

## 동슬래그를 잔골재로 사용한 콘크리트의 물리·역학적 특성에 관한 연구

이문환<sup>1)\*</sup> · 이세현<sup>1)</sup> · 송태협<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 한국건설기술연구원 건축연구부

(2002년 3월 8일 원고접수, 2003년 1월 5일 심사완료)

### A Study on the Physical and Mechanical Properties of Concrete with Ferro Copper Slag

Mun-Hwan Lee<sup>1)\*</sup>, Sea-Hyun Lee<sup>1)</sup>, and Tae-Hyeob Song<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Building Research Division, KICT, 2311, Daehwa-dong, Ilsan-gu, Koyang, Kyonggi-do, 411-712, Korea

(Received March 8, 2002, Accepted January 5, 2003)

#### ABSTRACT

As the supply of aggregate needed in the construction site becomes difficult due to preservation of environment and exhaust of aggregate resource, a research for replacement aggregate in shortage is being actively progressed and a copper slag is also a kind of replacing aggregate.

To use copper slag as fine aggregate of concrete, many studies are already conducted in each of the advanced countries and in the state of applying these at the site. In the year of 2000 a Korea industrial standard of Copper slag aggregate for concrete was established in our country so that this can be applied in the construction site.

This study is to find out whether copper slag is equipped with the physical and chemical requirements for the use in concrete aggregate, and to analyze the dynamic properties of copper slag concrete that replaces 25, 50, 75, 100 % of fine aggregate. Copper slag study not only satisfies the using condition of fine aggregate, but also reveals high level of physical property compared to ordinary concrete up to 50 % of sand replacement rate. In the future after confirming the durability of concrete using copper slag, it is judged to be advantageous for the preservation of environment to use this as a replacement material for natural aggregate.

**Keywords :** copper, ferro copper slag, concrete, heavy weight concrete

#### 1. 서 론

환경 및 자원문제가 세계적 관심사로 대두되고 있는 가운데 국내에서도 각종 부산물의 재활용 기술개발이 다각적으로 추진되며, 최근에는 제련, 제강 등 금속의 생산과정에서 발생하는 슬래그의 적정처리와 재활용 노력이 활발히 이루어지고 있다<sup>1)</sup>. 금속슬래그의 재활용은 부산자원의 활용이라는 측면에서 여러 분야로 접근될 수 있으나 건설분야는 그 사용량이 막대하고 다양한 제품과 공법을 바탕으로 응용될 수 있다<sup>2)</sup>. 따라서 고로슬래그를 비롯한 많은 산업부산물의 건설재료 활용이 시도되어 왔으나, 동의 제련과정에서 발생하는 슬래그는 다른 산업부산물과는 달리 그동안 건설용 골재로서 활용에 대한 기술적 검토와

접근이 충분히 이루어지지 못하였다.

그러나 선진국에서는 이미 20년 전부터 동슬래그를 건축, 토목용 골재로서 활용하기 위한 기술개발을 촉진한 바 있으며, 최근에는 콘크리트용 골재 및 다양한 용도의 제품 생산을 위한 원료로 적극적인 활용이 이루어지고 있다<sup>3,4)</sup>. 이에 본 연구는 국내에서 생산되는 2종의 동슬래그(연속로, 자동로 슬래그)를 대상으로 콘크리트용 골재로서의 활용에 필요한 물리·역학적 특성 검토결과와 기술자료를 제공하고자 하였다.

#### 2. 동슬래그 골재의 제조

동제련이란 일차 동광석을 녹여 조동(anode)을 만들고 정련과정을 거쳐 전기동을 생산하는 일련의 공정을 말하는데, 일반적으로 동광석은 황화광 정광을 이용하며 주로  $CuFeS_2$  로 Cu, Fe, S의 양이 거의 비슷하다. 이러한 정

\* Corresponding author

Tel : 031-910-0366 Fax : 031-910-0713

E-mail : mhlee@kict.re.kr

광을 용제(flux)인 규사( $\text{SiO}_2$ )와 혼합하여 고농도의 산소 부화공기와 반응시키면 정광중의 S는 산소와 결합하여 가스상태인  $\text{SO}_2$  로 연소되고, 이 가스는 포집되어 황산(sulfuric acid)으로 제조된다. 그리고 Fe는 산화물 형태인  $\text{FeO}$ 로 역시 산화되어 용제인  $\text{SiO}_2$  와 만나 슬래그를 형성하고, Cu가 주성분인 매트(matte)의 비중차에 의해 분리 제거된다<sup>5)</sup>.

