

鐵鋼슬래그를 充墳材로 利用한 아스콘 製造(I)

潘奉贊 · 朱宰佑*

順天大學校 工科大學 金屬工學科, *順天大學校 工科大學 土木工學科

Production of Asphalt Concrete Used Iron-and Steelmaking Slags as Fillers

Bong-Chan Ban and Jae-Woo Joo*

Department of Metallurgical Engineering, Suncheon National University, Suncheon 540-070

*Department of Civil Engineering, Suncheon National University, Suncheon 540-070

요 약

철강슬래그를 이용하여 아스팔트 콘크리트 충전제로서 적용가능성을 확인하고 사용하기 위해 시행되었다. 고로 수재슬래그, 고로 피재슬래그와 전로슬래그를 아스콘 충전제로 재활용하기 위하여 슬래그를 분쇄하여 물리적, 화학적 성질을 조사하여 아스콘 충전제로의 사용가능성을 확인하였다. 아스팔트 콘크리트 제조시 200 mesh이하의 슬래그 분말을 충전후에 측정된 여러 가지 기계적 성질은 KS규격을 충족시켰다. 아스팔트와의 혼합온도는 140~160°C이었고 밀도, 안정도, 공극률과 포화도는 각각 2.37 g/cm³, 810 kg, 3.4%와 80.4%이었다.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine a possible application of the slag the slags of iron-and steelmaking as a filler of asphalt concrete. The slags were crushed for better recycling of three typical slags as ascon filler, and then the physical and chemical properties were examined The mechanical properties of asphalt concrete after filling with slag powders under 200 mesh as fillers were tested to fulfill the Korean Standards. Optimum temperature of mixing the slags with asphalt was 140~160°C. The density, the stability, gap ratio and the saturation degree were 2.37 g/cm³, 810 kg, 3.4% and 80.4%, respectively.

1. 서 론

제철산업은 대량의 원료와 에너지를 소비하여 철강을 생산할뿐 아니라 여러가지 종류의 부산물과 폐기물을 다량 발생시키며, 이들 부산물과 폐기물은 양적으로는 주제품인 철강의 약 65%에 이르고 있다. 일관제철공정을 갖춘 POS-CO의 경우, 원료, 제선, 제강, 압연등 복잡한 연결생산체제를 거치면서 많은 종류의 부산물 및 폐기물을 다량으로 발생시키고 있으며 이러한 폐기물은 재활용이 가능한 유효자원을 다량 함유하고 있어 이들을 그대로 매립해 버리는 것은 자원 및 에너지 측면에서 효율적이지 못하다. 또한 현재 재활용되고 있는 품목조차도, 예를들면 고로슬래그 등은

100% 이용된다고는 하나 시장상황에 따라 매립되기도 하는 등 고부가화 또는 용도창출이 잘 되고 있지 않는 실정이다. 더구나 지구환경이 큰 이슈로 되고 있는 요즘은 각종 제철폐기물의 발생량을 가능한 한 줄이고, 발생한 것은 자원화를 도모함으로써 폐기물 처리비용을 경감하는 동시에 공해방지 차원에서 적극적인 사고가 요구된다 한편 고갈되어 가는 천연자원의 보호측면에서 제철 부산물과 폐기물은 천연자원의 대체제로 최대한 활용되어야 하며, 소재차원에서도 고가의 품목을 기대할 수 있다

제철공정에서 발생하는 슬래그는 양적인 면에서 발생량이 막대하기 때문에 처리방법에 대해서 많은 관심을 갖고 자원화가 수행되었으나, 고로슬래그에 비해 전로슬래그는

성분과 물성의 불균일성으로 인해 연구와 자원화가 초보상태에 머물고 있다.¹⁻⁴⁾

현재 고로슬래그 활용도가 통계상 100%에 이르지 않은 양이 폐기되고 있고 제강슬래그는 45~50%의 활용도를 보이고 있으며 폐기되는 슬래그는 양적인 측면에서 막대하다고 볼수 있다.

제철·제강 공정중에 부산되는 슬래그중 고로 슬래그는 수쇄 및 피재 슬래그로 생산되어 시멘트 원료, 시멘트 첨가제, 건자재 원료로 판매되거나 파쇄 골재용 및 규산질 비료 암면용으로 사용되고 있고, 제강슬래그는 수냉 공냉을 통해 스크랩이나 철광석, 분슬래그 대용으로 사용되고 있고 시멘트 공장의 철원, 복토재, 골재대용으로 사용되고 있다.^{1,5)} 그러나 이들 슬래그의 사용처를 고부가화할 필요가 있으며 특히 높은 CaO함량으로 인하여 여러가지 용도가 기대된다.

