

경계블록의 내구성 향상을 위한 연구

A Study on Increasing Durability of Concrete Curbing Block

엄태선^{*} 임채용^{**} 유재상^{***} 이종열^{****} 이근호^{*****} 김응수^{*****}
Um, Tae Sun Lim, Chae Yong Lee, Jae Sang Lee, Jong Ryul Lee, Kun Ho Kim, Eung Soo

ABSTRACT

Concrete curbing blocks have been widely used in construction of roadways because they are easy to manufacture and cheap. But recently stone curbs are taking away the role from concrete curbs, because the durability of concrete curbs is inferior to stone curbs. Especially freeze-thaw effect on concrete is the most important cause that damages concrete curbs. The aim of this study is to increase the durability of concrete curbs. The concrete curbs that have been manufactured are extremely damaged below 60 cycles of freeze-thaw, but the ones that was manufactured with admixtures that entrains air are maintaining over 87% of relative dynamic modulus.

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

콘크리트 경계블록은 기타 제품에 비해 원료의 가격이 낮고 수급이 용이하며, 제조과정이 간단하여 새로운 기술개발이 없이도 매출량이나 수익성이 양호한 제품이었다. 이로 인해 그동안 수많은 업체가 생산설비를 갖추고 생산을 함으로 인해 시장에서는 과다경쟁이 발생하여 원료의 가격 상승으로 제조 원가는 상승함에도 불구하고 오히려 제품의 가격은 하락하는 상황이 발생하고 있다. 또한 생활수준이 고급화 되면서 각종 생활환경에 대한 소비자의 요구수준도 향상되어 콘크리트 경계블록은 내구성 및 미관 등으로 인해 소비자로부터 저가품으로 인식되어 경쟁제품인 등장한 고가의 석재, 철재 등의 제품에 의해 시장을 잠식당하고 있는 실정이다. 국내 경제상황에도 불구하고 경계블록 시장 뿐만 아니라 기타 인τερ록킹블록, 건물의 외장재 등의 시장에서도 고가의 석제품, 소성제품 등을 선호하는 경향이 나타나고 있다.

- * 정회원, 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 콘크리트연구실 책임연구원
- ** 정회원, 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 콘크리트연구실 연구원
- *** 정회원, 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 콘크리트연구실 수석연구원
- **** 정회원, 쌍용양회공업(주) 중앙연구소 소장
- ***** 정회원, (주)신홍콘크리트 전무이사
- ***** 정회원, (주)기성 상무이사

이러한 시멘트 콘크리트 제품시장에서 다양한 경쟁 및 소비자의 욕구 변화는 시멘트 제조사 및 콘크리트 제품 제조업체에 신기술의 개발과 고기능의 제품 개발을 요구하고 있다. 따라서 현재의 경쟁상황에서 콘크리트 및 시멘트 시장의 확보를 위해서는 관련 업체 공동의 기술개발 및 시장확보의 노력의 적극 필요하다.

본 연구는 이러한 노력의 일환으로 현 유통제품의 배합 및 품질현황을 평가하여 개선의 방향을 도출하고, 제조기술을 검토하여 고강도/고내구 콘크리트 경계블록 개발을 위한 최적을 제조조건을 찾고자 하였다.

1.2 연구 내용

콘크리트 경계블록의 내구성 및 미관성의 개선을 목적으로 연구를 시작하여 먼저 현 제품의 문제점을 파악하고 시장현황을 조사하였다.

경계블록은 국내의 기후 조건에 따른 동결융해와 겨울철 제설용 화학약품 및 자동차 배기가스등에 의한 화학적 침식 등으로 인해 콘크리트 제품 중 특히 사용환경이 환경이 매우 극심한 노출 조건에서 사용되고 있다. 특히, 겨울철 기후조건에 의한 동결융해의 반복으로 표면의 균열, 박리 및 파손의 문제가 심각한 상황으로 이러한 제품 품질이 열악함으로 인해 시장에서는 저품질, 저가품으로 인식되어 있는 상황이며, 제조업체에서도 이러한 품질 문제를 해결하기 위한 노력을 하기보다는 제조원가를 낮춤으로써 가격경쟁력을 확보하려는 노력만이 이루어지고 있는 상황이다.

