의 물리적 성질

구분	비중	조립률	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	0.08mm 통과량 (%)	입형판경실적율 (%)	
							잔골재
	해사	2.60	2.8	1.17	1,622	1.5	59.1
	쇄사	2.61	2.89	1.32	1,719	2.7	54.9
굵은골재	2.60	6.9	0.8	1,526	0.3	57.6	

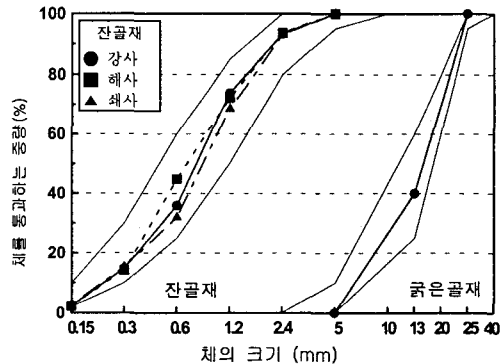


그림 1 골재의 입도곡선

또한, 혼화제는 고성능AE감수제로 국내산 J사의 폴리칼본산계를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 5와 같다

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 혼합하였다. 굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402 규정에 의거 실시하였으며, 슬럼프플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하였고, 공기량 및 단위용적중량은 KS F 2421 및 2409의 규정에 따라 실시하였으며, 블리딩량 및 블리딩률은 KS F 2414에 의거 실시하였다. 경화 콘크리트의 실험으로 압축 및 인장강도는 KS F 2405 및 2423 규정에 의거 실시하였고, 길이변화 및 중량변화율은 KS F 2424에 의거 실시하였다.

구분	주성분	형태	색상	비중 (20℃)
고성능AE감수제	폴리칼본산계	액체	담갈색	1.05

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

그림 2는 단위수량, 쇄사 치환율 및 골재종류에 따른 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적중량을 나타낸 것이다.

먼저, 단위수량 변화에 따른 슬럼프 및 슬럼프플로우는 단위수량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났고, 공기량은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한, 쇄사 치환율 증가에 따른 슬럼프 및 슬럼프플로우와 공기량은 다소 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 쇄사의 경우 강사에 비하여 입형이 불량하고, 미립분이 많아 유동성이 저하한 것으로 분석되며, 공기량은 미립분의 공극충전에 기인하여 저하한 것으로 사료된다. 또한, 골재종류별로는 해사, 강사, 쇄사 순으로 슬럼프 및 슬럼프플로우가 크게 나타났고, 공기량은 해사와 쇄사가 강사보다 적은 것으로 나타났다.

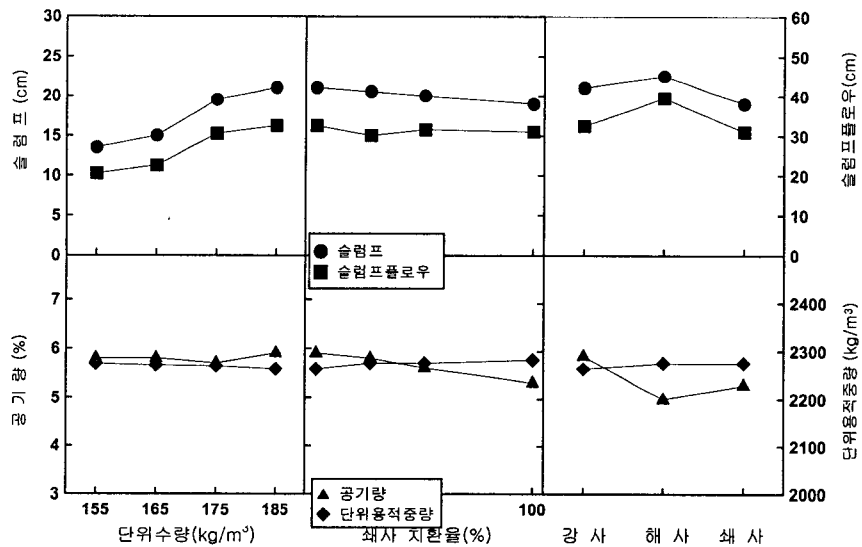


그림 2 단위수량, 쇄사치환율 및 골재종류에 따른 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적중량

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 3은 단위수량, 쇄사 치환율 및 골재종류에 따른 재령별 압축강도 및 28일 인장강도를 나타낸 것이다.