한편 지금까지 아스콘 제조시 사용한 석회석은 현재 국내자원의 편재성과 미분의 석회석을 요구하고 있기 때문에 많은 물류 비용과 아스콘 제조비용에 있어 충전재가 차지하는 비율이 대단히 높아 이를 대체하면서 여러가지 강도 측면에서 이에 대등한 대체재 개발이 요구된다. 특히 저가로 사용되는 고로 슬래그나 일부 폐기되는 제강 슬래그를 미분화하여 아스콘 제조시 충전재로 사용하는 대체재 개발이 요구된다

따라서 본 연구에서는 슬래그 수쇄화, 파쇄 공정중에 발생하는 미분의 슬래그를 이용하여 아스콘 충전재로의 대체재로서의 가능성 여부와 이에 따른 아스콘 제조법을 개선하고자 한다.

2. 철강슬래그의 특성

2.1. 고로피재 슬래그⁶⁻¹⁵⁾

Table 1은 여러가지 고로슬래그의 조성을 나타낸다. Table 1로부터 야금학적 이유 때문에 MgO 함량을 다르게 조정할 것을 알수 있다 산성이며 MgO가 많은 제강용 선철슬래그는 염기도가 매우 낮다. Table 1은 토마스염기성 선철슬래그와 CaO-aluminate 슬래그의 화학적 조성도 보여준다.

고로슬래그를 다양한 용도로 처리하는데 있어서는 결정

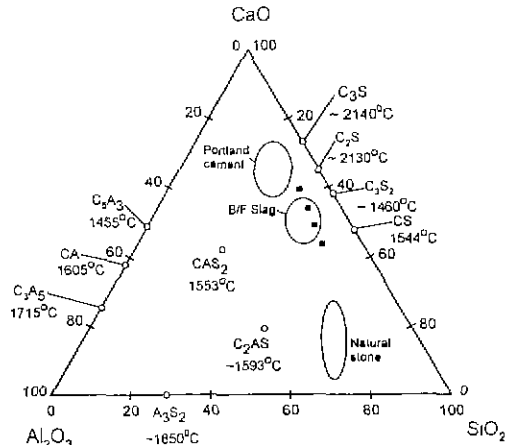


Fig. 1. Composition of B.F. slag, portland and natural stone in CaO-Al₂O₃-SiO₂ and CaO-SiO₂-MgO system phase diagram.

Table 1. Chemical composition of various ironmaking slags

				(wt%)		
pig iron ⇒				pig iron for steelmaking		
different slag	→low MgO content	medium MgO content	high MgO content	CaO/SiO ₂ <1.0	Thomas pig iron	special pig iron
SiO ₂	33.5~36.5	33.5~36.5	31.2~39.3	39.0~42.0	33.5~38.0	33.5~38.3
Al ₂ O ₃	10.2~12.8	10.2~12.8	8.7~13.8	11.8~13.8	12.0~15.0	46.0~50.0
CaO	43.3~45.4	37.2~42.6	33.8~42.4	34.5~37.0	36.0~43.0	37.0~42.0
MgO	4.7~ 6.3	6.2~ 9.7	9.2~13.4	6.2~ 8.3	3.5~ 7.5	1.0~ 2.0
Fe	0.1~ 0.4	0.2~ 0.4	0.1~ 0.5	0.1~ 1.0	0.1~ 1.0	0.4~ 0.6
Mn	0.1~ 0.3	0.3~ 0.6	0.1~ 0.7	0.6~ 1.0	0.5~ 1.2	0.02~0.1
Na ₂ O	0.4~ 0.7	0.5~ 0.7	0.3~ 0.9	0.3~ 0.5	1.0~ 2.0	0.1~ 0.3
K ₂ O	0.5~ 0.9	0.8~ 1.0	0.2~ 1.5	0.7~ 0.9	0.8~ 2.0	0.07~0.1
S	1.2~ 1.4	1.2~ 1.7	0.9~ 1.8	1.2~ 1.5	1.0~ 1.8	0.6~ 1.2
CaO/SiO ₂	1.10~1.35	1.10~ 1.20	1.0~ 1.25	0.85~0.95	1.0~1.2	
slag kg/t	90~35	290~320	280~320	280~320	300~700	

질 응고에 대해 중요한 상관계를 여러온도에 대해 나타내는 CaO-Al₂O₃-SiO₂-MgO계 상태도를 이용할 수 있다.

