

레미콘공장에서 공기량유지를 위한 관리대책

安 載 昌

〈(株)漢陽 콘크리트事業所 品質管理室長〉

〈차 례〉

1. 서 언	5. 잔골재입도
2. 실험방법	6. 혼합시간이 주는 영향
3. 슬럼프 영향	7. 기 타
4. 콘크리트 혼합온도 영향	8. 결 론

1. 서 언

콘크리트중 적정 공기량이 사용품질중 중요한 특성으로 등장한 것은 최근 협회에서 개최되었던 세미나와 문헌을 통하여 잘 알려진 사실이며, 공업진흥청에서는 KS 규격(KSF 4009 : 레디믹스 콘크리트)을 '85. 9. 7. 개정하여 연행 공기량의 범위를 지정하였다. 연행 공기량의 중요성을 감안한다면 이는 국내 건설업계나 레미콘업계의 일대 전환기로 볼 수 있겠다.

본문에서는 현재까지 알려진 문헌상에 나타난 간헐 공기량에 영향을 주는 주요인과 공장 생산시 고려되어야 할 몇가지 중요한 요인을 가지고 실험을 통하여 실제 어떻게 작용하고 있는지를 정리하고 관리대책을 제시해 보았다.

여러 문헌에 나타난 주요인을 정리하면 표-1과 같다.

2. 실험방법

본 실험에서는 공기량 변화에 영향을 주는 요인으로

- (1) 슬럼프
- (2) 콘크리트 혼합시 온도
- (3) 잔골재의 입도
- (4) 콘크리트 혼합시간

을 선정하고 4 가지 요인중 다른 3 가지는 고정시키고 나머지 한가지 요인을 변화시켜 측정 공기량과의 관계를 찾아보았다. 실험은 당사 강남공장에서 시행하였으며, 믹서는 동아-NIKKO 90m³/HR, PAN-TYPE으로 혼합시간은 실제 생산조건과 동일하게 전 재료 투입후 45초를 주었고, 콘크리트 혼합시 온도가 주는 영향을 보기 위하여 동일 배합(표-1)으로 '85년 10월과 12월, 2회 시험을 시행하였으며 골재

표-1. 연행 공기량에 영향을 주는 제요인

요 인	영 향
시 멘 트	<ol style="list-style-type: none"> 1. 비표면적이 증가하면 공기량이 감소한다. 2. 시멘트량이 많은 부배합 콘크리트는 빈배합 콘크리트보다 연행공기량이 상대적으로 적다. 3. 시멘트중 알카리($\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$) 함유량이 증가하면, 공기량도 증가한다. 4. 포조란 시멘트는 포트랜드 시멘트보다 연행공기량이 동일 사용량보다 적다.
잔 골 재	<ol style="list-style-type: none"> 1. 150μ 이하 입경이 많을수록 공기량은 감소한다. 2. $1.19\text{mm}\sim 0.15\text{mm}$ 사이의 입경이 많을수록 공기량은 증가 3. 동그란 입자모형이 많을수록 공기량은 증가
굵 은 골 재	<ol style="list-style-type: none"> 1. 굵은 골재중 석분(점토·석회석등)은 공기량을 감소시킨다. 2. 쇄석은 자연석보다 공기량이 적다.
물	<ol style="list-style-type: none"> 1. 경수(우물물)일 경우에는 혼화제의 혼합사용량을 변화시켜야 할 만큼 공기량을 감소시킬 수 있다. 2. 소량의 하수(下水)나 산업폐기물중 일부는 공기량을 증가시킬 수 있다. 3. 보일러용 정수제는 통상 공기량을 증가시키지만 경우에 따라 감소시킬 수 있다.
슬 럽 프	<ol style="list-style-type: none"> 1. 150mm 이상까지는 공기량에 따라 증가하며 150mm 이상에서는 감소하는 현상을 보인다.
콘 크 리 트 온 도	<ol style="list-style-type: none"> 1. 콘크리트온도가 상승하면 공기량은 감소한다. 2. 21°C를 기준으로 38°C에서는 최대 25%까지 감소하며 3. 21°C를 기준으로 5°C에서는 최대 40%까지도 증가된다.
믹 서	<ol style="list-style-type: none"> 1. 믹서의 형식(고정식, 이동식, DRUM타입, PAN 타입)에 따라 차이를 주며 또한 삽날의 마모등도 공기량에 영향을 준다. 2. 믹서의 최대 1 배치 용량보다 적게 사용하면 공기량은 늘고 믹서의 최대 1 배치 용량보다 많게 사용하면 공기량은 줄어든다.
혼 합 시 간	<ol style="list-style-type: none"> 1. 고정식에서는 2분을 전후하여 공기량은 계속 증가되며, 이지테이터의 경우 15분에서 최대가 된다. 2. 콘크리트의 슬럼프가 줄어드는 시점부터 공기량도 줄어든다.
바이 브 레 이 손 (Vibration)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 3분동안의 바이브레이션은 최대 50%까지도 공기량을 잃어버릴 수 있다.
후 라 이 애 쉬 (Fly Ash)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 분말도가 증가할수록 공기량은 줄어든다. 2. 성분중 카본량이 증가하면, 공기량은 감소한다. 3. 콘크리트에 첨가하는 후라이애쉬의 양이 늘어나면 공기량은 감소한다.
카 본 블 랙 (Carbon Black)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 콘크리트에 색소로 사용되는 카본블랙은 공기량을 감소시키며 목표 공기량 유지를 위해서는 혼화제의 양을 조절할 필요가 있다.
점 토	<ol style="list-style-type: none"> 1. 골재중 함유된 점토 성분은 혼합과정에서 분해되어 공기량을 감소시킨다. 이 경우 운반시간이 길어질수록 감소율이 증가한다.
오일과 구리스 (Oil & Grease)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 성분에 따라 공기량이 증가 또는 감소한다. 이 경우 믹서트럭이나 배치플랜트에 주유하는 과정에서 소량이 원재료에 혼입되어 나타난다.

