

경량골재를 사용한 경량콘크리트의 펌프압송 성능향상에 관한 실험적 연구

The Experimental Study on improvement the pump sending of the light weight concrete using the light weight aggregate

박 대 오* 서 처 호** 지 석 원*** 이 진 우**** 신 상 태***** 지 석 원*****
Park, Dae-oh Seo, Chee-Ho Ji, Suk-Won Lee, Jin-Woo Shin, Sang-Tae Jee, Suk-Won

Abstract

The study about the concrete to use recently a light weight aggregate, processed actively. And concrete pumping with a high pressure pump has been popularized, the mechanical development, such as high pressure pumps or pipes, is progressing rapidly. Concrete placing by pumping has the advantage of the reduction of the construction period with workability, easiness of work and the increase of placing, but the quality variation of concrete is caused by pumping is seldom considered, including the increase of the pipe length by high-rising and large-sizing, there by the loss of the unit quantity of water, with pumpability or workability deteriorated.

In this research, we will compare and analyze before pumping and after pumping samples of ready-mixed light weight concrete.

The result of study as follow. The case of a light weight concrete which the low slump is more decrement compared with high slump light weight concrete in after pumping samples. After pumping the water by pressure of a pump was absorbed to the aggregate inside, and it showed an increase of compression strength about 5~20%.

키 워 드 : 경량 골재, 경량 콘크리트, 펌프압송, 펌프 압력

Keywords : A light weight aggregate, light weight concrete, concrete pumping, pumping pressure

1. 서 론

최근 몇 년간 건축물이 대형화, 고층화, 다양화 되어감에 따라 이들 건축물에 사용되는 각종 자재 및 공법 또한 건설환경의 변화에 맞추어 조립화 및 건식화 공법의 적용이 크게 늘어나고 있는 실정이며, 이에 맞추어 건축재료의 성능향상에 대한 요구 또한 증가추세에 있다. 건축재료의 성능향상에 대한 요구는 각 건축재료의 시공성, 경제성은 물론 경량성, 단열성 등의 종합적이고 광범위한 성능을 만족시킬 수 있는 다기능 소재의 개발을 필요로 하고 있다.

따라서 콘크리트의 결함을 개선함과 동시에 여러 우수한 성능을 부여할 목적에 의해 제조되는 경량콘크리트의 활용이 그 대안으로 제시될 수 있다.

콘크리트의 제조기술 개발 및 보급되면서 콘크리트를 운반·타설 하는 방법도 다양해지고 발전하고 있으며, 그 중에 펌

프 압송에 의한 콘크리트의 타설이 일반화 되고 있는 추세이다.

그러나 펌프 압송에 의해 압송된 콘크리트에서는 다양한 품질변화가 발생되어 압송 전후의 슬럼프 및 슬럼프플로우 저하, 공기량과 압축강도의 변화 등이 나타나고 있다. 특히 경량골재를 사용하는 경우 그 품질변화는 더욱 클 것으로 예상되어 펌프압송에 의한 경량골재콘크리트 품질 관리에 대한 고려가 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 경량골재콘크리트의 펌프 압송 전·후의 경량골재콘크리트 물성 변화를 비교·분석하고 압송에 따른 경량골재콘크리트의 물성변화에 대한 기초적 자료를 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험 계획

본 연구는 기존연구(1)를 바탕으로 구조용으로 적용 가능한 배합 범위를 선정하고 기본적인 특성을 평가하여 역학적 특성을 기준으로 구조용 범위에 속하는 배합에 대하여 펌프 압송에 대한 최적 배합을 도출한 후 현장에서 많이 사용하고 있는 강

* 건국대학교 건축공학과 석사과정, 정회원

** 건국대학교 건축대학 교수, 정회원

*** 한국구조물성능평가원 부장, 정회원

**** 두산산업개발(주) RC 연구개발팀 사원, 정회원

***** 두산산업개발(주) 기술연구소 과장, 정회원

***** 두산산업개발(주) 기술연구소 팀장, 정회원

도 24MPa의 배합을 목표 슬럼프 22, 18cm의 2가지로 하여 각각의 펌프압송 특성과 펌프 압송후 물성의 특징에 대하여 검토하였다.