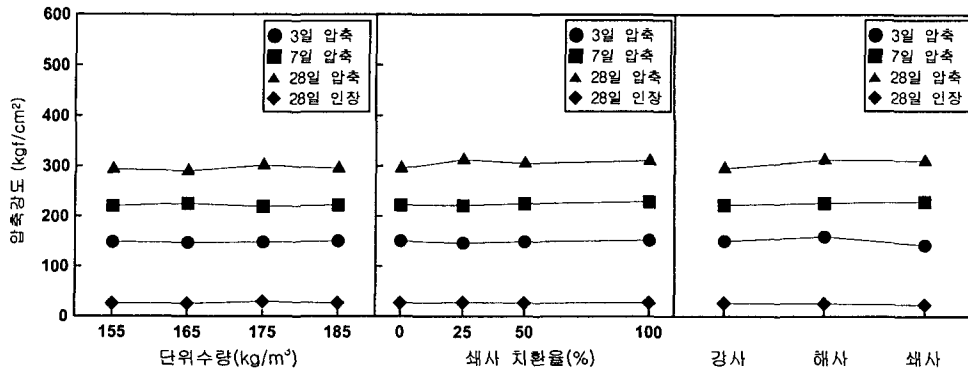


그림 3 단위수량, 쇄사 치환율 및 골재종류에 따른 압축 및 인장강도

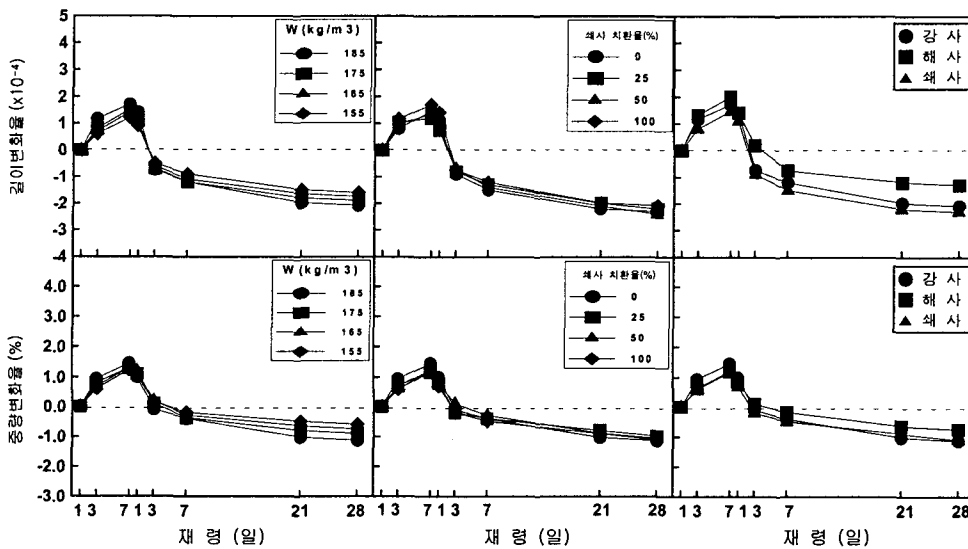


그림 4. 단위수량, 쇄사 치환율 및 골재종류에 따른 길이변화 및 중량변화율

먼저, 단위수량 변화에 따른 압축 및 인장강도는 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 쇄사 치환율 증가에 따른 압축강도는 다소 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 쇄사 입형의 영향으로 쇄사와 시멘트페이스와의 부착력이 증가되기 때문인 것으로 사료된다. 또한, 골재종류별 압축 및 인장강도는 강사보다 해사와 쇄사가 다소 크게 나타났다.

그림 4는 단위수량, 쇄사 치환율 및 골재종류에 따른 길이변화 및 중량변화율을 나타낸 것이다. 초기 7일 수중양생동안에는 길이 및 중량변화가 증가하다가 이후 기중양생동안에는 건조에 의한 길이변화 및 중량변화가 모두 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 단위수량 변화에 따른 길이 및 중량변화율은 단위수량이 증가할수록 크게 나타났으며, 쇄사 치환율 증가에 따라서는 다소 증가하는 경향이나 큰 차이가 없는 것으로 사료되며, 골재종류별로는 쇄사, 강사, 해사 순으로 다소 크게 나타났다.

3.3 블리딩 특성

그림 5는 단위수량, 쇄사 치환율 및 골재종류에 따른 블리딩량 및 물을 경과시간에 따라 나타낸 것이다.