표-2. 배 합 표

최대골재 치수 (mm)	슬럼프 (cm)	W/C	S/a (%)	물 (kg/cm ³)	시멘트 (kg/cm ³)	잔골재 (kg/cm ³)	굵은골재 (kg/cm ³)	혼화제 (kg/cm ³)	비 고
25	8.0±2.5	0.58	41	172	300	738	1,083	0.45	시멘트 중량 0.15%
								0.60	시멘트 중량 0.20%

- * 시멘트 : 쌍용 비중 : 3.14
- * 굵은골재 : 한강산 세석 비중 : 2.65
- * 잔골재 : 한강산 비중 : 2.60
- * 혼화제 : AE 감수제, 표준사용량 : 시멘트 사용량비 0.15%

표-3. 10월 시험 결과표

순 위	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	온도 (°C)	강도 (kg/cm ²)		비 고
				σ 7	σ 28	
1	7.5	3.1	24	168	225	0.15%
2	9.0	4.0	20	153	205	"
3	9.5	4.3	20	146	201	"
4	8.0	3.8	23	155	210	"
5	9.0	3.8	22	154	210	"
평 균	8.6	3.8	21.8	155	210	"
1	10.5	4.6	20	137	195	0.2 %
2	10.0	4.5	19	149	205	"
3	9.0	3.9	22	145	206	"
4	6.5	3.7	24	173	221	"
5	8.0	4.0	24	141	199	"
평 균	8.8	4.1	21.8	149	205	"

12월 시험 결과표

순 위	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	온도 (°C)	강도 (kg/cm ²)		비 고
				7	28	
1	8.5	5.0	5.5	134	191	0.15%
2	9.0	4.5	8.6	154	205	"
3	6.5	4.0	9.0	151	200	"
4	8.5	4.6	10.5	154	205	"
5	7.0	4.1	7.4	146	207	"
평 균	7.9	4.4	8.0	148	202	"
1	9.5	4.8	6.5	136	194	0.2 %
2	8.0	4.5	7.5	142	196	"
3	10.0	5.1	9.0	150	203	"
4	8.0	4.4	10.0	142	198	"
5	7.5	4.2	11.5	134	195	"
평 균	8.6	4.6	8.9	141	197	"

표-4

혼화제 첨가량 (%)	슬럼프-공기량			온도-공기량			비 고
	평균치		*상관계수 (r)	평균치		*상관계수 (r)	
	슬럼프	공기량		온도	공기량		
0.15	8.6	3.8	0.896	21.8	3.8	-0.886	
	8.8	4.1	0.912	8.0	4.4	-0.573	
0.20	7.9	4.4	0.811	22.0	4.1	-0.886	
	8.6	4.6	0.978	8.9	4.6	-0.553	

*상관계수 (r)

$$r = \frac{S(x \cdot y)}{\sqrt{S(x \cdot x) S(y \cdot y)}}$$

의 표면수 변화는 레미콘 생산시 허용되는 범위 내에서 잔골재만 첫 배치에서 보정하고 매 배치 별 보정은 하지 않았다.

슬럼프와 공기량, 콘크리트혼합시 온도와 공기량과의 관계를 두 특성치 사이의 상관계수를 계산하여 상관의 방향 및 정도를 알아보았다.