Fig. 1에 보인 상태도로부터 CaO-silicate슬래그와 CaO-aluminate 슬래그 사이에는 조성이 있어 상당한 차이가 있음을 알 수 있다. 상태도에는 그밖에 포트랜드 시멘트와 천연 화성암의 농도영역이 표시되어 있다. 또한 고로슬래그에서는 자유산화물(free oxide)이 나타나지 않는다.

2.2. 고로수쇄슬래그

수쇄슬래그는 고로에서 선철과 같이 배출되는 용융슬래그에 다량의 물을 분사해서 급냉한 것이다. 그의 조직은 유리질이며, 서냉 슬래그가 대부분 결정질인것에 비해 물리적 성질이 근본적으로 서로 다르다.

고로슬래그의 화학성분은 CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO가 주요 4성분이지만 Table 1과 같은 조성을 가진 규산염 용융체를 천천히 냉각하면 melilite (gehlenite 2CaO · Al₂O₃ · SiO₂-akermanite 2CaO MgO · 2SiO₂의 연속고용체)을 주체로 한 결정으로 되어서 고결하지만 그것을 다량의 물을 사용해서 급냉(수백도°C/sec)하면 급격한 점성의 상승에 의해 결정에서의 원자의 재배열이 행해질수 없는 만큼 고결해서 유리질로 된다. 고로슬래그는 통상의 판유리 등의 일반 유

리제품과 비교해서 SiO₂양이 적다. 즉 network former가 적기 때문에 물 등으로 급냉하면 완전히 유리화하지는 않는다. 염기도로 말하면 CaO/SiO₂가 높게 됨에 따라 유리화하기 어려운 조성이 된다. 유리질양이 많은 수쇄슬래그를 제조하는 데에는 어떻게 경제적으로 냉각 효과를 갖는가의 여부가 중요한 기술이다.

2.3. 전로 슬래그

탄소, 규소, 망간, 인 등의 불순물을 4~5% 함유하고 있는 선철로부터 이들 불순물을 제거하는 제강공정에서 제강슬래그가 발생하게 된다(Table 2).

여러가지 공법에 따라 철강을 생산할 때에 발생하는 슬래그의 화학적 조성을 서로 다른데 OBM공법과 LDAC공법 초기의 CaO-phosphate 슬래그는 CaO포화조성 혹은 그 근처에 놓여있다.

보다 정확히 표시하려면 MgO나 MnO와 같은 다른 중요한 슬래그성분을 고려하여야 한다. 제강슬래그의 대부분은 silicate성질을 지니고 있다. 이러한 차이는 고철(scrap), 선철, 해면철과 슬래그형성체의 사용비율이 다르기 때문에 나타나고 또한 전체공정과 산화조업의 진행 상황도 관계가 있다. 조업시에는 원칙적으로 조기에 슬래그를 형성시키고,

Table 2. Chemical composition of steelmaking slags

method	LDAC/ OBM	LD	SM/ E.A.F.	E.A.F					
				low-medium alloy		high Cr content			
product	nonalloy	low alloy		low-medium alloy		high Cr content			
modified process						VOD		AOD	
	oxidation slag	oxidation slag	oxidation slag	oxidation slag	refining slag	reduction slag	desulfurization slag	reduction slag	desulfurization slag
★Fe _{total}	5~12	15~24	10~19	13~20	max. 2	max. 2	max 0.5	max. 2	max. 1
★CaO	47~53	40~50	35~45	35~45	45~44	35~50	50~65	35~50	50~65
★CaO _{free}	max. 5	max. 10	max. 5	max. 5	max. 10	max. 5	max. 10	max. 5	max. 10
★SiO ₂	5~10	10~15	10~18	10~18	10~18	20~30	15~25	25~35	15~25
★Al ₂ O ₃	max. 2	max. 2	3~8	3~8	6~12	1~10	4~12	1~10	max 4
★MgO	1~3	1~2	7~13	7~15	10~18	5~15	1~5	4~7	1~5
★MnO	2~5	3~7	4~12	4~12	max. 2	1~6	max. 0.5	1~5	max. 1
★P ₂ O ₅	15~20	1~3	max. 1	max. 1	max. 0.5	max. 0.5	max 0.5	max. 0.5	max. 0.5
★CaF ₂	0	max. 0.5	max. 0.5	max. 0.5	1~10	max. 9	5~16	max. 5	5~14
★Cr ₂ O ₃	max. 0.3	max. 0.3	max. 1	max. 2	max. 0.5	1~5	max. 10	1~5	max. 1.0
CaO/SiO ₂	6~8	3.5~4.5	2.5~3.5	2.5~3.5	3~4	1.2~2.0	2~3.5	1.5~2.5	1.5~3.0
kg/t pig iron	190/210	120/410	80/150	80/120	20/30	100/30	30/40	100/130	30/40

