

하절기 콘크리트의 품질특성 변화에 관한 연구

A Study on the Quality Fluctuation of Hot Weather Concrete

김동석 * 정연식 ** 유재상 *** 김창범 **** 이종열 ***** 김영준 *****
Kim, D. S. Jung, Y. S. Ryu, J. S. Kim, C. B. Lee, J. R. Kim, Y. J.

ABSTRACT

Generally, according to rising of atmospheric temperature, a consistency of concrete decreases, and a slump property of concrete is changed to be large. Also, in the strength development of concrete, the strength development rate of long-term age(28day) in comparison to strength of early age(7day) and the absolute compressive strength decreases. Accordingly, in this study, experiments about quality evaluation of concrete utilizing Ordinary Portland Cement is carried out. As a result of experiments, there were a conspicuous change in slump of concrete due to temperature increase. In conclusion, the rising of atmospheric temperature was very important factor in affecting the quality fluctuation of hot weather concrete.

1. 서론

일반적으로 외기온이 높아지는 하절기에는 콘크리트의 반죽질기가 감소하고 슬럼프 경시변화도 크게 되며, 또한 콘크리트 강도발현측면의 경우 초기강도(7일) 대비 28일 강도증진율이 떨어지고, 콘크리트의 절대강도 자체도 감소하는 현상이 나타나고 있다. 이러한 현상은 주로 하절기 시멘트 자체의 품질과는 별도로 대기온도가 상승함에 따라 콘크리트의 구성재료인 시멘트, 골재 및 배합수 등의 온도가 높아지는데 기인하는 것으로 알려져 있다.

따라서 하절기 하루 평균기온이 25℃를 초과하는 경우나 또는 최고온도가 30℃를 초과하는 시기의 경우 각 레미콘공장에서는 이러한 현상에 대처하기 위하여 서중배합이라고 하는 배합조정을 실시하게 되며, 서중배합의 주요내용은 기존 콘크리트배합조건에서 단위수량을 증가시키는 것으로써 일반적으로 외기온 10℃의 상승에 대하여 단위수량은 2~5% 증가시킬 필요가 있으며, 이는 동일 물-시멘트비를 기준으로 할 때 같은 비율로 콘크리트의 단위시멘트량 증대를 수반하게 된다. 하지만 콘크리트에서 단위시멘트량이 커지면 수화발열량이 증대되므로 그에 따른 온도균열 발생 및 장기강도 저하 등 콘크리트 품질저하의 주요요인으로 작용하며, 또한 콘크리트 제조원가의 상승요인이 된다.

이에 따라 본 연구에서는 국내 건설현장에서 일반적으로 사용되고 있는 보통 포틀랜드시멘트를 대상으로 온도조건별 콘크리트 품질특성평가 시험을 통해 하절기 외기온 상승에 따른 콘크리트 품질특성 변화를 검토하여 실제 레미콘공장의 현장실무에서 그에 대한 대책을 마련하는데 활용될 수 있는 기초 자료를 제시하고자 하였다.

- * 정회원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 주임연구원
- ** 정회원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 선임연구원
- *** 정회원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 실장
- **** 정회원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 선임연구원
- ***** 정회원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 소장
- ***** 정회원, 쌍용양회공업(주) 신탄진공장 품질관리실장

2. 실험개요

2.1. 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 표1에 나타낸 바와 같이 생산공장이 다른 2종류(시료명: 동해산(DC), 영월산(YC)로 표기)의 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 또한 혼화제의 경우 국내 레미콘공장 에서 보편적으로 많이 사용중인 국내 E사 제품인 나프탈렌계 AE감수제 표준형(표준사용량 : C×0.5wt%)을 사용하였다.

표1. 시멘트의 화학성분 및 물리특성

시멘트종류 (산지)	비 중	분말도 (g/cm ²)	화학성분 (%)								압축강도(kgf/cm ²)		
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	3일	7일	28일	
DC	3.15	3,440	20.3	6.0	3.1	62.5	0.08	0.93	2.0	217	299	382	
YC	3.15	3,450	20.9	5.6	3.2	61.3	0.09	1.32	2.3	216	291	385	

2.1.2 골재

본 실험에 사용된 잔골재는 비중이 2.60, 조립율이 2.73인 대전인근의 미호천 하천사이며, 또한 굵은골재의 경우 비중이 2.70, 조립율이 6.90인 한창석산의 25mm 쇄석을 사용하였고, 각각의 사용재료별 물리적 특성은 표2와 같다.