3. 슬럼프 영향

표-3의 시험결과를 정리하면 표-4와 같고, 슬럼프와 공기량-두 특성치 사이의 상관계수 (r)가 0.9를 평균하여 나타난다. 상관계수의 값이 플러스(+) 이므로 이는 슬럼프의 증감이 공기량도 증가감소시킨다는 플러스 상관관계가 있음을 보여준다.

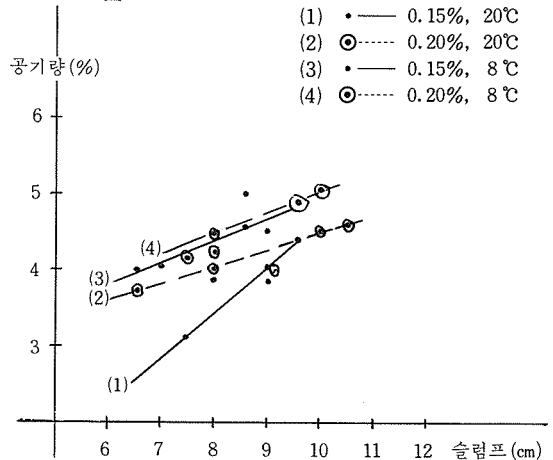
온도별 혼화제 첨가량 사이의 상관계수 차이가 크지 않음은 온도나 첨가량에 관계없이 기준 슬럼프(8cm)의 허용 범위내에서 공기량도 비례하여 증감된다는 것을 알 수 있다.

그림-1은 시험결과를 슬럼프와 공기량과의 관계로 PLOT 한 것이다. 여기서는 AE 감수제 첨가량 0.05%보다는 온도차(20℃~8℃)에 대한 영향이 공기량에 보다 크게 작용한다는 것을 보여주고 있다.

4. 콘크리트 혼합 온도 영향

콘크리트 혼합시 온도와 공기량과는 마이너스

그림-1



(-) 상관관계에 있으므로 온도가 상승하면 공기량이 감소하고 온도가 낮아지면 공기량은 증가한다.

콘크리트 온도가 혼화제 첨가량에 차이없이 20℃ 기준 상관계수는 -0.89이고, 8℃ 기준 상관계수는 -0.56이므로 이는 두 온도차 지점에서 공기량 증감이 일정하게 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다.

혼화제 첨가량별 온도차에 의한 공기량 증가

혼화제 첨가량	21℃	8℃	온도차증가비 (%)
0.15%	3.8	4.4	116
0.20%	4.1	4.6	112

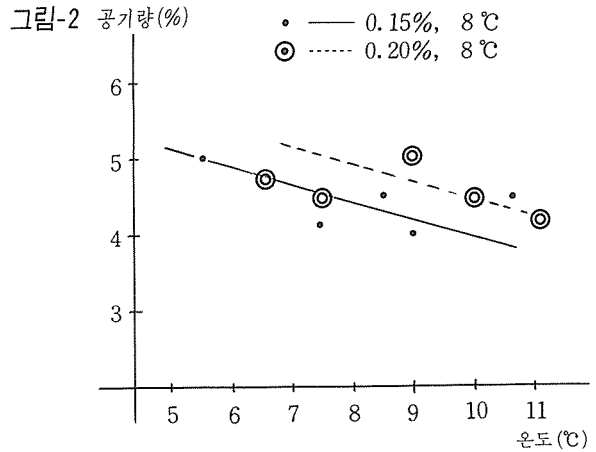
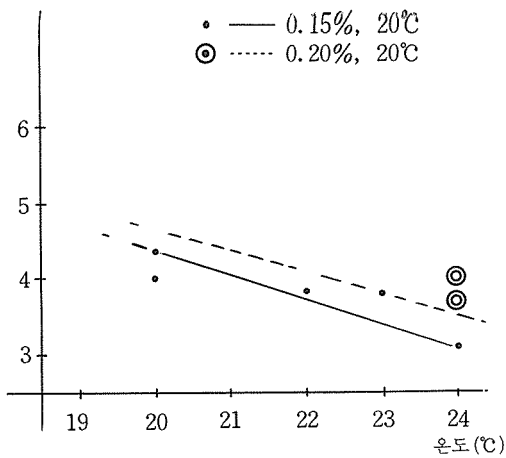


그림-2는 시험결과를 혼합온도와 공기량을 PLOT 해 본 것이다. 기준온도에 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 사이 구간에서는 혼화제 첨가량에 비례하여 증가함도 알 수 있다.

또 혼합시 온도 8°C 는 동일 혼화제 첨가량에서 20°C 에 비하여 약 15%의 증가됨을 보여준다.

5. 잔골재 입도

잔골재의 입도가 공기량에 미치는 영향을 표-1 배합표로 한강산 모래와 포천산 모래를 사용한 콘크리트에서 비교하여 보았다.