CaO-염기성의 최종슬래그를 얻고자 한다. 이를 위해서는 여타가치 이유때문에 일반적으로 평형론적으로 요구되는 양보다 더 많은 CaO가 필요하다. 따라서 LD슬래그에서는 전체 CaO함량이 40~40%일때 자유 CaO(free CaO)가 흔히 1~4%에 달하며, 경우에 따라서는 10%를 넘을 수도 있다. 이들 슬래그의 그의 성분들도 다른 제강공법에서와 마찬가지로 유사한 경향을 보여주고 있다 이것은 슬래그를 이용하는 데에는 큰 문제점이 되며, 철강생산공정을 더욱 적정화 함으로써 개선이 가능하리라 본다

3. 실험 및 방법

충전재로 사용가능성을 알아보기 위하여 분말의 물리적 특성을 조사하기 위하여 각종 슬래그의 200 mesh이하의 분말특성을 조사하였다

3.1. 시료준비와 아스콘 충전재 분말특성 조사

포스코 광양제철소에서 부산되는 고로피재슬래그, 고로 수쇄슬래그를 건조기에서 200°C, 2시간 건조한 후 사용하였다. 피재의 경우 jaw crusher와 rod mill을 사용하고, 수쇄 슬래그의 경우 rod mill과 vibrating mixer mill을 사용하여 분쇄하였다. 분쇄된 시료를 200 mesh체로 ro-tap을 이용하여 분리하였다.

분말 특성을 분석하는 방법으로 겉보기 밀도, 충전밀도, 진밀도, 평균입경, 입도분포 및 전자현미경조사(SEM) 등을 행하였다. 분석방법 및 기구에 관한 설명은 아래와 같다. Alcan Powders and Pigments사의 Hall Flow Meter를 이용하여 겉보기 밀도 (A.D : apparent density)를 측정하였고, Quanta Chrome사의 Dual Autotap을 이용하여 탭(충전)밀도 (tap density)를 측정하였으며 진밀도는 비중병을 이용하여 측정하였다. Fisher사의 subsieve sizer를 이용하여 평균입경 (FSSS Fisher Sub Sieve Size)을 측정하였다. Malvern의 Mister Size를 이용하여 입도분포(particle size distribution)를 측정하였다. 전자현미경 조사는 Jeol(JSM-T330A)사의 SEM(scanning electron microscope)을 사용하였다.

3.2. 충전재로서의 특성 실험 및 아스콘 제조 사용시 기계적 특성 실험

KS-3501규격은 주로 역청 포장에 사용되는 포장용 채움재(Filler for Bituminous Paving Mixtures)에 대하여 규정하는데 이에 맞추어 기계적 특성시험을 시행하였다.

또한 마찰안정도 측정을 위해 1) 공시체의 밀도측정 2) 안정도 시험측정순으로 진행하였다 공시체 특성치를 결정

하는 방법으로 아래와 같은 사항을 측정하거나 a)밀 도, b) 이론최대 밀도, c) 공극율, d) 골재간극율(VMA), e) 포화도(VFA)를 계산하였다.

3.3. 슬래그 분말의 용출특성

이들 슬래그의 용출특성을 평가하기 위하여 환경오염 공정시험법(KSM method) 및 TCLP(Toxicity Characteristic Leaching Procedure)에 따라 전처리후 분석비교하였다.

3.4. 아스콘 제조

제조방법은 개략적으로 고로제철과정중에서 부산되는 고로 수쇄슬래그의 수분을 탈수기와 건조기로 제거하고, 불밀이나 진동밀에서 200 mesh 이하로 분쇄 체질한후, 이를 혼합기에 투입하여 아스팔트와 100°C 이상에서 서로 혼합하였다. 이후 혼합물을 취급이 용이하도록 성형로울러를 이용하여 일정크기를 가지는 형태, 예를 들면 φ10 mm 내외의 골재 크기로 성형하고 냉각, 고화시켰다.

공정은 수분을 함유한 고로 수쇄슬래그를 건조장치가 되어있는 고온의 회전로에서 폐기된 수쇄슬래그 상태에서 분말상태로 만들기 위해 가열하여 수분을 제거하는 제 1공정과, 불밀이나 진동밀에서 200 mesh이하의 크기로 분쇄 미분화 하는 제 2공정과 상기 제 2공정에서 얻어진 분말을 아스팔트와 혼합하여 140~160°C로 가열하면서 교반시켜 혼합하고 실온으로 냉각시켜 고화시키는 제 3공정과, 상기 제 3공정에서 생성된 고품물에 평균지름이 19 mm 이하로 분쇄된 골재, 돌을 분쇄하는 과정에서 생기는 석분 및 모래를 혼합하여 아스팔트를 혼합하여 혼합로울러에 투입하고 충분히 교반혼합하는 제 4공정으로 이루어진다.