표2. 골재의 물성

구 분	비 중	흡수율(%)	조립율	단위용적(kg/m ³)	비 고
잔골재	2.60	1.10	2.73	1,590	미호천(하천사)
굵은골재	2.70	0.98	6.90	1,550	한창석산(25mm쇄석)

2.2. 실험 항목 및 방법

본 실험은 레미콘현장 품질관리 실무에서 매년 주기적으로 반복되고 있는 하절기 콘크리트의 품질 변동을 검토하기 위한 실험으로써 시험항목은 표3에 나타낸바와 같이 레미믹스트 콘크리트(KS F 4009)의 품질관리 규정항목인 슬럼프, 공기량 및 압축강도 특성이며, 시험조건의 경우 하절기의 영향을 검토하기 위하여 동절기, 춘·추절기 및 하절기의 외기온을 감안하여 온도조건별 특성평가 시험을 수행하였다.

온도조건은 저온실(10℃), 표준실험실(20℃) 및 여름철(8월) 실외조건(30℃)이며, 시험방법은 동일조건에서 준비한 시험용 재료(시멘트, 물, 골재)를 평가시험 1일전에 미리 보관한 후 각각의 해당장소에서 평가시험을 실시하였다. 슬럼프 및 공기량 경시변화는 30분 간격으로 1시간동안 측정하였으며, 또한 슬럼프시험이 완료된 시료를 이용하여 압축강도 평가용 공시체를 제작하였다. 제작된 공시체는 각각의 시험장소에서 탈형시까지 보관한 후 강도측정 재령까지 표준양생(20±3℃)을 실시하였다.

표3. 콘크리트 실험내역

시험항목	시험방법	시험조건
슬럼프 경시변화(0,30,60분)	정치 후 30초간 재믹싱	온도조건별 (10,20,30℃)
공기량 경시변화(0,30,60분)	정치 후 30초간 재믹싱	
압축강도(7, 28일)	슬럼프시험후 공시체 제작	

2.3. 콘크리트 배합

콘크리트 배합조건은 레미콘공장(신탄진)에서 실제로 사용되고 있는 25-240-15규격의 서중 시방배

합조건을 기준으로 하였으며, 또한 현장배합과 동일한 배합조건을 사용하기 위하여 삼천포산 정제 플라이애쉬를 15% 치환사용하였고, 그 자세한 배합조건은 표4에 나타낸 바와 같다.

표4. 콘크리트 배합조건

적용배합 (레미콘 규격)	W/C (%)	S/A (%)	단위재료량(kg/m ³)					
			W	C	FA	S	G	AD
25-240-15	48.6	45.0	184	322	57	758	969	1.90(0.5%)

3. 실험결과 및 고찰

3.1 온도조건별 품질특성

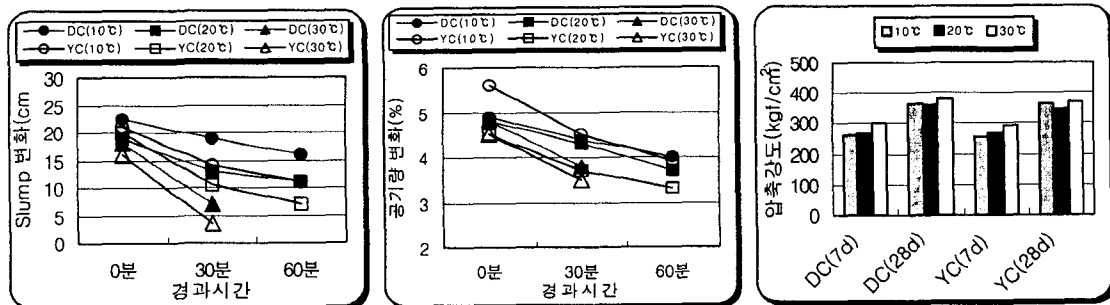
일반적으로 하절기 외기온 상승은 콘크리트 배합온도 상승을 초래하여 동일 Slump를 얻기 위한 단위수량 증가, 운반중 슬럼프 손실 증대 및 연행공기량 감소와 함께 초기 재령에서 시멘트의 수화속도에 영향을 미쳐 초기강도(7일) 대비 장기강도(28일) 발현율이 저하되는 것으로 알려져 있다.

이에따라 본 실험에서는 외기온 변화를 고려하여 온도조건별 콘크리트 품질특성 변화를 검토하였으며, 시험결과를 표5에 나타내었다. 본 시험결과 슬럼프 특성은 온도조건에 따른 영향이 매우 크다는 것을 확인할 수 있으며, 특히 국내의 하절기에 해당되는 30℃ 이상의 고온환경에서는 급격한 슬럼프 손실이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 연행공기량의 경우도 초기 측정값은 유사한 반면 온도가 높아질수록 일반적인 결과와 마찬가지로 공기량이 급격히 감소되는 결과를 보였으며, 이는 하절기 슬럼프 손실을 가중시키는 하나의 요인이 되는 것으로 추정된다.