먼저, 단위수량 변화에 따른 블리딩량 및 물은 단위수량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났고, 쇄사 치환율이 증가할수록 다소 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 쇄사 치환율 증가에 따른 미립분의 증가로 수분 흡착성이 증가하고, 미립분의 공극충진효과로 표면에 떠오르는 블리딩이 감소한 것으로 사료된다.

또한, 골재종류별로는 쇄사, 강사, 해사 순으로 블리딩이 크게 발생하였는데, 해사인 경우는 세척사로 미립분 함유량이 적고, 조립률이 강사보다 크기 때문에 블리딩이 증가한 것으로 사료된다.

그림 6은 단위수량 및 쇄사 치환율과 240분 총 블리딩량과의 관계를 나타낸 것이다.

먼저, 단위수량과 블리딩량과의 관계는 단위수량이 증가할수록 블리딩도 증가하는 것을 알 수 있고, 이때 상관계수는 0.98 이상으로 매우 높은 상관성을 보이고 있다. 또한, 쇄사 치환율 증가에 따른 블리딩은 감소하는 것을 알 수 있는데, 이때, 회귀식에 의한 상관계수는 0.7 이상으로 양호한 상관성을 보이고 있다.

그림 7은 단위수량 및 쇄사 치환율 변화에 따른 슬럼프 및 슬럼프플로우와 블리딩과 관계를 산점도로 나타낸 것이고, 그림 8은 압축강도와 길이변화율과의 관계를 나타낸 것이다.

먼저, 슬럼프 및 슬럼프플로우가 클수록 블리딩은 모두 증가하는 것을 알 수 있었

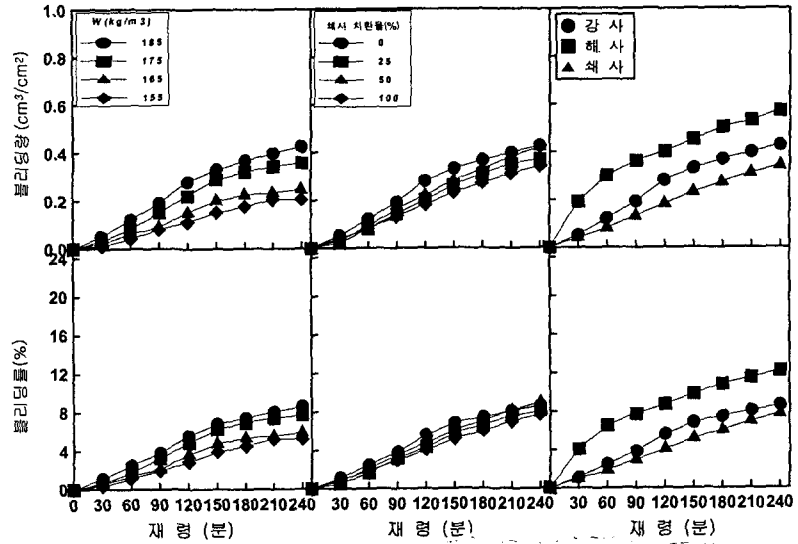


그림 5 단위수량, 쇄사 치환율 및 골재종류에 따른 블리딩량 및 블리딩물

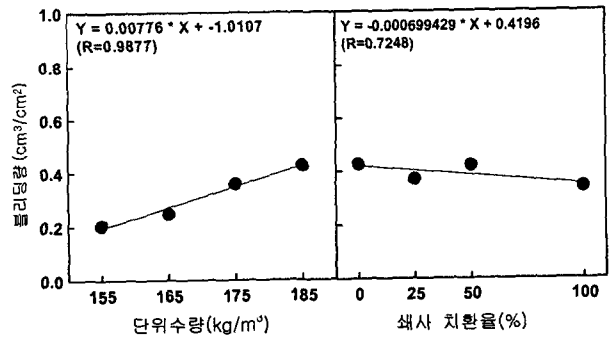


그림 6 단위수량 및 쇄사 치환율과 블리딩과의 관계

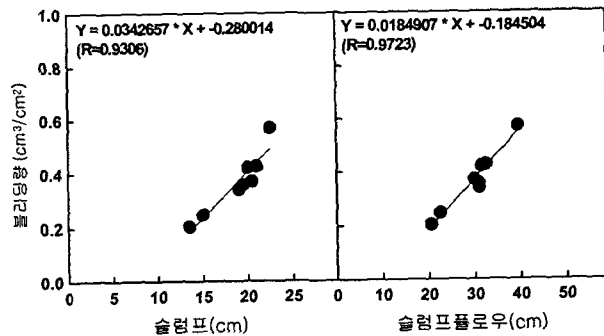


그림 7 슬럼프 및 슬럼프플로우와 블리딩과의 관계

는데, 상관성은 매우 양호한 관계를 보이고 있다.