유통 경계블록 제품의 품질을 평가하기 위하여 기존 제품 제조시 적용하는 배합을 비교 검토하였으며, 제품의 Sample을 입수하여 압축강도, 흡수율 등을 측정하고, 내구성 측정을 위해 동결융해 저항성을 측정하였다.

고강도, 고내구 경계블록 개발을 위한 배합 선정을 위해 시멘트 종류별, 단위시멘트량별 압축강도 및 흡수율을 측정하였으며, 혼합재/혼화재 사용, 골재의 입도변화에 의한 콘크리트의 성능을 평가하였다. 이를 바탕으로 현장 적용을 위한 배합을 선정하고, 습식 및 건식 제조방법에서의 강도 및 내구성 향상을 위한 현장시험을 실시하였다.

2. 경계블록 제품 현황

2.1 압축강도

각 사별 입수된 10x10x10cm 각주형 공시체에 대하여 압축강도를 측정한 결과는 다음과 같다.

표 1 경계블록 압축강도 측정결과

구분 (업체)	S		Y	B	W	K	D	I	
	일반	화강	화강	화강	화강	화강	화강	일반	
압축 강도 (kg/cm ²)	a	347	369	★302	365	411	410	539	289
	b	414	416	★288	328	★306	362	-	315
	c	369	414	315	★285	351	-	-	387
	d	-	-	-	-	-	-	-	★215
	평균	377	400	302	326	356	386	539	302
요구품질	300~350 kg/cm ² 이상								

각 사별 평균 압축강도 시험치는 휨강도를 고려할 때 43kg/cm²(배합강도 51kg/cm²) 이상으로

300~350kg/cm² 수준에 있다. 그러나 전체를 비교시 압축강도의 편차가 215~539 kg/cm² 까지 변동폭이 매우 크며, 동일한 회사의 제품에서도 제품별 편차가 커서 품질관리 기법을 향상시킬 필요가 있다고 판단된다. 거의 모든 제품에서 규격 이상의 강도를 나타내고 있으나 일부 업체를 제외하고는 품질이 다소 불안하고 어느 업체의 경우 너무 고강도로 판단된다.

따라서, 향후 제품 개발시 이러한 품질변동의 요인을 찾아 분석하고, 이를 해결한다면 품질관리의 상한을 낮춤으로써 원가 저감의 한 방안이 될 것으로 판단된다.

2.2 흡수율

입수된 Sample을 105℃ Oven에서 24Hr 건조후 무게를 측정하고, 48Hr 물속에 침적한 후 표건상태로 Sample의 무게를 측정하여 흡수율을 계산하였다. 각 사별 흡수율 측정결과는 아래와 같다.

표 2 경계블록 흡수율 측정결과

구 분 (업체)	S		Y	B	W	K	D	I	
	일반	화강	화강	화강	화강	화강	화강	일반	
흡수율 (%)	a	6.16	5.95	5.77	4.74	4.72	5.23	4.92	5.48
	b	6.02	6.03	6.14	5.19	4.67	5.11	-	5.17
	c	6.18	6.3	6.71	5.06	4.81	-	-	5.11
	d	-	-	-	-	-	-	-	7.11
	평균	6.12	6.09	6.21	5.00	4.73	5.17	4.92	5.72
	요구품질	5% 이하							

KS 규격인 흡수율 5%를 기준으로 볼 때 거의 모든 제품이 규격치를 넘는 수치를 보이고 있다. 특히, 건식 제품의 경우 제작시 충진이 나빠 밀실한 조직을 형성하지 못함으로써 흡수율이 큰 것으로 판단되며, 성형시 밀실한 조직을 형성하기 위해서는 골재의 입도 조정 및 충진율을 높일 수 있는 배합으로의 개선이 필요할 것으로 판단된다.