표5. 온도조건별 콘크리트 품질특성 시험결과

시험 온도	시료명	Slump(cm)			공기량(%)			압축강도(kgf/cm ²)		Con'c 온도(℃)
		0분	30분	60분	0분	30분	60분	7일	28일	
9.0℃	DC	22.5	19.0	16.0	4.9	4.4	4.0	264	368(139)	10.0
	YC	21.0	14.0	11.0	5.6	4.5	3.9	259	364(141)	9.5
20.5℃	DC	19.0	13.0	11.0	4.8	4.3	3.7	268	360(134)	22.0
	YC	20.0	10.5	7.0	4.5	3.7	3.3	269	349(130)	22.5
32.0℃	DC	18.0	7.0	측발	4.8	3.8	-	304	383(126)	36.0
	YC	16.0	3.5	측발	4.5	3.5	-	294	370(126)	35.5

* ()은 7일강도에 대한 28일 압축강도비(%)



또한 압축강도 특성의 경우 7일강도 대비 28일 강도비 자체로 볼 때 온도가 높아질수록 28일 강도 발현율은 저하되는 결과를 보이며, 이는 온도가 상승함에 따라 초기강도 상승폭이 장기강도 상승폭을 초과하는데 기인한 결과로 보이며, 온도가 높아질수록 장기강도 자체도 증가되는 결과를 보였다. 따

라서 이러한 결과로 볼 때 하절기 콘크리트의 장기 강도발현 및 절대강도 저하의 주된요인은 시멘트의 물성변화보다도 콘크리트의 온도상승에 의해 슬럼프 손실이 증대되고, 그에 따른 목표 슬럼프 확보를 위해서는 실제로 단위수량 증가가 수반되기 때문인 것으로 판단되며, 특히 하절기 장기강도 발현을 저하의 경우 단위수량 증가시 초기강도도 저하되지만 장기강도보다 온도에 의한 상승폭이 커 실제로 초기강도 저하는 인지되지 않는 반면 장기강도의 경우 온도상승 효과를 초과하여 초기강도와 동일한 비율로 저하되기 때문인 것으로 판단된다.

3.2 시간경과별 품질특성

표6은 레미콘 현장조건을 고려한 공시체 제작시간별 콘크리트 압축강도를 측정된 시험결과이다. 공시체 제작 시간에 따른 압축강도 특성은 표6에서 보는바와 같이 30분 경과시 제작한 공시체의 경우 믹싱직후 제작한 공시체와 동일한 수준의 강도발현 특성을 보였지만 60분 경과시의 공시체는 초기값 대비 약 10%정도 압축강도가 상승되는 결과를 보였다. 이는 동일 Batch의 콘크리트일지라도 시간경과에 따라 슬럼프 손실증대 및 그에따른 블리딩 저감효과(공극감소)로 골재하부의 계면부착이 개선되었기 때문인 것으로 추정된다.

표6. 시간 경과별 콘크리트 품질특성 변화

시험 온도	시료명	Slump(cm)			공기량(%)			압축강도(kgf/cm ²)						Con'c 온도(℃)
		0분	30분	60분	0분	30분	60분	7일			28일			
								0분	30분	60분	0분	30분	60분	
21.5℃	DC	19.0	14.5 (76)	9.5 (50)	5.5	5.4 (100)	4.3 (78)	247	238 (96)	266 (108)	312	317 (102)	346 (111)	22.5
	YC	19.5	16.0 (82)	8.5 (44)	5.7	5.2 (91)	4.5 (79)	221	230 (104)	250 (113)	313	310 (99)	342 (109)	23.0

* ()은 초기값에 대한 변화비(%)

4. 결론

매년 하절기마다 레미콘 현장실무에서 콘크리트의 품질저하 문제가 크게 대두됨에 따라 이에대한 기초자료를 제공하기 위하여 온도조건별 콘크리트 품질특성 변화를 검토한 본 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 콘크리트 슬럼프 및 연행공기량의 경우 온도의 영향이 매우 크다는 것을 확인할 수 있었으며, 특히, 국내의 하절기에 해당되는 30℃이상의 고온환경에서는 급격한 슬럼프 손실이 발생하는 것으로 나타났다.

(2) 또한, 하절기 장기강도 발현을 및 절대강도 저하현상의 주된 요인은 시멘트의 물성변화보다도 콘크리트의 온도상승에 의해 슬럼프 손실이 증대되고, 그에 따른 목표 슬럼프 확보를 위해서는 실제로 단위수량 증가가 수반되기 때문인 것으로 추정된다.

(3) 따라서 하절기 외기온 상승에 따른 콘크리트의 품질변동을 최소화하기 위해서는 배합조정, 원재료의 온도관리, 운반 등 콘크리트의 온도상승 요인에 대한 적극적인 대책을 강구하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

- 1) 한국콘크리트학회, "콘크리트표준시방서", 1999
- 2) 竹本외 3人. "ポルトランドセメントの高温貯蔵による品質變化", セメント・コンクリート, No.19, pp. 137-141, 1965.
- 3) 山口 修 外 3人, "各種の減水劑を添加したペースト及びモルタルの流動性", セメント・コンクリート論文集, No. 49, pp. 216~221, 1995.