

인공경량골재의 물리적 특성에 따른 구조용 경량콘크리트의 프레쉬 및 경화성상

Fresh and Hardened Properties of Structural Lightweight Concrete according to the Physical Properties of Artificial Lightweight Aggregates

신재경* 최진만** 정용*** 김양배**** 윤상천***** 지남용*****
Shin, Jae-Kyung Choi, Jin-Man Jeong, Yong Kim, Yang-Bea Yoon, Sang-Chun Jee, Nam-Yong

ABSTRACT

Structural lightweight concrete will reduced total loads of supporting sections and foundations in architectural and civil structures. So, the lightweight concrete can use widely for various purpose in the architectural and civil structures. However, the performance of lightweight concrete is essentially dependent of properties of used lightweight aggregates. So, in this paper were examined the fresh and hardened properties of lightweight concrete that are used 3types of the differences properties of lightweight aggregates from lower water-ratio to higher water-ratio of concrete mixing regions. Lightweight concrete was somewhat exhibit larger slump loss than ordinary concrete. Also, the development of compressive strength was lower than ordinary concrete, however it was not showed a marked difference. According to types of lightweight aggregates, the case of synthetic lightweight aggregate are highest performance in fresh and hardened concrete, but it is should be to evaluate the structural performance testing as anchoring and bond strength with reinforcing steel bars.

요약

경량콘크리트는 자중을 경감할 수 있다는 특징을 활용하여 다양한 용도로 건축 및 토목 구조물에 적용할 수 있다. 그러나 경량콘크리트의 성능은 사용된 경량골재의 물리적 특성에 의해 크게 좌우되어진다. 따라서 본 연구에서는 일반적인 콘크리트의 물결합재비부터 고강도 영역의 낮은 물결합재비까지의 콘크리트 배합범위를 대상으로 하여 국내외에서 제조 생산되고 있는 대표적인 구조용 인공 경량골재 3종류의 품질 특성에 따른 경량콘크리트의 프레쉬 및 경화성상의 검토를 하였다. 그 결과 보통콘크리트에 비해 경량골재를 사용한 콘크리트의 경우가 슬럼프 로스가 다소 큰 것을 알 수 있었으며 재령별 강도발현은 보통콘크리트에 비해 경량콘크리트가 다소 낮은 것을 알 수 있으나 큰 차이를 나타내지는 않았다. 경량골재의 비조립형 및 조립형 골재에 따라서는 조립형 경량골재를 사용한 경우 비조립형 보다 양호한 콘크리트 성상을 나타냈으며 향후 철근부착 및 철근정착 등의 구조 부재 성능 차원의 검토를 통해 판단될 필요가 있다.

- * 정회원, (주)삼표 기술연구소 연구원
** 정회원, (주)삼표 기술연구소 책임연구원
*** 정회원, (주)삼표 기술연구소 수석연구원
**** 정회원, 삼표이앤씨(주) 교량기술연구소 소장, 공학박사
***** 정회원, 경주대학교 건축학부 교수, 공학박사
***** 정회원, 한양대학교 건축공학부 교수, 공학박사

1. 서론

최근들어 산업부산물의 유효이용, 원재료 및 제조방법의 개선 등에 대한 연구 및 기술개발의 활발한 진행에 더불어 구조용 콘크리트에 적용하기 위한 인공경량골재 제품의 고품질화도 급속히 이루어지고 있다. 이에 본 연구에서는 현재 국내외에서 제조 생산되고 있는 구조용 인공경량 골재의 대표적인 종류를 선별하여 사용한 경량콘크리트의 배합을 일반적 콘크리트의 물결합재비부터 고강도 영역의 낮은 물결합재비까지 결정하고 결정된 물결합재비별 콘크리트의 프레쉬 및 경화후의 재령별 강도성상 및 탄성계수, 겉보기밀도, 흡수율 등의 제반 물성들을 기존의 부순골재를 사용한 보통콘크리트와 비교 검토하여 다양한 물결합재비의 범위에서 건축 및 토목 구조물용 경량콘크리트의 적용 가능성 파악을 위한 일련의 기초적 검토를 하였다.

