

## 鑄物古砂를 活用한 建築資材 生産에 관한 研究

崔 春 善

(株)世明153Tech. 代表理事

### I. 序 論

주물산업은 자동차, 선박, 철도, 산업기계 등 핵심 산업 부품 수요의 75%를 차지할 정도로 국가 산업과 병행 발전해 나가는 기간산업이며, 주물 생산량은 1999년 기준 연간 160만톤 규모로서 세계 10위권이다.

주물 업체수를 정확히 파악하기는 어려우나 한국주물공업협동조합 자료에 의하면 약 470여개 업체로서 조합의 관련자료 조사에 응하는 업체는 약 180개 정도이다.

주물업체에서 발생하는 주물고사의 발생량은 연간 약 70만톤 정도로 추산되며, 매년 발생하는 주물고사의 처리실태를 보면 약 90% 정도가 주로 성토 혹은 매립에 의존하고 있고, 재활용되는 양은 겨우 10%정도로 일본의 40% 재활용, 60%정도 매립에 비하면 우리도 재활용에 대한 연구가 활발히 추진 되어야 한다.

우리 나라의 주물고사 재활용 동향을 보면 일부 업체에서 콘크리트 생산시 잔골재 대체용으로 사용하고, 시멘트 부원료, 동제련시 불순물제거용, 아스콘 잔골재용 등으로 사용하고 있다.

선진국에서는 시멘트회사들이 산업폐기물을 부원료로 사용하고 있으며, 일본에서는 주물고사를 연간 35만톤(1992년 통계)을 사용하였다는 자료가 있다. 그러나 주물고사 발생지역인 인천 경인주물단지 와 경북 다산주물단지, 경남 마천주물단지와 강원도 강릉(옥계), 동해, 삼척과 내륙의 영월, 단양지역 과의 거리는 250Km 내지 300Km 이상 떨어져 있어, 장거리 운반으로 인한 물류비 부담과 시멘트회사 들의 현장 무상 도착도 등 불합리한 계약조건, 수집운반업체의 과다경쟁으로 인한 낮은 폐기물처리비, 강원도 지역의 제한된 교통망, 동절기 폭설 등 기상조건으로 인한 어려움 등 우리 나라 실정에서는 시멘트 부원료로 재활용하는 안은 최적의 해결 방안이라고 할 수는 없다.

기타 재활용방법으로 아스콘, 레미콘 잔골재로 10% - 45%정도 사용하는 방법에 관한 국내 연구보 고서도 있으며, 현 폐기물관리법상 점토점결주물고사는 인허가된 토목 건축 현장에 성토재 혹은 도로 기층재, 보조기층재로 사용 가능하도록 명시되어 있으나 주물고사의 검은 색상으로 인하여 이를 사용 할 경우 발생하는 민원으로 인하여 중단되는 사례가 전국 곳곳에서 자주 발생하고 있는 실정이다.

그렇다면 주물고사의 우리 나라 실정에 적합한 재활용 방법은 없는 것인가!

그것은 재활용 골재를 사용한 제품을 생산하거나 재활용골재로서 KS기준을 제정하는 것이다.

기술표준원에서는 주물고사를 활용한 콘크리트제품에 대해서도 1998년 12월 '재활용주물사 콘크리트 벽돌 (KS L 8513)'과 '인터리킹 블록(KS L 8512)'에 대하여 KS기준이 제정한 바 있다. 또 대량 발생하는 건설폐기물 인 페아스팔트와 페콘크리트에 대하여 1999년 5월 재생 골재로서의 KS 기준이 제정되었다.

2000년 말 기술표준원에서는 동제련 생산과정에서 연간 70만톤 이상 발생하는 동슬래(copper-slag)에 대하여 '콘크리트용 동슬래 골재(KS F2543)'에 대한 KS 골재 규격을 지정한 바 있다.