(표-6)에서 정리한 결과를 단순 조립율만 가지고 대비하면, 조립율 0.25 차에서 공기량이

0.4% 감소함을 알 수 있다. 잔골재의 조립율에 의해 공기량이 비례하여 변화한다고 가정한다면 잔골재의 KS 규격 범위 이내에서도 동일 첨가량에서 3~5%의 공기량 차를 예측할 수 있겠다. 위 비교치에서도 알 수 있듯이 잔골재의 입도가 인위적 관리가 불가능하지만 레미콘 공장에서는 각별히 산지별 입도 관리에 관심을 가져야 할 것이다.

6. 혼합시간이 주는 영향

콘크리트의 혼합시간이 주는 영향을 표-7에 정리하여 보았다.

표-5

구 분	조립율	체 통 과 율 (%)						비 고
		4	8	16	30	50	100	
한강사	2.65	97.9	88.7	75.4	46.1	21.3	5.4	
포천사	3.10	95.7	84.1	56.8	36.5	13.5	3.3	
범 위	2.15~3.38	95~100	80~100	50~85	25~60	10~30	2~10	

표-6

구 분	슬 럽 프	공기량 (%)	온도 (°C)	비 고
한 강 사	8.1	3.8	21.8	혼화제 사용용 0.15%
포 천 사	8.5	3.2	23	

*시험치는 5회 평균치임.

표-7

혼합시간(초)	공기량(%)	비 고
30	2.6	온도 : 21℃, 슬럼프 8.6℃ 혼화제 : 시멘트 중량비 0.15% 사용
45	3.8	
60	4.1	
90	4.3	

재료량 및 기타조건은 동일하게 하여 단지 믹서의 혼합시간만 변화시켜 본 것으로 혼합기 형식이나 성능에 따라 측정된 수치는 차이가 있겠지만 혼합시간이 공기량에 주는 영향이 다르다.

최대공기량이 90초 혼합시에 나타나고 있지만, 이는 레미콘 공장의 경우 또 다른 의미의 관리점을 제시해 주는 것으로 배치플랜트의 생산능률과 목표 공기량 유지를 위한 혼화제의 첨가량과의 차이에서 혼합시간도 결정되어야 된다는 것이다.

7. 기 타

공기량에 영향을 주는 몇가지 요인을 가지고 실험을 통하여 알아보았다. 이의 공기량에 직접적인 영향을 주는 또다른 요인중 하나는 레미콘의 운반거리 및 운반시간이 주는 영향이다.

당사 통계치로 보면 운반거리 30km, 운반시간 60분 이내에서 공장에서 측정된 공기량 값보다 최대 0.9%까지 현장 측정치가 감소되었고, 이 또한 품질보증측 측면에서 배합설계시 공기량 용적에 대한 문제를 새로히 제시해 주는 것이다.

8. 결 론

이상의 시험결과에 따르면 당사에 의한 자료이지만 콘크리트중 공기량에 영향을 미치는 많

은 요인중 특히 레미콘공장에서는 계절별로 콘크리트온도에 따라 혼화제 첨가량 변화가 절실히 요구되며, 혼합기 성능과 생산능률을 고려하여 혼합시간도 적절히 조정되어야 하겠다.

슬럼프 관리는 물론 인위적 관리가 불가능한 잔골재의 입도도 기준치를 유지하기 위하여 산지별 채취생산 공정까지도 관심을 가져야 되겠고 또한 운반거리 및 소요시간도 현장까지 목표 공기량 유지를 위해서 생산관리에 또다른 요인으로 배합설계시 고려되어야 하겠다.

콘크리트중 갇힌 공기량의 중요성은 생산 당시 보다는 경화후 구조물로서 내구성과 수밀성에 있다. 이점 역시 시공적 측면에서 타설방법을 개선하고 철저한 시공관리를 통하여만 양질의 레미콘으로 양질의 구조물로 만드는 것이 가능할 것이다. *

*참고 도서명

- 1) AIR ENTRAINING ADMIXTURES FOR CONCRETE (AASHTO DESIGNATION T 157-79)
- 2) 콘크리트에 관한 혼화제의 역할(레미콘 협회지 1985. 3)
- 3) 콘크리트의 초기동해에 미치는 공기량의 효과에 관한 연구(레미콘 협회지 1984. 12) 김무한
- 4) 레미콘 품질과 시설관리에 관한 기초적 고찰(레미콘 협회지 1985. 6) 김무한
- 5) 콘크리트의 품질관리(레미콘 협회지 1985. 12) 정현수
- 6) 레디믹스 콘크리트의 문제점 분석과 그 분석에 대한 고찰(1985. 11. 세미나) 문한영
- 7) AE 콘크리트의 特性 : 北川義男著
共立出版株式會社