2. 실험개요

2.1 실험계획

본 실험의 대상으로 하는 콘크리트는 표 1에 나타낸 것과 같이 물결합재비 30, 40, 50, 60%의 4수준을 대상으로 하였으며 보통콘크리트는 부순돌·바다모래를 사용하였으며 경량콘크리트는 잔골재로는 바다모래, 굵은골재로는 표 1에 나타낸 3종류의 국내외산 경량골재를 사용하여 인공경량골재의 물리적 특성에 따른 구조용 경량콘크리트의 프레쉬 및 경화성상을 보통콘크리트와 비교검토하였다. 콘크리트의 요구성능은 W/B 30%의 경우에 목표 슬럼프 플로우 600±100mm, 목표 공기량 3.5±1.5%로 하였으며 W/B 40, 50, 60%의 경우는 목표 슬럼프 180±25mm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 배합을 도출한후 콘크리트 혼합 후 60분까지의 시간경과별 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량의 프레쉬 성상을 측정하였고, 압축강도, 인장강도, 겉보기밀도, 정탄성계수, 흡수율 등의 경화성상을 표 1의 실험계획에 따라 재령별로 측정하였다.

2.2 사용재료

사용된 결합제는 분말도 3,482cm²/g 및 밀도 3.15g/cm³의 H사 보통포틀랜드시멘트와 분말도 3,362cm²/g, 밀도 2.21g/cm³ 및 강열감량 3.8%의 충남 당진산 플라이애쉬를 사용하였다. 골재는 잔골재로 조립율 2.68, 표준밀도 2.56g/cm³, 흡수율 1.47%의 인천산 바다모래와 그림 1 및 표 2에 나타낸 물리적 성질을 지닌 부순골재 및 인공경량골재를 굵은골재로 사용하였다. 한편 프레쉬의 요구성능 확보를 위하여 D사의 폴리칼본산계 고성능감수제를 적정량 사용하였다.

표 1 실험계획

실험인자 및 항목	실험 수준	
	W/B (%)	4수준
목표슬럼프 (mm)	2수준	· 180±25 : W/B 40, 50, 60% · 600±100 : W/B 30%
목표공기량 (%)	2수준	· 4.5±1.5 : W/B 40, 50, 60% · 3.5±1.5 : W/B 30%
혼화재 (%)	1수준	· FA 15
굵은골재의 종류	4수준	· 부순돌-CG · 비조립형(단일입도)경량골재-SLG · 비조립형(연속입도)경량골재-CLG · 조립형 경량골재-LG
프레쉬성상	3항목	· 슬럼프, 슬럼프 플로우 · 공기량, 단위용적질량
경화성상	5항목	· 압축강도 (3, 7, 28, 56, 91일) · 인장강도 (28일) · 겉보기밀도(28일) · 정탄성계수 (28일) · 흡수율 (28일)

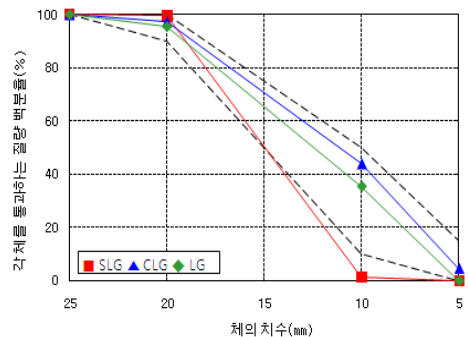


그림 1 경량골재 종류별의 입도분포 곡선

3. 실험결과 및 분석

실내 배합실험을 통하여 표 3에서와 같이 경량콘크리트의 배합을 결정하였으며 시간경과에 따른 프레쉬 성장 및 경화 콘크리트 성장의 측정결과는 표 4와 같다.

3.1 프레쉬 콘크리트 성장

콘크리트의 유동성은 부순골재에 비하여 경량골재를 사용한 경우가 W/B 60%에서 슬럼프 로스가 경과시간 60분에 다소 크게 나타났고, 공기량은 동일배합에서 경량 콘크리트가 약 1~2%정도 높게 나타났으며, 이는 모르타 중의 수분이 초반에 골재내로 흡수되면서 유동성 저하 폭이 커지고 갇힌 공기의 증가로 공기량이 높게 나타나는 것으로 판단된다. 콘크리트의 단위용적 질량은 W/B가 높을수록 골재의 밀도가 낮을수록 작게 나타나 저장도 영역에서 경량화 효과가 큰 것을 알 수 있었다.