생성된 matte는 전로공정 (converting), 정제로공정 (fire refining), 전해정련(electro-refining)등 일련의 정련(refining) 과정을 통하여 99.99%의 전기동으로 생산되어 전선제조 업체 등으로 공급된다. 제련공정 중에서 매트와 분리된 동슬래그는 전기로(electric resistance furnace)에서 유가 금속 회수를 위한 setting 과정을 거친 후 고압수에 의해 수쇄된다. 수쇄 후의 동슬래그는 입상(granule) 상태로 대략 0.3~5.0mm의 입도 분포를 갖게 된다.

그리고 동의 생산공정에 따라 다음과 같은 2종의 동슬래그가 생산된다<sup>4)</sup>.

### 2.1 자용로공법 (Outokumpu flash smelting process)

자용로 공법은 Fig. 1에서와 같이 건조한 정광을 산소 부화 공기와 함께 반사로형의 자용로에 분사시켜 황화정

광이 산화성 분위기와 급격한 반응을 일으켜 matte와 slag로 분리시키는 방법으로 외견상 비교적 입도가 작고 고르다.

### 2.2 연속 동제련 공법 (Mitsubishi continuous copper smelting process)

Fig. 2에서와 같이 건조한 정광과 산소부화 공기를 top blow lance로 투입하는 방식을 적용하여 launder를 통한 용탕의 연속 이동과 자용로 공법의 P-S converter(전로)를 제거하는 공법으로 자용로 공법과 달리 동광석과 규사 외에 석회석을 투입하며 자용로 슬래그에 비하여 입형이 거칠고 침상형을 지닌다.

## 3. 실험

### 3.1 실험개요

본 연구는 국내에서 생산되고 있는 2종의 동슬래그를 콘크리트용 골재로 활용하기 위하여 콘크리트 경화 전후의 물리적 특성 및 역학적 특성을 위주로 분석하고자 하였다. 이에 따라 한국산업규격에서 규정하고 있는 콘크리

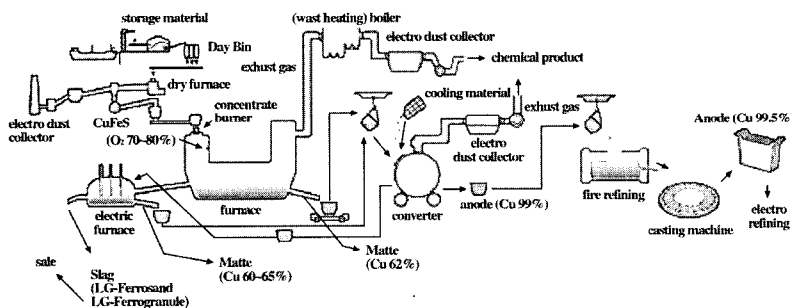


Fig. 1 Flash copper smelting process(FCS)

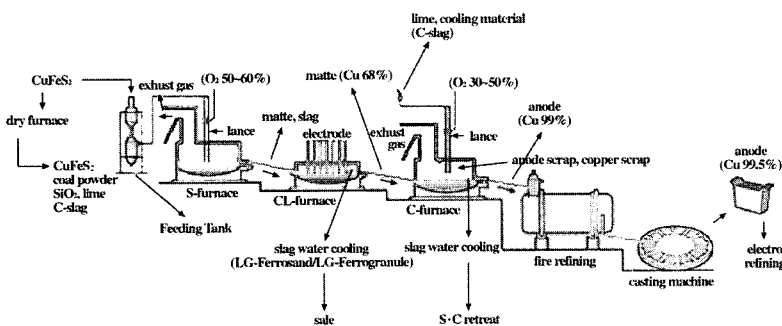
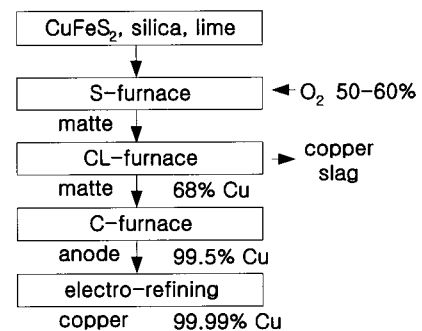
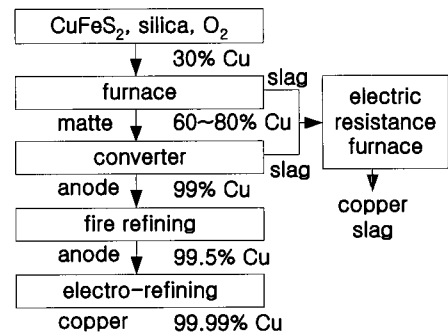


Fig. 2 Continuous copper smelting process(CCS)



트용 잔골재의 특성 기준에 따른 기초적인 물리적 특성 파악과 슬래그의 결정 특성, 환경 유해성 검토를 위한 용출실험을 실시하였다. 또한, 비중이 높고 입도가 굵은 동슬래그의 치환에 따라 콘크리트의 충전상태 및 단위수량의 변화가 예상될 수 있어 잔골재를 25, 50, 75, 100% 치환하여 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 및 단위용적의 변화 그리고 역학적 특성을 비교·분석하였다.