본 연구의 경량골재콘크리트 배합은 표1 과 같다.

표 1. 실험 계획

구분	W/B (%)	S/a (%)	F.A (%)	혼화제 (%)	목표 슬럼프	비고
S22	45.0	48.0	10	0.9	22±2	표면수율보정 5%
S18	50.0	48.0	10	0.9	18±2	표면수율보정 10%

2.1.1 굳지않은 콘크리트의 시험

굳지않은 콘크리트에 대해서 KS F 2401의 규정에 따라 시료를 채취하여 공기 함유량 측정 시험과 슬럼프, 슬럼프 플로우 측정 시험을 실시하였다. 공기 함유량 측정 시험은 KS F 2421에 의하여 워싱턴형 에어미터로 실시하였으며, 슬럼프, 슬럼프 플로우 시험은 KS F 2402의 규정에 따른 시험기와 평면이 평활한 100 × 100cm의 아크릴판을 제작하여 실시하였다. 슬럼프 플로우 시험의 측정값은 3개소에서 측정된 콘크리트의 평균 값을 슬럼프 플로우 값으로 하였다.

2.1.2 굳은 콘크리트의 시험

굳은 콘크리트에 대해서는 압축강도 시험을 실시하였다. 굳은 콘크리트의 압축강도 시험은 KS F 2403의 규정에 의하여 압축강도 시험용 공시체를 제작, 표준 양생 후, KS F 2405의 규정에 따라 7일, 14일 압축강도 시험을 실시하였다.

2.1.3 펌프 압력

경량골재콘크리트의 펌프압송을 위한 펌프압력은 일반콘크리트에 비해 1.1~2배 이상가량 더 높은 압력을 요구하는 것으로 알려져 있다. 경량골재콘크리트의 비중은 작으나 경량골재의 특성상 표면건조내부포화상태가 유지되지 않은 경우 압송 중에 페이스트의 물을 흡수하거나, 골재 자체의 탄성력에 의해 압력이 흡수되는 것에 기인하는 것으로 판단되며, 향후 경량골재콘크리트의 타설에는 일반콘크리트의 펌프압송시 보다 높은 성능의 펌프를 고려하여야 할 것이다. 이에 따라 펌프의 제원이 큰 J사의 것으로 실험하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 재료는 D사 레미콘 공장에서 사용하는 KS L 5201, 5045, 및 KS F 2503, 2504, 2050 등의 규정에 적합한 재료를 사용하였으며, 이 중 혼화제로 사용한 플라이애쉬의 특징은 다음 표 3과 같다. 또한 혼화제로는 표준형 AE감수제와 폴리카보산계 고성능 감수제로 현장의 예비 실험을 통하여 에코경량골재에 가장 적합한 혼화제를 결정하여 사용하였다. 시멘트의 물리적 성질은 다음 표 4와 같다.

본 실험에 사용된 에코인공경량골재의 경우, KS F 2534에는 어느 정도 만족하나, 콘크리트표준시방서, JIS A 5002의 입도 범위와는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 최대치수 20mm

의 조립율 5.82로 5~13mm크기의 골재가 많은 인공경량골재로 실험을 하였다.

에코경량골재의 물성은 및 형상은 표 5, 그림 1, 그림 2와 같다.