2.3 동결융해 저항성

유통 제품의 동결융해저항성을 측정하기 위해 경계블록을 절단하여 10x10x30cm 크기의 물드를 제작하고 KS F 2456에 의해 동탄성계수를 측정하였다.

현재 30 cycle까지 측정된 상태로 상대동탄성계수의 측정결과는 표 3과 같다.

표 3 유통 경계블록 제품 동탄성계수 측정결과

구 분	흡수율	상대동탄성계수(%)	
		0cycle	30cycle
K사	4.33	100	17
S사	4.53	100	39
D사	5.89	100	44

30cycle 후 공시체의 표면박리 등의 현상은 없으나 상대동탄성계수는 50% 이하로 크게 감소하였다. 이 결과로부터 콘크리트 경계블록이 손상되는 가장 큰 원인이 동결융해에 의한 것임을 알 수 있으며, 이에 대한 대책이 중요하게 연구되어야 할 것이다. 그림 1은 콘크리트 경계블록의 손상과 화강암 경계블록 현황이다.

K사의 경우 습식으로 생산을 하여 제품의 표면상태는 가장 우수하며 흡수율 또한 낮은 값을 나타내었으나 AE제를 사용하지 않음으로 인해 동결융해저항성이 매우 낮은 것으로 판단된다. 기타 제품도

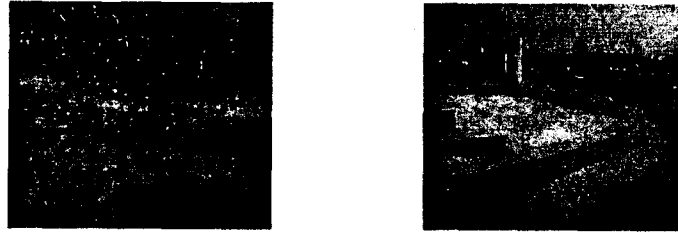


그림 1 콘크리트 경계블록과 화강암 경계블록

AE제를 사용한 콘크리트에 비해 상대동탄성계수가 매우 낮은 값을 나타내고 있다. 이는 성형시 너무 낮은 물/시멘트비로 인해 콘크리트가 밀실한 조직을 형성하지 못하여, 높은 흡수율(기공율)을 나타내고, 이러한 공극은 독립 기포가 아닌 연속공극이므로 물이 쉽게 침투하여 동결시 큰 팽창압을 나타내게 된다. 따라서 경계블록 생산시 콘크리트가 거대 기포를 줄여 밀실한 조직을 형성할 수 있도록 성형기의 성능 및 기타 조건을 고려하여 물/시멘트비와 골재의 배합비를 조절하고, 적당량의 AE제 또는 AE감수제를 사용하여 30 μ m~1mm 범위의 미세 기포를 연행할 필요가 있을 것으로 판단된다.

3. 고강도, 고내구 콘크리트 경계블록 시제품 제조

콘크리트 경계블록의 시장현황 및 내구성 증진을 위한 실내 시험을 토대로 하여 현장 시제품 제조 시험을 실시하였다. 제조 방법은 습식 제품의 내구성 증진방안 검토를 위해 경기도 광주의 K사에서 시험생산을 하였다. 연행공기를 확보하기 위한 방안으로 AE감수제의 사용 효과에 대한 검증과 3종 조강시멘트의 사용에 의한 강도증진을 목표로 하였다. 추가로 경계블록의 내구성 및 수밀성 증진을 위해 Latex의 사용과 고강도, 수밀성 증진을 위한 Silica Fume 사용 효과에 대해서도 시험하였다.