주물고사 재활용과 관련된 규격은 KS외에도 환경마크와 기술표준원의 재활용 벽돌과 블록, 호안블럭, 경계석, 인터리킹 블럭 등이 제정되어 있어 주물공단이나 주물고사 발생업체 인근의 콘크리트 제품 생산공장에서 주물 고사를 잔골재 대체용으로 사용함으로써 원가절감과 정부에서 추진중인 재활용제품 의무구매 정책에 의한 판로 확보시 주물고사 처리문제의 해결은 물론 재활용업체들의 경쟁력은 크게 향상될 것이다.

이상과 같은 관점에서 1995년부터 수년간에 걸쳐 주물고사를 활용한 건축자재를 생산하여 수도권 의 많은 공사 현장에 납품한 생명력 있는 실제 사례를 소개함으로써, 주물고사 처리에 도움이 되었으면 한다.

## II. 最近 鑄物 關聯 動向

### 1. 주물 생산 동향

표 1은 지역별 주물업체의 현황을 나타낸 것이다. 인천 경인주물단지를 중심으로 경기지역에 38.4%, 부산/경남지역이 30.8%, 대구/경북지역에 17.4% 등 주로 3개 지역에 86.6%가 집중되어 있다.

표 1. 지역별 주물업체 현황

지역	총계	인천/경기	부산/경남	대구/경북	대전/충남북	광주/전남	전북	강원
업체수	471	181	145	82	29	20	11	3
비율(%)	100	38.4	30.8	17.4	6.1	4.2	2.3	0.6

“한국주물공업편람”, 한국주물공업협동조합, 1995

최근 연도별 주물생산 동향은 표 2에서 보는 바와 같이 1993년부터 1996년까지 년 평균 4%정도 증가 추세였으며, 1997년 말 IMF 경제체제하에서 -3.6%, 1998년에는 -19.27% 급격히 감소하였다.

그러나 1999년에는 IMF 이전 수준으로 회복하였고 2000년에는 1999년에 비하여 약 4%의 증가를 나타내고 있다.

표 2. 연도별 주물생산량 추이 (단위 : 톤)

구분	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000(추경)	
철강주물	주철	1,293,700	1,355,500	1,400,100	1,406,000	1,360,100	1,332,200	1,422,000	1,509,000
	주강	126,900	131,900	135,500	145,500	135,300	131,500	136,000	118,000
	소계	1,420,600	1,487,400	1,535,600	1,551,500	1,495,400	1,463,700	1,558,000	1,627,000
비철주물	54,900	57,300	59,600	61,500	59,100	40,000	60,900	63,000	
합계	1,475,500	1,544,700	1,595,200	1,613,000	1,554,500	1,255,000	1,618,900	1,690,000	
전년대비	+4.72 %	+4.69 %	+3.27 %	+4.42 %	-3.63 %	-19.27 %	+29.0 %	+4.4 %	

지역별 주물생산 동향(표 3)은 지역별 주물생산업체수와는 달리 부산/경남지역이 48.2%, 대구/경북지역이 23.8%, 인천/경기지역이 21.3% 순이며, 주물평균 생산량은 부산/경남지역이 인천/경기 지역 생산량의 2배, 대구/경북지역이 1.7배 많은 것은 현대화된 대형 주물 생산업체가 상대적으로 편중된 것이 원인으로 보이며, 부산/경남지역과 대구/경북지역 주물생산량이 전국 주물생산량의 72%를 차지하는 것으로 나타났다.

표 3. 지역별 주물생산 동향 (단위 : 톤)

연도	부산/경남	대구/경북	인천/경기	기타	합계
'00. 10월 생산량	40,498	24,814	19,504	5,700	90,516
'00. 11월 생산량	39,128	24,668	20,168	5,389	89,353
'00. 12월 생산량	38,393	23,861	18,633	299.4	86,238
조사업체수	62	44	60	18	184
점유율(%)	44.5	27.7	21.6	6.2	100
업체평균 생산량	619.2	542.3	310.6	297.3	468.7

2001년 2월 발간된 “주물”지의 2000년 4/4분기 재질별 주물생산동향(표 4)을 보면 주철주물이 95.0%, 주강주물이 5.0%이며 나머지 알루미늄 및 동, 기타 주물은 0.8% 미만이며, 재질별 주물 생산량은 주철주물이 주강주물보다 2.1배정도 많다.