### 3.2 동슬래그 골재의 물리적 특성

동슬래그 골재의 콘크리트용 잔골재 활용을 위한 물리적 특성 실험결과는 Table 1과 같다. 슬래그의 비중은 일반 천연골재에 비하여 31~44% 정도 높게 나타났으며, 이에 따라 단위용적중량도 일반골재에 23~32% 정도 높게 나타났다. 실적률은 일반골재 63%로 나타났으며, 자용률로 슬래그는 66.5%, 연속로 슬래그는 60.0%로 나타났다. FCS의 실적률이 큰 것은 골재의 골률계수가 FCS 1.15, 연속로 1.26, 천연모래 1.21으로 FCS의 입형이 구형에 가까운 것과 0.6~2.5mm 이상의 점유비율이 크게 나타나 이 영역대의 분포경향이 직선에 가깝기 때문인 것으로 판단된다.

KS F 2526(콘크리트용 골재)에서는 골재의 흡수율을 3% 이하로 규정하고 있으며 동슬래그 골재는 0.52%, 0.20%를 나타내고 있어 규정치를 만족하고 있을 뿐만 아니라 일반 잔골재에 비하여도 낮은 흡수율을 가지고 있다. 연속로 슬래그(이하 CCS)의 흡수율이 자용로 슬래그(이하 FCS)에 비하여 낮은 것은 골재의 결정 형태가 대부분 유리질로 이루어져 있고 표면 또한 기공 및 요철이 없는 상태여서 흡수가 거의 이루어지지 않기 때문이다. 또한 슬래그 생산공정이 수쇄방식을 취하고 있어 골재 표면에 부착되어 있는 점토 덩어리 및 이물질의 함유가 매우 낮은 것도 한 원인이 될 수 있다.

**Table 1** Physical properties of copper slag and fine aggregate

Test item	FCS	CCS	Natural aggregate	Test method
Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	2,400	2,238	1,816	KS F 2505
Percentage of fill (%)	66.5	60.0	63.6	
Gravity	3.81	3.46	2.59	KS F 2504
Water absorption(%)	0.52	0.2	0.90	
Clay content(%)	0.6	0.1	-	KS F 2512
Passed by 0.08mm(%)	0.4	0.3	-	KS F 2511
Fineness modulus	3.31	3.75	2.62	KS F 2502
Soundness of aggregate(%)	7.1	1.2	-	KS F 2507

2종의 동슬래그 골재의 입도시험 결과, Fig. 3에서와 같이 천연모래에 비하여 입도분포가 굵게 분포되어 있다. 이에 따라 콘크리트의 충전상태 및 단위수량등의 변화등이 예상될수 있다. 그러나 동슬래그의 기준을 정하고 있는 KS F 2543(콘크리트용 동슬래그 골재)의 기준을 적용하면 CCS 및 FCS 모두 규정범위를 만족하는 것으로 나타났다.