표 2. 콘크리트의 종류에 따른 수송관의 수평 환산계수

항 목	공 칭 치 수 mm (inch)	수평환산장 (m)	
		보통골재콘크리트	경량골재콘크리트
상향 수직관 (1m당)	100 A (4B)	3	4
	125 A (5B)	4	5
	150 A (6B)	5	6
레이퍼관 (1개당)	175 A ~ 150 A	4	4
	150 A ~ 125 A	8	10
	125 A ~ 100 A	16	20
	곡관 반지름 0.5m 반지름 1.0m	90도	6
고무 호스	5~8m인 것 1개	20	30

표 3. 플라이애쉬의 특성

화학적 성분 (%)			물리적 성질			
습분	강열 감량	SiO ₂	밀도	분말도 (cm ² /g)	단위수량비 (%)	압축강도비 (%)
0.2	2.7	58.6	2.25	3,770	100	88.4

표 4. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm ³)	분말도 (cm ² /g)	용결		안정도 (%)	압축강도(N/mm ²)		
		초결 (분)	중결 (분)		3일	7일	28일
3.15	3,400	230	390	0.1	22.54	29.40	40.18

표 5. 경량골재 물리적 특성

성분	비중	조립율	흡수율	입형
점도 + 페분진	1.89	5.82	17.76	둥글며 매끄러운 표면



그림 1. 경량골재 사진

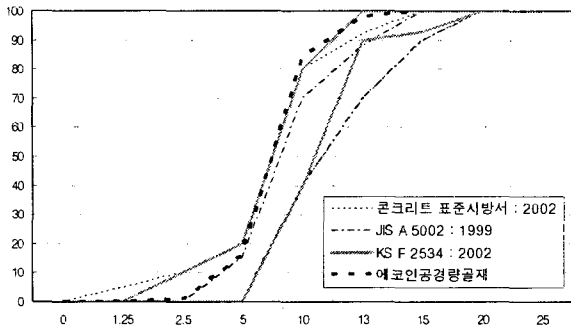


그림 2. 에코인공경량골재의 입도 분포

3. 실험결과 및 분석

레미콘 배합시 표면수율보정은 호퍼 내의 골재 및 재료들의 표면건조 내부포화 상태를 맞추기가 힘들기 때문에 많은 레미콘 제조 공장에서 적용하는 방법으로 본 실험에서도 표면수율보정을 실시하였다.

경량골재는 골재의 특성상 흡수율이 높아 시간에 따른 흡수율이 달라지게 된다. 이에 따라 프리웨팅을 2주 이상을 적용·실시하였으며, 흡수된 골재는 물속에서 나오면서 내부의 수분을 밖으로 내보내게 된다. 본 실험에서도 경량골재의 이러한 특징을 반영하여 배합에 따른 골재의 표면수율을 적용하게 되었다.

배합의 성공에 따라 콘크리트의 골재내의 표면수율을 점차 높게 적용하여 콘크리트가 된 배합이 되도록 유도 하였다.