따라서 재활용할 수 있는 대상 주물고사는 발생량의 95%를 차지하는 주철주물 생산공정에서 발생하는 주물고사이다.

표 4. 재질별 주물생산 동향

(단위 : 톤)

구 분	주철 주물	주강 주물	알루미늄/동	기타 주물	합 계
생 산 량	251,884	12,444	759	1,020	266,107
점유율(%)	94.6	4.7	0.3	0.4	100
업체평균생산량	467.0	278.7	42.0/1.0	64.0	468.7

2. 鑄物古砂의 再活用 動向

2.1 鑄物古砂 種類 및 發生量 推移

주물고사는 주형종류와 주물재질별 2가지로 분류할 수 있다. 즉 주형종류별로 생형, CO<sub>2</sub>형, VRH(Vacuum and Replace Hardening)형, 후관형, α셋형 등으로 구분하는 방법과 주물 재질별로 구분하여 주철, 주강, 동주물, 알루미늄 주물로 분류하는 방법이 있는데 콘크리트 잔골재로 재활용하기 위해서는 주형종류별로 구분하는 것이 편리하다.

주물고사 발생량은 표 5에서 보는 바와 같이 주물생산량과 연관이 있다. 주물고사는 1994년 66만톤정도로 1996년까지 증가세를 보이다가 IMF관련 1998년 감소하였다가 2000년 말 현재 IMF이전 수준으로 경기가 회복되면서 연간 70만톤 이상 발생할 것으로 추정된다. 주물고사는 주물 재질에 따라 발생비율이 상이하며 주강주물의 주물고사 발생원단위는 0.57로서 주철주물의 원단위 0.31보다 높다. 또 주물공단별로도 큰 차이를 보이고 있는데 마천주물단지는 0.42, 경인주물단지가 0.37인데 비하여 다산주물단지는 0.24로서 우리나라 평균 0.35보다 낮은 편이다. 일본의 경우는 우리 나라보다 낮은 0.32 수준이다. 따라서 주물고사 발생량의 76%를 차지하는 모래 + 벤토나이트를 주로 사용하는 주철주물고사 즉 점토점결주물고사이다.

표5. 주물고사 발생량 추정

(단위 : 천톤)

구 분	1994년				1995년	1996년	1997년	1998년	1999년	2000년
	주철	주강	비철	소계						
주물 생산량	1,355	132	57	1,544	1,595	1,613	1,554	1,522	1,619	1,690
주물고사발생량	501	112	45	658	681	688	663	649	690	721

주물고사의 발생량(표 5, 6)을 지역별로 보면, 부산/경남, 대구/경북지역 에서 전국 발생량의 72%가 발생하고 발생하고 있으나 주물고사를 활용하여 제품을 생산하는 업체가 거의 없는 실정이며, 동해 쌍용시멘트와 울산 동제련공장으로 납품하는 업체외에는 안정적으로 처리할 수 있는 업체가 없다.

표 6. 지역별 주물고사 발생량 (2000. 12월 기준)

(단위 : 톤)

구 분	부산/경남	대구/경북	인천/경기	기타지역	합 계
주물고사발생량	320,750	199,657	155,690	44,688	720,785
발생비율(%)	44.5	27.7	21.6	6.2	100

2.2 鑄物古砂의 再活用 實態

주물고사를 재활용하기 위한 1차 연구는 주물공장의 주물사로 재활용하는 것이었으며, 2차적으로 콘크리트, 레미콘, 아스콘의 잔골재, 시멘트 부원료, 기포 콘크리트, 원예재료, 기타 성토 매립용 및 도로기층재, 금속제련시 활용하는 방안에 대한 연구가 진행되었다.