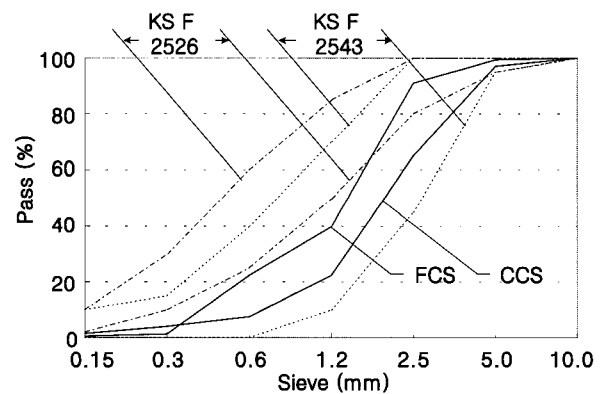
### 3.3 동슬래그 골재의 화학적 특성

동의 제조에 이용되는 구리광석의 성분은 일반적으로 Cu 20~33%, Fe 22~24%, SiO<sub>2</sub> 7~15%, S 26~30%의 비율로 구성되어 있다. 이러한 원광석에 규사 및 석회석을 투입하고 제련을 실시하면 구리, 금, 은, 황 등과 슬래그가 생산된다. 동일한 원광석을 사용하여 제련을 실시하여도 Fig. 1, 2에서 나타낸 바와 같이 투입되는 원료의 차이에 따라 CCS와 FCS의 성분은 약간 다르게 나타난다. 즉 CCS의 경우 FCS와 달리 석회석을 투입하며, 이와 같은 영향으로 인하여 슬래그의 성분중 CaO 함량이 FCS보다 높은 것으로 분석된다.

전반적으로 동슬래그는 Fe와 SiO<sub>2</sub>로 구성되어 있으며 소량의 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>가 주성분을 이루고 있다.

### 4. 동슬래그 골재를 사용한 콘크리트의 특성

2종의 동슬래그 골재를 사용하여 제조된 콘크리트의 특성규명 실험결과는 다음과 같다.



**Fig. 3** Sieve test result

**Table 2** Chemical components of copper slag

	Fe	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>	Cu	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
FCS	46.39	6.93	30.65	0.97	0.95	1.04	4.10
CCS	38.13	4.17	33.46	0.91	4.67	0.98	4.74

(unit : %)

#### 4.1 사용재료

##### 4.1.1 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 KS L 5201에 규정된 C사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

##### 4.1.2 잔골재

###### 1) 세척해사

본 실험에서 잔골재는 인천산 세척 해사를 사용하였으며, 물리적 성질은 KS F 2504(잔골재의 비중 및 흡수량 시험방법), KS F 2505(골재의 단위용적중량 시험방법)에 따라 기초 물성을 시험하였으며, 그 결과는 다음 Table 1과 같다.

###### 2) 동슬래그

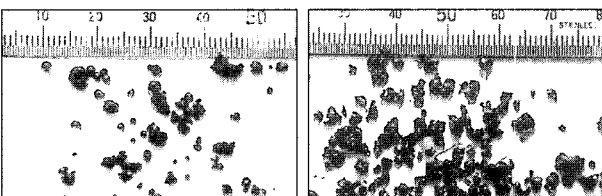
본 실험에 사용한 동슬래그는 I사에서 생산된 정제동제련 슬래그이며, 제련 방식에 따라 분류되는 FCS와 CCS이다. 실험에 사용된 동슬래그의 형상은 Fig. 4와 같다.

##### 4.1.3 굵은 골재

굵은골재는 일반적으로 레디믹스트 콘크리트 제조시 적용되고 있는 25mm 이하의 쇄석을 사용하였다. 굵은골재의 물리적 성질은 Table 3과 같다.

##### 4.1.4 공기연행제(AE제)

본 실험에 사용한 AE제는 합성텐사이드(synthetic tensides)가 주성분인 비중 1.20±0.02의 액상 혼화제로서 그 특성은 Table 4와 같다.



(a) FCS

(b) CCS

Fig. 4 Shape of copper slag

Table 3 Physical properties of coarse aggregate

Aggregate	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	Gravity	Water absorption (%)
Crushed rock	1,509	2.61	1.23

Table 4 Physical properties of air entraining agent

Type	Color	Main component	Toxicity	NaCl	Gravity
liquied	dark brown	synthetic tenside	not detected	not detected	1.20±0.02

#### 4.2 동슬래그를 사용한 콘크리트의 제조 배합

자용로 및 연속로에서 생산된 동슬래그 골재로 잔골재인 천연모래를 대체 혼합하여 콘크리트를 제조하고 그 특성을 파악하기 위하여 Table 5의 인자와 배합으로 콘크리트를 제작하였으며, 잔골재중 동슬래그의 치환율을 용적대비 0, 25, 50, 75, 100%까지 범위로 변화시켜 실험을 실시하였다.

#### 4.3 물리적 특성 실험

##### 4.3.1 공시체 제작 및 양생

공시체 제작은 KS F 2403(콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법)에 따라 각 배합별로 압축강도 측정용(Ø10×20 cm) 및 휨강도(15×15×55 cm) 측정용 공시체를 제작하고 24시간 기중양생 후 탈형해서 23±2 °C의 항온수조에 넣어 28일간 수중양생을 실시하였다.

##### 4.3.2 실험방법

콘크리트 배합순서는 시멘트, 잔골재를 투입하고 1분간 건비빔을 한 후, 물과 혼화제(AE제)를 섞어 1분간 비빈 다음 굵은골재를 투입하여 1분간 비빈 후 배출하였다.