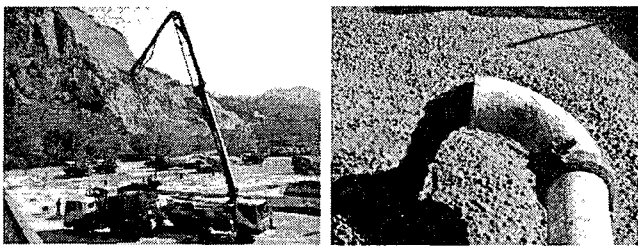


그림 3. 경량골재 콘크리트 펌프압송 사진

3.1 굳지않은 콘크리트의 변화

3.1.1 슬럼프

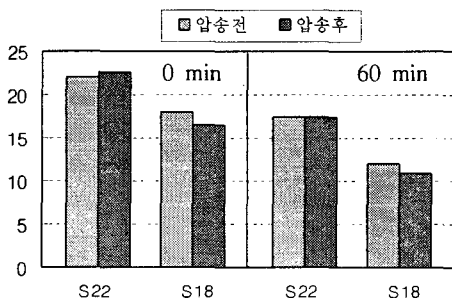


그림 4. 압송 전·후 및 시간 경과에 따른 슬럼프 변화

그림 4는 압송 전·후 각 슬럼프 값의 변화에 대해 나타낸 것으로 압송 후의 슬럼프 값이 압송전과 변화하는 것을 알 수

있다. 그림 4에서 보면 슬럼프 값이 작은 배합일수록 압송 전 후의 변화가 뚜렷하게 나타나는데 이는 압송시 펌프의 압력에 의해 배합내의 수분이 골재내로 흡수되어 슬럼프 값이 감소하는 것으로 판단된다. 슬럼프가 높은 배합은 골재의 내부로 수분이 흡수 된다고 하여도 배합 내에는 아직 많은 수분이 존재하여 슬럼프에 영향을 적게 주는 것으로 판단된다.

3.1.2 공기량 및 단위용적 질량

압송 전·후의 공기량 변화는 그림 5와 같고 단위용적 질량 변화는 그림 6과 같다. 공기량은 펌프 압송에 따라 감소하는 것으로 나타났으며, 슬럼프가 높은 배합일수록 공기량의 감소가 적었는데²⁾ 이 또한 골재내의 수분과 공기가 골재내로 흡수 되면서 전체적인 공기량이 감소하는 것으로 판단되며, 슬럼프 값이 작은 배합 일수록 그 변화치는 큰 것으로 판단된다. 단위 용적 질량은 위와 같은 변화로 질량이 증가하는 것을 알 수 있다.

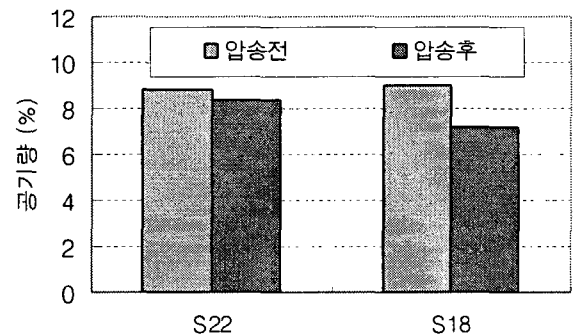


그림 5. 압송 전·후 공기량이 변화

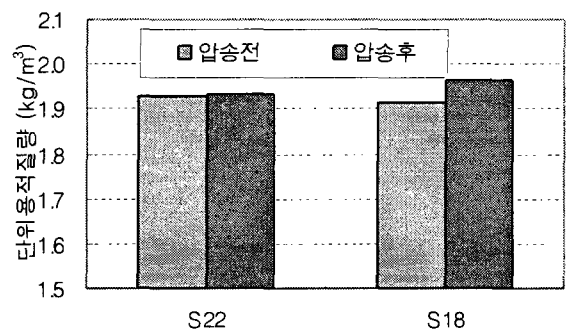


그림 6. 압송 전후 단위용적 질량

3.1.3 펌프압송 압력

펌프의 압력은 펌프 자체에 설치되어 있는 압력계이기에 따른 것으로 기존 연구에 따라 슬럼프가 작을수록 펌프의 압력은 높아지는 것을 알 수 있다. 펌프의 압력은 보통콘크리트 압력이 90~120Bar 인데 비하여 1.2~1.6배 정도의 압력차이가 나타나는 것을 알 수 있다.

표 6. 에코경량골재 펌프압송시 압력변화

구 분	S22	S18
압 력	150 Bar	190 Bar

3.2 굵은 콘크리트의 특성변화

3.2.1 압축강도

그림 7은 굵은 콘크리트의 압송·후 압축강도 변화를 나타낸 것이다.