일본에서는 1967년 8월부터 폐기되는 주형사를 재활용하기 시작하였으며 1973년부터는 약 20여편이 넘는 연구 논문 발표와 함께 급속히 주물고사에 대한 재활용 연구가 활발해 졌으며, 1988년 2월에는 川崎市 NKK제철소내에 2개의 업체가 17억엔을 공동 출자하여 월 10,000톤의 재생사를 생산할 수 있는 공장을 설립하여 1989년 1월부터 본격적인 생산에 들어갔다.

일본에는 전문적인 주물고사 재생처리 공장이 20여개, 주조업과 겸업하는 재생사 공장이 10여 군데나 있다. 1993년 2월 발간된 JACT NEWS에 의하면 일본의 연간 주물고사 발생량은 161만톤으로 이중 60%인 96만톤이 매립되고 28%가 재생사로 재활용하고 12%는 타용도로 재활용되고 있다고 기록되어 있다.

미국 AFS(America Foundrymen's Society)에서는 1980년 말부터 1990년 대 초에 걸쳐 "Alternate

Utilization of Foundry Waste Sand" 라는 본격적인 연구가 진행되었는데 주로 시멘트 재료와 콘크리트용 골재, 특올재료, 성토재료 등 여러 분야의 용도 개발에 관심을 두고 연구가 진행되었다.

### III. 실험재료 및 방법

#### 1. 粒度

주물고사의 입도분포(표 7)를 보면 0.15mm~0.60mm 사이에 83%가 분포되어 있어 입자가 일반골재에 비하여 미세한 편이며 1.18mm ~ 0.30mm 사이의 입도가 허용범위를 약간 벗어나는 편이다. 그러나 일반골재 또는 부순골재를 이용하여 입도분포의 조정이 가능하다.

표 7. 주물고사 입도실험 결과

체 규격	잔류량(g)	잔류율(%)	누적잔류율(%)	통과율(%)	KS표준입도
4.76mm (No. 4)	3.5	0.70	0.70	100.00	100.00
2.36mm (No. 8)	17.9	3.57	4.27	99.30	90~100
1.18mm (No.16)	18.5	3.69	7.96	95.73	80~100
0.60mm (No.30)	91.2	18.20	26.17	92.04	50~90
0.30mm (No.50)	180.8	36.09	62.26	73.83	25~65
0.15mm(No.100)	146.8	29.30	91.56	37.74	10~35
0.08mm(No.200)	28.8	5.75	97.31	8.44	2~15
pan	13.5	2.69	100.00	2.69	0~6
계	501	100.00	192.91	0.00	

#### 2. 比重/吸水率

주물고사의 물리적 특징(표 8)을 보면 대부분 KS기준인 KS F 2527 콘크리트용 부순 잔골재(1997)의 기준에 적합하다.

비중은 石質과 풍화의 정도 등에 따라 정해지며 골재의 비중은 표면 건조 포화상태(표건상태)의 비중을 말하며, 비중은 커야 좋은데 비중이 큰 것은 조직이 치밀하고 空隙(공극)이 작아서 흡수율이 적으므로 동결에 의한 손실이 적고 내구성이 좋기 때문이다.

표 8. 주물고사의 비중 및 흡수율

품질평가항목	건조 비중	흡수율(%)	안정성(%)	0.08mm통과량
KS 기준	2.50 이상	3.0 이하	10 이하	7.0 이하
주물고사	2.64	1.33	1.4	3.0

골재의 흡수율은 절대건조 상태에서 포화상태가 될 때까지 흡수하는 수량을 흡수량이라 하는데 흡수율은 낮아야 좋으며, 흡수율이 많은 골재는 안정성을 저하시켜 내구성과 강도에 나쁜 영향을 미치고 잔골재의 흡수율은 콘크리트 배합설계에서 물 : 시멘트 비를 결정하는데 중요하기 때문이다.

콘크리트용 골재의 흡수율은 3.0이하여야 하며 흡수율이 3.0 이상인 골재는 내구성과 강도에 나쁜 영향을 미친다.