3.2 경화 콘크리트 성장

압축강도는 보통콘크리트가 모든 수준에서 크게 나타났으며 연속입도의 비조립형인 경우 낮게 나타났다. 또한 W/B에 따라서는 저장도에서는 골재종류와 상관없이 비슷하게 나타났으나 W/B

표 2 사용된 굵은골재의 물리적 성질

기호	종류	산지	주요물성				
			조립률	밀도 (g/cm ³)	단위용적 질량(kg/m ³)	흡수율(%)	골재과쇄 값(%)
CG	H산 부순골재		6.67	2.63	1,490	0.72	18.4
SLG	K산 경량골재 (비조립형)	(단일입도)	6.98	1.59	806	4.20	20.9
CLG	C산 경량골재 (비조립형)	(연속입도)	6.46	1.77	945	5.99	35.8
LG	C산 경량골재 (조립형)	(연속입도)	6.53	1.57	889	4.98	23.7

표 3 콘크리트의 배합

W/B (%)	골재 종류	S/a (%)	SP/C (%)	AE/CE (%)	단위량(kg/m ³)				
					W	C	FA	S	G
60	CG	49	1.00	0.003	177	251	44	890	958
	SLG	55	1.10					999	531
	CLG	55	1.20					999	556
	LG	55	1.00					999	515
50	CG	48	0.70		176	299	53	849	952
	SLG	54	0.60					955	528
	CLG	52	0.80					920	577
	LG	54	0.60					955	512
40	CG	47	0.80		175	372	66	797	930
	SLG	51	0.70					865	539
	CLG	45	0.90					763	634
	LG	52	0.60					882	513
30	CG	45	1.20	168	476	84	723	914	
	SLG	48	1.10				771	542	
	CLG	45	1.30				723	600	
	LG	48	1.20				771	526	

표 4 콘크리트의 프레쉬 및 경화 성장

W/B (%)	굵은골재 종류	프레쉬 콘크리트						경화 콘크리트 (재령 28일)						
		슬럼프(mm) 또는 슬럼프플로우*(mm)			공기량(%)			단위용적 질량 (kg/m ³)	압축강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	겉보기 밀도 (t/m ³)	비강도	탄성계수 (×10 ⁴ MPa)	흡수율 (%)
		경과시간(분)			경과시간(분)									
		0	30	60	0	30	60							
60	CG	185	145	135	3.1	2.9	2.5	2279.2	26.87	2.59	2.28	118	2.85	6.11
	SLG	170	160	90	4.4	4.1	3.5	1918.8	21.83	1.68	1.86	117	2.36	8.51
	CLG	160	155	75	4.4	4.1	4.0	1996.5	21.50	1.84	1.89	114	2.32	10.93
	LG	170	140	80	5.0	4.5	4.1	1890.8	25.02	1.93	1.83	137	2.45	10.24
50	CG	200	200	180	3.0	2.7	2.5	2310.9	43.48	2.82	2.30	189	2.90	5.61
	SLG	210	150	140	5.9	4.5	4.0	1888.9	34.55	2.54	1.95	177	2.39	7.88
	CLG	215	220	210	3.7	4.2	3.7	2025.2	35.52	2.84	1.98	179	2.35	9.52
	LG	200	160	120	5.8	5.7	4.5	1903.6	37.47	2.88	1.89	198	2.48	8.60
40	CG	221	240	220	3.1	2.9	2.5	2330.1	51.35	3.80	2.34	219	3.05	5.05
	SLG	225	220	205	3.2	3.2	2.8	1962.9	48.65	2.96	1.92	253	2.57	6.84
	CLG	205	210	195	5.0	4.7	4.5	1940.2	39.39	3.09	1.98	199	2.51	8.85
	LG	235	230	185	4.7	3.9	3.7	1931.1	50.17	3.21	1.90	264	2.68	6.98
30	CG	700	720	735	3.0	2.5	2.2	2347.2	65.38	4.28	2.39	274	3.43	4.41
	SLG	640	720	740	3.2	2.9	2.5	1990.1	58.71	3.52	2.00	294	2.87	5.60
	CLG	630	715	735	3.0	2.7	2.4	2073.6	53.80	3.83	2.07	260	2.68	7.18
	LG	625	675	680	4.0	3.5	3.1	1986.4	62.35	3.93	1.99	313	3.09	5.44