4. 결과 및 고찰

Table 3은 3가지 슬래그의 물리적 성질을 나타낸다. 수쇄, 고로피재슬래그와 전로슬래그의 200메쉬이하의 분말의 진밀도는 실제 고로피재슬래그와 전로 슬래그의 평균밀도가

Table 3. Physical properties of slags

	Apparent Density (g/cm ³)	Tap Density (g/cm ³)	truc density (g/cm ³)	average particle size (μm)
water-crushed B.F slag	0.86	1.61	2.93	6.30
lumpy B.F. slag	0.89	1.45	2.96	7.90
LD slag	1.24	2.08	3.68	9.6

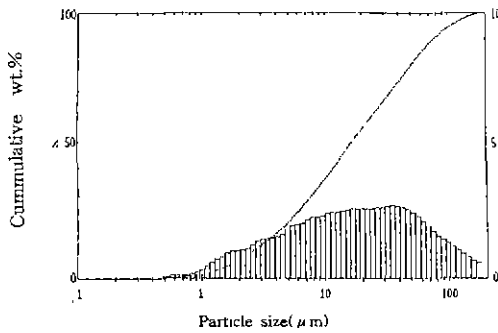
Table 4. Size distribution of powdered slags (unit : μm)

water-crushed blast furnace slag	lumpy blast furnace slag	LD converter slag	
2.58	4.53	6.19	10% (cum. volume)
16.68	33.14	33.39	50% (")
75.85	75.50	75.42	90% (")
29.65	37.86	38.33	average

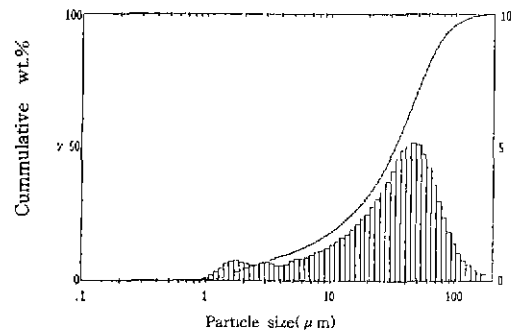
2.5 g/cm³와 3.0 g/cm³인 점에 비하여 2.93, 2.96과 3.68로 상당히 높은 값을 나타내고 평균입경은 6.30, 7.90, 9.60 m을 나타냈다.

고로슬래그의 수쇄나 괴체인 경우 물성측면에서 큰 차이를 보이지 않으나 전로슬래그는 고로슬래그와 큰 차이를 보인다.

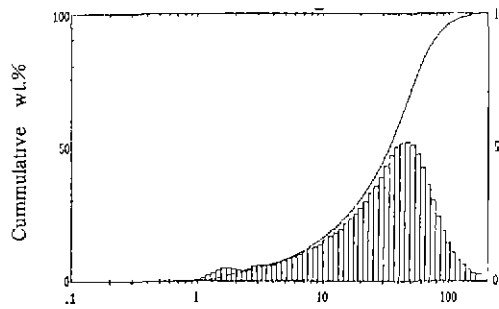
Table 4는 분쇄된 200 mesh이하의 세가지 슬래그의 입도 분포를 나타낸다. Table 5는 실험에 사용된 고로수쇄와 괴



a) water-crushed B.F. slag.



b) lumpy B.F. slag



c) LD slag.

Fig. 1. Size distribution of three powdered slags.

Table 5. Chemical analysis of blast furnace slag

	As(ppm)	Hg(ppm)	Cr(ppm)	Zn(ppm)	Pb(ppm)	Cd(ppm)	Ni(ppm)	Cu(ppm)	Be(ppm)	Ba(ppm)
lumpy	<10		92.3	43.3	161.3	12.3	22	<10	M10	563
water-crushed	<10	<5	81	38.7	156.7	14	40		<10	639.7

	SiO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	B ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	BeO(%)	FeO(%)	MgO(%)	MnO(%)	CaO(S)	Na ₂ O(%)	K ₂ O(%)
lumpy	28.73	0.28	0.11	13.41	1.10	<0.0028	0.39	6.08	0.26	38.81	0.24	0.44
water-crushed	32.15	0.24	0.11	13.03	0.93	<0.0028	0.94	5.75	0.27	39.71	0.23	0.48