주물고사의 표면건조 포화상태의 비중 및 절대 건조비중, 흡수율 시험은 KS F 2504 잔골재의 비중 및 흡수량 시험방법('97. 4.)에 의해 시험한 결과 생형사와 CO<sub>2</sub>사 혼합된 주물고사의 비중은 2.42, 흡수율은 2.62였으며, 흡수율은 3.0% 이하로서 만족하고 있으나 강모래나 부순돌의 흡수율 0.7 ~ 0.8에 비하면 높은 값을 나타내고 있다. 따라서 콘크리트용 골재로 사용할 때 생산담당자는 물 배합에 관심을 가져야 한다.

#### 3. 化學 成分 分析

주물고사의 성분분석 결과(표 9) 내구성과 알칼리 골재 반응 시험은 일반적으로 알칼리 골재 반응을 일으키지 않는 것으로 나타나 있다. 안정성 시험에서도 충분히 만족하는 값을 나타내고 있으며, 화학적 안정성에도 문제가 없는 것으로 추정된다.

표 9. 성분 분석 결과

(단위 : %)

성분	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	lg
혼합사 (생형사+CO <sub>2</sub> 사)	84.45	6.41	4.27	0.73	0.45	1.95	1.21	0.22	0.22	2.40
생형사	90.48	2.50	5.11	0.12	1.47	0.06	0.01	0.23	-	1.51
CO <sub>2</sub> 사	96.35	1.14	1.44	0.02	0.03	0.19	0.69	0.12	0.01	0.50

4. 實驗材料 및 配合設計

4.1 材料

재생 주물고사를 활용하여 콘크리트 벽돌을 생산하기 위해 고려할 사항은 다음과 같다.

(1) 재생 골재 : 주물고사는 최소 입자화 하기 위한 수 차례의 파쇄, 선별, 철분제거 과정을 반복하는 재생처리 공정을 거쳐야 하고 생산된 골재는 표면수 관리를 위하여 지붕이 있는 시설에 보관을 하여야 한다.

(2) 석분(부순 잔골재) : 점토점결주물고사의 경우 색상이 검고 비립분진이 포함되어 있어 석분은 미분 함유량이 적고 흰색의 석분을 사용하는 것이 좋다.

(3) 시멘트 : 제품의 색상관리상 밝은 색상의 포틀랜드시멘트를 사용하는 것이 좋다.

(4) 혼화제 : 재생골재는 분진과 유기물의 함유량이 일반골재보다 많고 입도가 매우 가늘기 때문에 일반골재 믹서시간과 동일한 시간에 혼합이 잘 되게 하기 위해서는 공기연행제나 fly- ash 시멘트를 사용하는 것이 좋다.

(5) 물 : 물/시멘트 비는 細沙로 인하여 일반 골재보다 상당히 많은 양이 필요하고 물/시멘트 비가 높다하여 일반골재 수준의 물을 사용하면 제품의 압축강도가 저하되고 색상이 검어지며, 충분한 수화작용이 이루어지지 않아 품질이 저하되는 경우를 볼 수 있다.

4.2 콘크리트 벽돌 配合設計

(1) 제품 품질기준 : KS L 8513('98. 12.31)에서 명시된 압축강도 8N/mm<sup>2</sup> 이상, 흡수율 10 이하, 자연양생기간 7일 이상 제품을 기준으로 하였다.

표 10. 배합설계

(단위 : kg)

구분	부순잔골재	재생주물고사	시멘트	특수 혼화제	상용 혼화제	물
시료1	550	500	100	1.0	0.1	53.4
시료2	550	500	100	2.0	0.2	52.4
시료3	550	500	100	6.5	0.3	54.9

배합설계(표 10)시 부순 잔골재와 재생주물고사, 시멘트 량은 고정하였다. 이유는 그 동안 충분한 실험과 수 년간 대량 생산한 경험을 기초로 하여 콘크리트 분야에 약간의 경험과 기초적인 기술만 있으면 생산이 가능한 기준을 제시하기 위함이다.