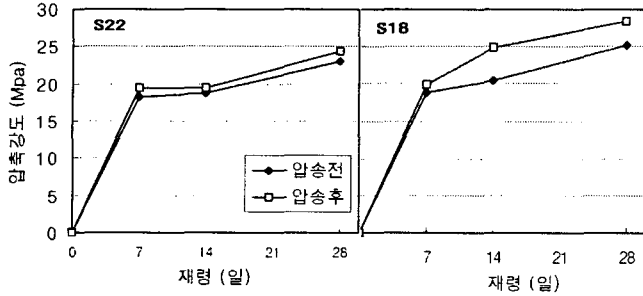


그림 7. 압송 전·후 압축강도의 변화

압축강도의 압송 전·후 변화는 S22의 경우 압송후 7일째의 경우 6.5%, 28일째의 경우 5.4%의 강도 증가율을 보였으며, S18의 경우 7일째에 5.6%, 28일째에 13.3%의 강도 증가율을 보였다. 이는 펌프 압송시 배관거리에 따른 관내 마찰저항과 압력에 의해 골재가 배합내의 수분을 흡수하는 등의 배합내 수분의 손실에 기인한 것으로 판단되며, 단위수량의 손실로 인한 압축강도의 증진이 있을 것으로 예상된다.

4. 결 론

본 연구는 펌프의 압송 전·후 에코경량골재콘크리트의 특성 변화에 대한 연구로 D사의 레미콘 공장에서 굳지않은 콘크리트와 굵은 콘크리트의 특성 변화에 대한 실험을 실시 하였다. 에코경량 골재콘크리트 펌프압송 특성에 관해 검토한 것으로써 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프는 압송 후의 슬럼프 값이 압송전의 슬럼프 값에 목표 슬럼프 값에 따라 다른 양상을 보이는데 이는 펌프의 압력에 의해 배합내의 수분 손실과 그 손실량이 배합에 영향을 주어서 압송 전과 후를 살펴보면 묽은 콘크리트의 경우 압송전과 후의 슬럼프 차이가 거의 없었으나 된 콘크리트의 경우 압송 후 약간의 슬럼프 감소가 나타났다.
- 2) 공기량은 압송 전에 비해 압송 후 콘크리트에서 다소 작게 측정되었고 단위용적질량은 압송 후 콘크리트에서 압송전보다 다소 높게 측정 되었다. 이는 압력에 의해 배합내의 공기량과 수분이 골재에 흡수되어 나타난 결과로 판단된다.
- 3) 펌프압송 압력의 경우 된 배합일수록 펌프의 압력이 높게 필요로 하는 것으로 나타났다.

- 4) 굵은 콘크리트의 특성으로 압축강도는 배합내의 수분의 손실로 인해 압송후가 압송전에 비해 약5%~20%의 강도 증진 효과가 있는 것으로 판단된다.

본 연구는 지금까지 에코경량 골재콘크리트에 대한 기초적 자료를 활용하여 경량골재콘크리트의 최적 배합을 도출한 후 그 배합을 이용하여 펌프 압송을 실시하여, 에코경량골재 콘크리트의 펌프압송 성능 향상을 위한 프리웨팅의 기간, 펌프 압력 등을 관찰하였다. 이에 본 연구에서는 경량골재의 프리웨팅은 2주 이상 실시하며, 펌프압송을 위하여서는 보통 콘크리트보다 높은 압력의 펌프를 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 서치호 외, 하수슬러지를 이용한 에코인공경량골재콘크리트의 레드믹스콘크리트의 적용연구 - 한국콘크리트학회 봄 학술 발표회 논문집2005
2. 양근혁 외, 골재의 함수상태가 재생골재 콘크리트의 특성에 미치는 영향 - 대한건축학회 논문집(구조계) 2005,10
3. 서치호 외, 유동화경량골재콘크리트의 유동특성과 슬럼프플로우 경시변화에 관한 실험적 연구 - 대한건축학회 논문집 1997,09
4. 이문환 외, 인공경량골재의 함수상태에 따른 콘크리트 강도효과에 관한 연구 - 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(구조계) 1993,10
5. Owens, P.L and Newman, J.B Increasing the environmental acceptability of new energy from waste plants by intergration with cost effective concrete aggregate manufacture. IWA Scientific & Technical Review, Institute of Wastes Management, Nov 21-26(
6. John Newman, Ban Seng Choo - Advanced Concrete Technology 2003