Table 6. Chemical analysis of LD-converter slag (%)

Fe	MnO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO
20	3.6	9.9	42.3	2.5	9.0

Table 7. Leachate test results for B.F slag (unit : ppm)

	water-crushed slag		lumpy B.F. slag		classification standards	
	KSM	TCLP	KSM	TCLP	Korca	EPA
Cu	<0.03	0.09	0.05	0.15	3	
Cr	<0.02	<0.02	<0.02	0.03	1.5	5.0
As	0.014	0.011	0.005	0.004	1.5	5.0
Zn	0.08	<0.02	0.53	0.27		
Ba	0.30	0.30	0.22	0.01		100
Hg	<0.001		<0.001		0.005	0.2
Cd	<0.02		<0.02		0.3	1.0
Pb	<0.10		<0.10		3	5.0

제슬래그의 화학적 성분을 ICP(Ion Coupled Plasma)를 이용하여 분석한 결과이다. 특히 고로수쇄슬래그나 고로피재슬래그의 침출시의 유해성여부의 판단기준을 알아보기 위하여 기존 데이터에 나타을 ppm 단위까지 측정하여 침출로 인한 미량성분의 변화를 알고자 했다. 이들 미량원소의 함유량을 보면 어느 것이나 산화물의 형태로 존재하고 있음을 확인할 수 있다.

Table 7는 분쇄된 슬래그의 용출시험의 결과를 나타내었다. KSM method와 TCLP method를 사용하여 슬래그 및 소각재의 중금속 침출특성을 분석한 용출시험 결과를 비교하면 다음과 같다. 용출 전처리 방법에 있어서 TCLP 방법이 KSM 방법에 비해 용출이 많이 되리라 생각하였으나 피제슬래그의 경우에는 구리를 제외한 비소 및 아연이, 수쇄슬래그의 경우에는 바륨이 반대의 경향을 나타내고 있다.

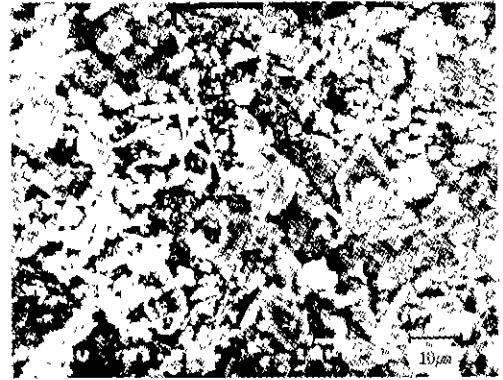
수쇄슬래그와 피제슬래그의 침출특성을 비교하면, 바륨 및 비소를 제외하고는 수쇄슬래그의 침출농도가 낮은 결과를 나타내었다. 이러한 예외적인 결과는 전처리에 사용한 시료내에 존재하는 중금속 물질의 함량이 다름으로 인해 나타난 것으로 사료된다.

4.1. 현미경 관찰(SEM)

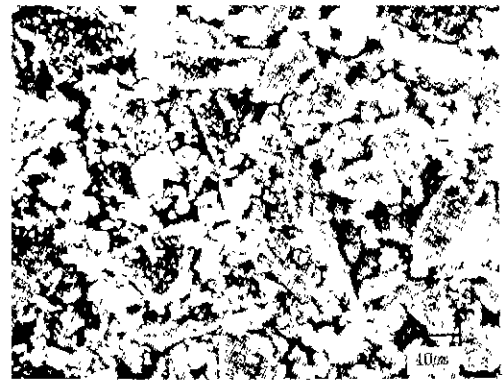
Photo 1은 3가지 슬래그의 SEM 사진을 나타낸다 입자의 형태는 수쇄 슬래그의 경우 미분의 경우가 균일하게 되어 있는 상태이며 전로, 피제슬래그는 입자의 크기 분포가 상당히 불규칙하게 보인다.

4.2. 아스콘 충전재로서의 특성평가

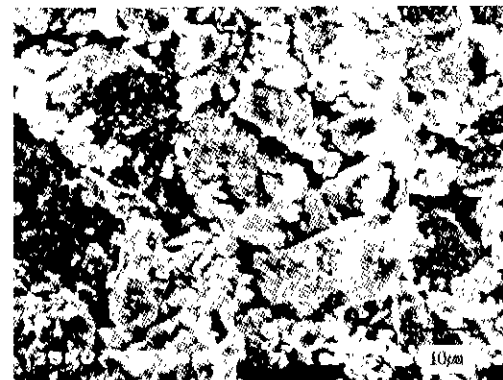
Table 8은 KS 아스콘 충전재의 시험항목이다. 고로 수쇄슬래그를 상기의 제 1공정과 제 2공정에 의하여 가열한 후에 건조되고 분쇄된 분말을 얻었다. 위와 같이 처리된 슬래



a) blast furnace water-crushed slag.



b) blast furnace lumpy slag.



c) LD converter slag.