(2) 골재의 비율 : 부순 잔골재 대비 재생주물고사의 사용 비율은 54.5 : 45.5로 하였으며 시멘트는 전체 골재량 대비 9%로 하였다. 특수 혼화제는 다양한 주물고사와 입도분포, 분진의 포함 정도에 관계없이 KS기준 이상의 제품을 생산할 수 있도록 품질관리상 부담을 고려하였다.

(3) 물/시멘트 비 : W/C가 낮아질수록 고강도 콘크리트 제품생산이 가능하고 동결융해에 영향을 덜 받는 제품을 생산할 수 있다. 그러나 주물고사 재생골재를 활용할 때는 기존 물/시멘트비 보다 훨씬 높은 많은 양의 물이 필요하고 W/C를 적절히 맞추지 못할 경우는 우수한 품질의 제품을 생산할 수 없다는 결론을 얻었다. 우수 제품과 불량 제품과의 물 허용오차 범위가 5~10% 정도로 매우 민감하여 混合水の 결정이아말로 제품 생산의 제일 중요한 기술이라고 할 것이다.

V. 再活用製品 品質分析 및 考察

1. 품질분석 결과

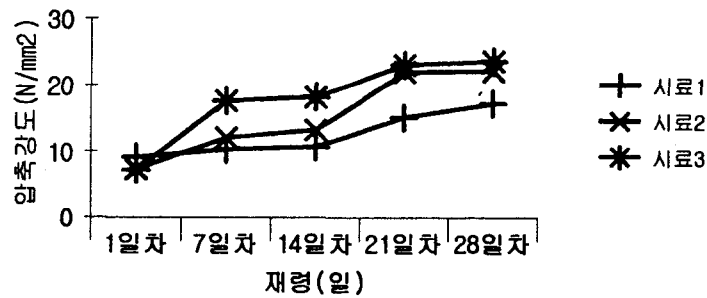
### 1.1 압축강도

실험은 KS L 8513(재활용주물사 콘크리트 벽돌)에 준하여 실시하였고 혼화제를 사용한 시료 2와 3은 1일차 압축강도는 약간 떨어지나 7일 이후는 계속 상승하는 것을 알 수 있다. 표11을 참고로 제품 출하시기를 고려하여 볼 때 시료3은 7일이후는 가능하였으나 시료2는 14일 이후, 시료 1은 21일 이후 출하하는 것이 바람직하였다.

표 11. 압축 강도

구 분	시 료 1	시 료 2	시 료 3
1 일차	9.1	7.4	7.2
7 일차	10.3	12.1	17.7
14 일차	10.7	13.3	18.3
21 일차	15.2	22.0	23.1
28 일차	17.3	22.2	23.6

그림1 재령별 압축강도



### 1.2 혼화제와 압축강도

혼화제를 적게 사용한 시료 1보다는 혼화제 및 특수혼화제를 사용한 시료 2, 3이 14일 이후 강도발현이 우수하게 나타났으며, 재생주물고사를 잔골재로 사용시 공기연행제 사용의 필요성에 대하여 언급된 보고서는 동양시멘트, 한국도로공사, 세명대학교 등의 연구보고서에서도 언급하였다.

표 12. 기간별 압축강도 발현량

기 간 별	시 료 1	시 료 2	시 료 3
1 ~ 7 일차	1.2	4.7	10.5
8 ~ 14 일차	0.4	1.2	0.6
15 ~ 21 일차	4.5	8.7	4.8
22 ~ 28 일차	2.1	0.2	0.5
1 ~ 28 일차	8.2	14.8	16.4

### 1.3 기간별 압축강도 발현

표 12에서와 같이 혼화제를 사용한 시료 2, 3이 우수하게 나타났으며 KS기준에 모두 만족한 값을 나타내고 있다. 일반골재를 사용한 일반콘크리트 제품의 압축강도가 12~14정도이며 강도를 높이기 위해서 시멘트량을 10% 이상으로 증가하는데 비해, 재생골재 사용한 제품은 시멘트를 약 9%정도로 적게 사용해도 보통 15~18N/mm<sup>2</sup> 정도이며 3주 경과 시는 22~23N/mm<sup>2</sup>으로서 고강도 제품 생산이 가능하다.