가 낮아질수록 보통콘크리트와 콘크리트의 강도차가 커지는 것을 알 수 있다 이는 저강도영역에서는 하중재하시 시험체의 파괴가 골재와 모르타르간의 계면에서 형성되지만, 고강도 일수록 골재자체의 강도도 크게 작용되어진 영향으로 판단된다. 한편 인장강도는 압축강도와 유사한 경향으로 나타나고 있어 경량콘크리트의 인장강도 저하 현상은 없는 것으로 판단된다. 겉보기밀도는 보통콘크리트에 비해 경량콘크리트의 결과가 전체적으로 약 $0.4t/m^3$ 정도의 질량 감소효과가 있는 것으로 확인되었으며 그중 골재 자체의 밀도

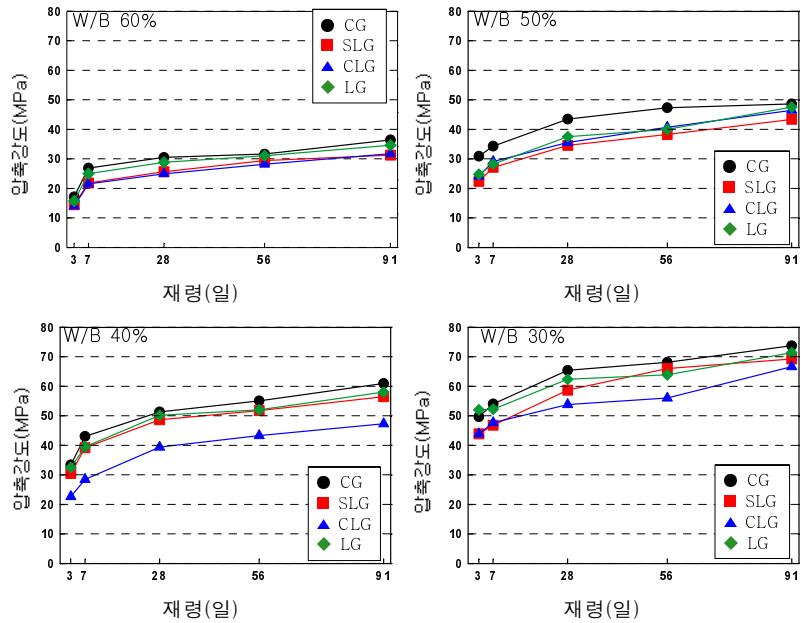


그림 2 골재종류별 재령경과에 따른 압축강도

가 작은 조립형 경량골재를 사용한 경우 가장 큰 폭의 질량 감소효과가 나타났다. 한편 비강도는 압축강도가 가장 작고 겉보기밀도가 높은 결과를 보인 비조립형의 CLG 경우만이 보통콘크리트에 비해 낮은 결과를 보였으며 다른 수준의 SLG 및 LG의 경우 모두 상대적으로 비강도가 보통콘크리트와 동등 이상의 비강도 결과를 나타낸 것을 알 수 있다. 재령 28일에서의 정탄성계수는 경량콘크리트의 경우가 보통콘크리트에 비해 다소 낮게 나타났으나 구조적으로 사용상에 무리가 없는 범위의 결과를 보였다.

4. 결론

- 1) 경량골재를 사용한 콘크리트의 경우가 보통콘크리트에 비해 슬럼프 로스가 다소 크며 공기량은 약 1~2%정도 높게 나타났다.
- 2) 재령별 압축강도는 보통콘크리트에 비해 경량콘크리트가 다소 낮은 값을 나타냈으나 큰 차이를 보이지는 않았다.
- 3) 콘크리트 겉보기밀도는 경량콘크리트가 보통콘크리트에 비해 약 $0.4t/m^3$ 정도 감소되는 것으로 나타났다.
- 4) 경량골재의 비조립형 및 조립형 골재에 따라서는 조립형 경량골재를 사용한 경우 비조립형의 경우보다 프레쉬 및 경화성상에서 양호한 결과를 나타냈으나 향후 철근부착 및 철근정착 등의 구조 부재성능 차원의 검토를 통해 판단될 필요가 있다.

감사의 글

이 논문은 에너지관리공단에서 지원한 2007년도 에너지·자원 기술개발사업의 연구비에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 太平洋アテリアル株式會社；構造用人工輕量骨材 太平洋アサノライト，2002