Photo 1. SEM micrograph of various crushed slags.

Table 8. Properties of blast furnace slag as a filler for bituminous paving mixtures

experiment/item	unit	result	experiment method
moisture density(20°C)	%	0.3	KS F 3501-94
	-	2.65	
grain size : No. 30	%	100	
: No. 50	%	100	
: No. 100	%	100	
	%	89	
plasticity index	-	non plasticity	
heating deterioration	-	none	
flow test	%	26	
flooding expansion	%	1.4	
exfoliation test	-	1/4이하	

Table 9. Materials ratio used for asphalt concrete (unit : wt%)

	Exp. 1	Exp. 2
pulverized aggregate below $\phi 19$ mm	34.3	34.2
stone dust during the process in pulverized stone	47.1	46.8
sand	9.1	9.0
water-crushed blast-furnace slag powder	4.0	4.0
asphalt	5.5	6.0

그 분말 288 g과 아스팔트(AP-3) 396 g을 150°C로 가열하면서 서서히 교반시켜 완전히 혼합시키고 같은 온도에서 직경 19 mm 이하의 분쇄된 골재 2476 g, 돌을 분쇄하는 과정에서 생긴 석분 3388 g, 가는모래 652 g을 혼합하여 충분히 혼합시켰다. 또 상기 혼합물을 내경 100 mm, 높이 125 mm의 원통형 형틀에 장입시키고, 해머로 50회 이상 다진 다음 상온까지 냉각한 후 형틀을 분리하여 꺼내고 60°C ($\pm 1^\circ\text{C}$)의 항온수조에 투입하여 40분간 침지후 인장강도를 측정하였다.

아스팔트 432 g, 수쇄슬래그분 288 g, 직경이 19 mm 이하의 분쇄된 골재 2462 g, 돌을 분쇄하는 과정에서 생긴 석분 3370 g, 모래 648 g을 사용하여 상기 실험에서의와 같이 동일한 방법 제조하여 시험을 행하였다. 상기 실험에서 사용된 재료의 성분비를 비교하면 다음의 Table 9와 같다.

상기 표의 배합비율에 의하여 제조된 시료의 시험결과를 다음의 Table 10에 나타내었다. Table 10에서 나타낸 수치는 마샬테스트(KSF 2337)에 의한 시험결과 아스팔트 3.5% 이상인 경우와 아스팔트가 6.0%일 경우모 두 KS 기준치를 초과하거나 비슷한 강도를 나타내는 결과가 얻어졌다.

Table 10. Test results of the experiments

	K · S standard	Exp. 1	Exp. 2
density(g/cm ³)	2.3이상	2.38	2.39
stability(kg)	500이상	814	901
gap ratio(%)	3~5	3.4	4.4
saturation degree(%)	75~85	80.3	84.2
flow(1/100 mm)	20~40	31	34

Table 11. Comparison of material ratio between this experiment and conventional ascon (unit : wt.%)

	Exp. 2	Conventional asphalt concrete
pulverized aggregate blow $\phi 19$ mm	34.2	34.2
stone dust during the process in pulverized stone	46.8	46.8
sand	9.0	9.0
fillers	4.0	4.0
	(water-crushed BF slag)	(calcium carbonate)
asphalt	6.0	6.0

Table 12. Comparison of test results

	K S standards	Exp 3
density(g/cm ³)	2.3 \leq	2.37
stability(kg)	500 \leq	810
gap ratio(%)	3~5	3.4
saturation degree(%)	75~85	80.4
flow(1/100 mm)	20~40	30

실험에서 얻어진 아스콘과 종래의 충전재로 탄산칼슘을 사용하는 경우의 아스콘을 제조하였고 성능을 비교하였다. 아스팔트 432 g, 충전재로써 탄산칼슘 288 g, 19 mm 이하의 분쇄된 골재 2462 g, 돌을 분쇄하는 과정에서 발생하는 석분 3370 g, 모래 648 g을 종래의 아스콘 제조방법에 의하여 시료를 제조하여 상기에 표와 같은 방법에 의하여 시험하여 보았다. 실험 및 종래의 아스콘과의 성분을 대비하면 다음의 Table 11과 같다.