3.1 시험재료 및 방법

시멘트는 1종시멘트와 3종 조강시멘트를 사용하였으며, 물리 성능은 다음 표와 같다.

굵은골재는 K사에서 사용하는 25mm를 사용하였으며 잔골재는 K사에서 사용하는 해사의 조립율이 높고, 입도가 표준입도 범위를 벗어나 공기연행이 어려워 주위 레미콘 공장의 잔골재를 사용하였다.

혼화제는 J사의 AE감수제를 사용하였으며, 기타 혼화재로는 EK사의 Silica Fume, KH사의 SBR-Latex를 사용하였다. 콘크리트 배합조건은 표 6과 같다.

표 4 콘크리트 배합 조건

구분	배합조건		단위재료량(kg/m ³)						Latex (C%)	AE감수제 (C%)
	W/C(%)	S/a(%)	C/M		S/F	W	S	G		
			종류	량						
1	45	40	1종	350	0	158	700	1108	0	0.00
2	45	40	3종	350	0	162	699	1106	0	0.00
3	47	40		350	0	165	691	1094	0	0.20
4	47	40		350	0	146	656	1038	10	0.00
5	37	40		435	0	165	664	1050	0	0.20
6	40	40		435	0	150	610	965	10	0.00
7	36	40		435	43.5	150	591	935	10	0.00

3.2 시험결과

미경화 및 경화 콘크리트의 물성은 표 7과 같다.

공기량 시험결과 K사에서 경계블록 제조시 사용되는 조립율이 큰 해사를 사용하는 경우 약 2% 내외의 공기량을 나타내나 본 시험에서는 조립율이 낮은 강사를 사용함으로써 Plain(수준 1,2)의 경우에서도 2.8~3.2의 높은 공기량 값을 나타내었다. AE제를 사용하는 경우 3.7~4.1%의 공기량 확보되었으나, 경계블록의 경우 동결기 눈과 염화칼슘 등의 제설제 사용에 의해 극심한 동결융해 작용에 노출됨을 고려할 경우 AE제 사용량을 증대함으로써 4.5~5.5% 정도의 공기량 확보가 필요할 것으로 판단된다. Latex를 사용하는 경우 AE제를 사용하지 않아도 공기연행 작용을 함으로써 4.8~5.5%의 공기량이 확보되었다.

파괴하중 측정결과 1m 길이의 보차도 경계블록 B형인 경우 KS 규격에 의하면 3,000kgf 이상으로

표 5 콘크리트 물성

구분	Air (%)	시험결과								
		파괴하중 (kgf)	압축강도 (kg/cm ²)	흡수율 (%)	상대동탄성계수(%)					
					0cycle	30cycle	60cycle	90cycle	120cycle	150cycle
규격	-	3,000	-	5%이하						
1	2.8	4,142	486	3.15	100	88	35	-	-	
2	3.2	5,134	591	4.00	100	96	79	66	51	
3	4.1	5,169	582	3.57	100	98	93	92	87	
4	5.5	4,327	470	3.16	100	96	93	92	91	
5	3.7	5,002	566	3.84	100	99	96	95	94	
6	4.8	5,667	506	2.43	100	99	98	98	97	
7	축분	5,805	549	2.32	100	98	96	92	77	

규정되어 있으며, 본 실험에서는 모든 수준에서 4,000kgf 이상으로 높은 강도를 나타내었다. 특히 3종 시멘트를 사용하는 경우 5,000kgf 이상의 고강도 발현이 가능하였다. 압축강도는 1종시멘트를 사용한 Plain 배합의 경우 480kg/cm²를 나타내었으며, 3종시멘트를 사용하는 경우는 약 20% 정도의 강도가 증대되었다. 4번 및 6번 배합의 경우 파괴하중 및 압축강도가 낮은 값을 나타내었는데, 이는 Latex 사용에 의한 공기량 증가가 크게된 원인으로 판단된다.