또한, 압축강도와 블리딩과의 관계는 상관성이 크게 나타나지 않았고, 길이변화율 증가에 따른 블리딩은 증가하는 것을 알 수 있는데, 상관계수는 0.8 정도로 나타났다.

4. 결 론

단위수량, 쇄사 치환율 및 골재종류에 따른 콘크리트의 기초적 특성 및 블리딩 실험결과를 종합하면 다음과 같다.

(1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 슬럼프 및 슬럼프플로우는 단위수량이 감소할수록, 쇄사 치환율이 증가할수록 저하하는 것으로 나타났고, 골재종류별로는 해사, 강사, 쇄사 순이었다. 또한, 공기량은 쇄사 치환율이 증가할수록 다소 저하하는 것으로 나타났다.

(2) 경화 콘크리트의 특성으로 단위수량 변화에 따른 제반강도는 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 쇄사 치환율 증가에 따라서는 다소 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 길이변화 및 증량변화율은 단위수량이 증가할수록, 쇄사 치환율이 증가할수록 다소 증가하는 것으로 나타났다.

(3) 콘크리트의 블리딩 특성으로 단위수량 증가에 따른 블리딩량 및 율은 증가하는 것으로 나타났고, 쇄사 치환율이 증가할수록 다소 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 쇄사 치환율 증가에 따른 미립분의 증가로 수분 흡착성이 증가하고, 미립분의 공극충진효과로 표면에 떠오르는 블리딩이 감소한 것으로 사료된다. 또한, 골재종류별로는 해사, 강사, 쇄사 순으로 블리딩이 크게 발생하였다.

(4) 단위수량 및 쇄사 치환율 증가에 따른 블리딩은 슬럼프 및 슬럼프플로우가 클수록 증가하는 것으로 매우 양호한 상관성을 보이고 있다. 또한, 압축강도와 블리딩과의 관계는 상관성이 크게 나타나지 않은 반면, 길이변화율 증가에 따른 블리딩은 비례 증가하는 것으로 양호한 상관성을 보이고 있다.

이상을 종합하면 콘크리트의 블리딩 저감방안으로 강사 및 해사와 쇄사를 일정비율 혼합하여 사용하면, 블리딩 저감 및 강도증진에 유익한 효과가 있을 것으로 사료된다.

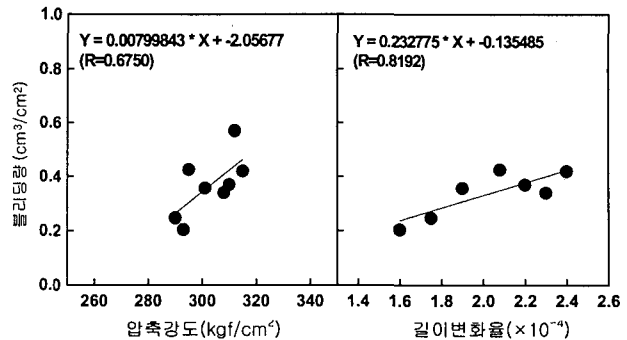


그림 8 압축강도 및 길이변화율과 블리딩과의 관계

감사의 글

본 연구는 충북 중소기업청의 지원에 따라 충북지역 금성레미콘과 컨소시엄 연구로 진행된 것으로 위 기관에 감사한다.

참고문헌

1. 한천구, 콘크리트 특성과 배합설계, 기문당, 1998. 7.
2. 한천구, 이종태, 임종민, 김성식, 이진규, 윤기원, "부순모래 콘크리트의 특성에 미치는 입형 및 미립분의 영향," 대한건축학회 논문집, 제 13권 제 4호, pp. 399~404, 1997. 4.
3. 대한주택공사 주택연구소, "콘크리트용 부순모래의 실용화방안연구," 1996.12.
4. 한천구, 윤기원, "부순모래 콘크리트의 특성 및 배합설계에 관한 실험적 연구," 대한건축학회논문집, 제 12권 제 9호, pp. 263~269, 1996. 9.