상기 표의 배합비율에 의하여 제조된 시험결과를 아래의 Table 12에 나타내었다. Table 12에서 나타낸 수치는 Table 9의 성분비에 의한 시험결과로서, 고로 수쇄슬래그분 4%로 이용하는 경우와 탄산칼슘 4%로 사용하는 경우(비교예)를 대비하여 거의 유사한 결과로 나타남을 볼수 있다 실험 1, 2, 3에 의하여 제조된 시료의 시험결과를 다음의 Fig. 2에

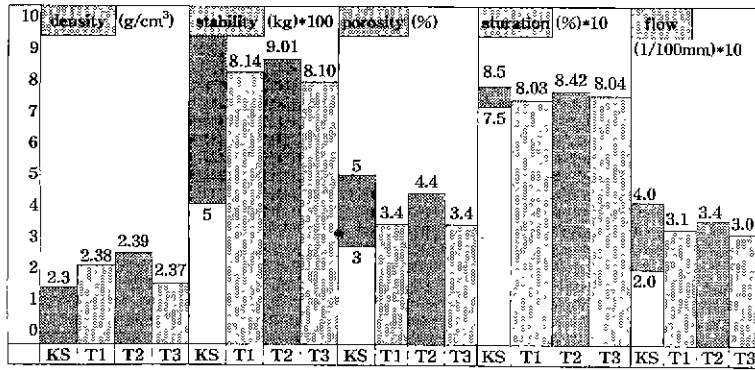


Fig. 3. Comparison of physical properties.
(KS · Korea Standards, T1 · Test 1, T2 . Test, T3 . Test 3)

나타내었다. 이와같은 제조된 혼합물은 일반도로에 포장하기 위한 아스콘용 충전제로 사용될수도 있고, 또한 일정한 형틀에 넣어 형을 완성한 다음 보도블럭 등의 원자재로도 사용이 가능하다. 또한 상기 분쇄공정에서 얻어진 분말을 아스팔트에 혼입함에 있어 온도조절은 140°C 이하이면 아스팔트가 쉽게 고화되어 혼합이 잘 이루어지지 않고, 또 160°C 이상이 되면 아스팔트가 입자분리가 쉽게 일어나 질 상태가 아닌 액체상태가 되므로 혼합이 용이하지 못하므로 가장 바람직한 온도는 140~160°C이었다. 또한 상기 혼합공정에서 혼합되는 분쇄된 골재, 석분, 가는 모래는 중래에 아스콘을 제조하기 위해 사용되었던 원재료며, 특히 본 실험에서는 상기한 원재료를 혼합하여 충전제로 고로수쇄, 피재를 사용하였다 따라서 원재료로 저가이거나 일부 폐기되는 고로 수쇄슬래그를 아스콘용 충전제로 이용함으로써 폐기물의 자원화와 재활용, 공해방지과 아울러 저렴한 가격으로 아스콘을 제조할 수 있는 것이다.

5. 결 론

저부가로 이용되고 있는 제철슬래그인 고로슬래그를 충전제로 이용하여 아스팔트 콘크리트를 제조한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 200 mesh이하의 고로 수쇄슬래그, 피재슬래그, 전로슬래그의 200 mesh 이하의 물리적 성질을 고려하여 아스콘 충전제로서 물성을 확인하였다

2. 200 mesh이하의 분말상태의 고로 수쇄슬래그를 가열하여 수분을 제거하고 아스팔트와 혼합하는 온도는 140°C~160°C가 적절하였다.
3. 고로 수쇄슬래그의 입도는 200 μm이하로 조정이 요구되며 입도는 60~100 μm이었다

참고문헌

1. 반봉찬, 심재동 '금속공학에 있어서의 슬래그' 1991년, 대광문화사
2. 김연식, 윤동석 '철광제련공학' 1983년, 영진출판사
3. '제철 더스트를 이용한 아스콘 제조방법' 특허공보 2410호
4. '폐기석회석 슬러지를 이용한 아스콘 제조 방법' 특허출원 (1994)
5. 철강업에 있어 슬래그의 발생과 그 이용, 제43회 서산기념 기술 강좌(1977)
6. Keil, F. : "Hochofenschlacke", Verlag Stagleisen mbH, D sseldorf. 2. ED., 1963
7. Preuschoff, H, G. : Kalk in der fortschntthchen D ngung, Editor, Landw, Beratung Th-Dunger u. HK-Jalke, Du sseldorf. 1 978
8. Emery, J.J., R.P Cotsworth, R, D. Hooton NSA-Meeting, Florida 1 978. paper 4 1, p. 1/23, cf Deutsches patent (1927) 19/6
9. Kunicki, M. : Silicates Industriels 42 (1977) p. 91/98