1.4 흡수율

재활용 주물사 콘크리트 벽돌 및 속빈 콘크리트블록(KS F 4002 : '97. 4. 1)의 흡수율은 모두 10 이하이며, 실험결과는 표14에서와 같이 모두 10이하로서 KS기준에 적합하였다.

표 13. 흡수율

제품명	시료 1	시료 2	시료 3	시료 4	시료 5
재활용 주물사콘크리트벽돌	7	8	7	7	8
재활용콘크리트블럭	7	8	7	8	7

시험기관 : 한국전자제시험연구원, 환경마크협회 의뢰 (2001. 1)

VI. 要約

국내 주물업체에서 발생하는 주물고사는 콘크리트 분야에 재활용이 가능하다.

따라서 주물고사는 장거리 물류비용을 부담하면서 시멘트 부원료로 사용하는 해결 방안보다는 주물공장이 밀집되어 있는 인천/경기, 부산/경남, 대구/경북지역의 콘크리트 공장의 잔골재로 사용하는 방안을 추진하는 것이 바람직하다.

① 주물고사를 콘크리트 잔골재로 사용시 압축강도나 흡수율면에서 기존 잔골재 사용시 보다 우수한 품질의 제품을 생산할 수 있다. 그러나 전량 대체 사용은 입도면에서 적합하지 않기 때문에 이를 보완하기 위하여 일반 잔골재를 45 - 50% 정도 대체 사용이 가능하다.

② 주물고사를 활용하여 생산 가능한 품목은 콘크리트 1차 제품인 벽돌과 블록은 물론 2차 제품인 경제블록과 호안블록, 인터리킹 블록 생산시 20 - 30% 대체 사용도 가능하다.

③ 재활용 잔골재는 가압적 지방이 있는 보관장소에 보관하여 재활용 잔골재를 사용하는 생산업체에서 표면수 관리가 용이하도록 하고, 물/시멘트 비는 품질관리의 가장 핵심요소이며 생산성을 높이고 품질 관리를 위해서는 공기연행제 등 혼화제를 사용하여야 한다.

④ 증기양생 실시 이전에 반드시 3시간 이상 상온양생을 실시하고 양생실 온도상승은 시간당 20℃ 정도가 적당하며, 급격한 온도상승은 제품의 균열을 발생시키고 야적 후에도 2차 살수(撒水)에 의한 습윤양생을 하면 품질이 안정적으로 향상된다.

參 考 文 獻

1. “주형종류별 폐주물사의 환경유해성 검토 및 적정 관리방안 연구”. 한국자원재생공사. 1997. 6
2. 최춘선(1999), “주물고사를 활용한 건축자재 생산에 관한 연구”, “주물”. 1999. 12월호. 한국주물공업협동조합.
3. 최춘선. “주물고사를 활용한 건축자재 생산에 관하여” “자원리사이클링”. 1999. 12. 한국자원리사이클링학회.
4. 박제선·윤경구·김태경·백민경(1997). “폐주물사를 혼입한 콘크리트의 적정배합설계”. 한국콘크리트학회지 제9권 6호. 1997. 12
5. 윤경구·이주형·홍창우·박제선(1998). “폐주물사를 혼입한 콘크리트의 동결 - 응해저항성에 관한 실험적 연구”. 한국콘크리트학회지
6. 최연왕, 최재진(1999), “주물고사를 사용한 콘크리트의 물성에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집
7. 김희성, 진치섭(2000), “주물공장 플라이애쉬를 혼화제로 사용한 콘크리트의 기초적 성질”, 콘크리트학회 논문집.
8. 青木 正. “주물사의 리사이클링의 현상”. JACT NEWS. 1993. 2. 20
9. American Foundrymen's Society. “Final Report on Alternate Utilization of Foundry Waste Sand”. 1990.