흡수율은 KS 규격에 의하면 5% 이하로 하도록 규정되어 있으며, 모든 수준에서 규격을 만족하였다. 3종시멘트를 사용하는 경우 1종시멘트에 비해 흡수율이 높게 측정되었는데 이는 3종시멘트의 경우 분말도가 높아 단위수량이 증가하였기 때문이다. Latex를 사용하는 경우 시멘트 수화물의 미세공극을 충전함으로써 흡수율이 크게 감소되었으며, 특히 단위시멘트량이 435kg/m³인 경우 2.5% 이하의 극도로 낮은 흡수율 값을 나타내었다.

동결융해저항성은 시험 진행중으로 현재 120cycle이 경과되었다. 기존 인조화강 경계블록의 경우 조립율이 큰 해사를 잔골재로 사용함으로써 입도분포가 불량하여 공기량의 확보가 어렵고, 또한 30cycle에서 공시체가 파괴되었으나, 본 시험에서는 콘크리트 경계블록을 대상으로 하여, 잔골재로 조립율이 낮은 강사를 사용함으로써 AE감수제를 사용하지 않은 Plain 배합에서도 갖힌 공기량이 높게 측정되었다. 그러나 AE감수제를 사용하지 않은 Plain 배합의 경우 60cycle 경과 후 상대동탄성계수가 35%로 저하하여 매우 불량하였다. AE 감수제 및 Latex를 사용하는 경우 공기량이 4~5%로 원활하게 공기연행이 가능하였으며, 상대동탄성계수는 또한 120cycle 경과 후 모든 수준에서 상대동탄성계수 87% 이상으로 현재까지 양호한 결과를 나타내고 있다. 단 7번의 경우 제조시 물/시멘트비를 낮게 함으로써 공기량 측정이 불가능하였으며, 또한 공기량 확보도 불량함으로 인해 상대동탄성계수가 77%로 다소

크게 저하하였다. 따라서 습식 생산의 경우 AE제, AE감수제 등을 사용함으로써 연행공기를 확보할 경우 겨울철 동결융해에 의한 경계블록의 손상을 크게 감소시킬 수 있다.

6. 결 론

이상의 고강도 및 고내구 콘크리트 경계블록 개발을 목적으로 검토한 결과는 다음과 같다.

(1) 콘크리트 경계블록은 극심한 동결융해 작용과 제설제, 자동차 배기가스 등의 영향으로 화학적 침식 또한 큰 상황이며, 이런 복합적인 열화작용에 대한 내구성 향상이 시급히 요구되고 있다.

(2) 유통제품의 품질을 분석한 결과 압축강도는 300~350kg/cm²으로 규격을 만족하는 수준이나, 품질 편차가 크며, 흡수율은 대부분 KS 규격 5% 대비 높게 나타나 흡수를 저감을 위한 대책이 필요하고, 동결융해저항성은 30cycle에서도 50% 이하로 매우 낮은 수준으로 콘크리트 경계블록의 주요 손상 원인이 된다.

(3) 고강도, 고내구 콘크리트 경계블록 시제품 제조결과 습식 제조의 경우 단위시멘트량 350kg/m³ 이상, 물/시멘트비 42~48%의 조건에서 압축강도 450kg/cm² 이상(파괴하중은 규격의 30% 이상)의 고강도 콘크리트 경계블록 제조가 가능하였으며, 이때 흡수율은 4.0% 이하로 KS 규격 대비 양호한 품질의 콘크리트 경계블록의 제조가 가능하고, AE감수제 및 Latex를 사용하는 경우 연행공기의 확보가 양호하였으며, 120cycle의 동결융해시험 결과 상대동탄성계수 87% 이상으로 동결융해저항성이 크게 향상되는 것을 확인하였다.

참고문헌

1. 日本セメント協會, CEMENT & CONCRETE エンサイクロペディア, 1996.7.
2. 콘크리트 혼화재료, 한국콘크리트학회, 1997.3.