슬럼프 실험은 KS F 2401(굳지 않은 콘크리트의 시료 채취방법)에 따라 시료를 채취하여 KS F 2402(포틀랜드

Table 5 Mixing proportion

Specimens	W/C	Copper slag content (%)	Unit weight(kg/m <sup>3</sup> )				AE agent (C×%)	
			Water <sup>(W)</sup>	Cement <sup>(C)</sup>	Fine aggregate	Ferro copper slag		Coarse aggregate
Natural fine aggregate	45%	0	450	203	658	0	940	0.1
CCS		25			495	239		
		50			329	475		
		75			166	714		
		100			0	950		
FCS		25			495	218		
		50			329	432		
		75			166	649		
		100			0	864		

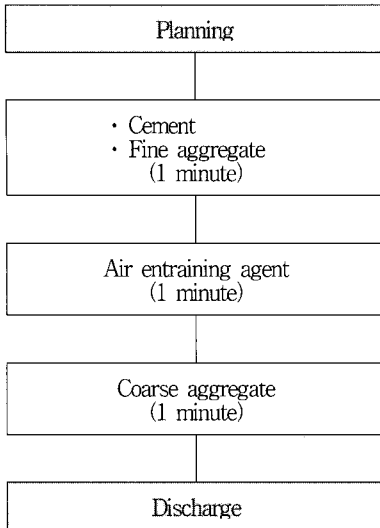


Fig. 5 Mixing plan of concrete specimens

시멘트 콘크리트의 슬럼프 시험방법에 따라 실험하였으며, 공기량 실험은 KS F 2421(굳지 않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기 함유량 시험방법)에 의하여 실시하였다. 압축강도 실험은 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법)의 방법으로, 인장강도 실험은 KS F 2423(콘크리트의 쪼갬인장강도 시험방법)의 규정에 따라 실시하였다. 휨강도의 경우는 KS F 2408(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 의거 실험을 실시하였다.

#### 4.4 실험결과 및 분석

##### 4.4.1 슬럼프 및 공기량

천연골재를 CCS로 치환한 굳지않은 콘크리트의 슬럼프는 20.0~23.5cm로 나타났으며, 동슬래그 치환율 50%까지는 치환율의 증가에 따라 슬럼프도 증가하는 경향이다. 그러나 75% 이상의 경우에는 치환율 증가에 따라 슬럼프가 낮아지는 경향으로 나타났다.

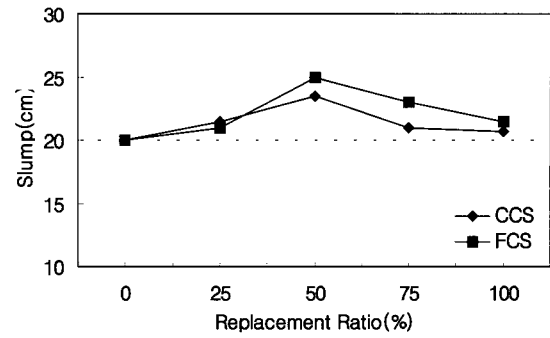


Fig. 6 Slump on replacement of copper slag

FCS의 경우도 CCS와 동일하게 50% 치환까지는 비례적으로 증가하나 75% 이상에서는 다시 낮아지는 것으로 나타났다. CCS와 FCS를 비교한 경우 전반적으로 CCS를 사용한 콘크리트의 슬럼프가 적게 나타났으며, 이는 입형이 구형상태인 FCS보다 각형 및 부정형의 입형을 가진 CCS의 유동성이 다소 낮기 때문으로 판단된다.

다만, 동슬래그로 치환하지 않은 일반 배합에 비하여 동슬래그로 치환하였을 경우 전반적으로 유동성이 높게 발현되는 특성을 관찰할 수 있었다. 공기량의 경우 무혼입 배합은 3.9%로 나타났으며, CCS 및 FCS 모두 치환율이 증가할수록 공기량은 소폭 증가하여 동슬래그 혼입에 따른 공기연행성의 저하는 없는 것으로 나타났다.

##### 4.4.2 단위용적중량

천연모래를 비중이 3.4~3.7인 동슬래그 골재로 치환할 경우 Fig. 7에 나타나 바와 같이 치환율에 따라 비례적으로 단위용적중량은 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 동슬래그를 100% 치환할 경우 치환하지 않은 일반 콘크리트에 비하여 10~12% 정도 단위용적중량이 높은 것으로 나타났으며, 비중이 높은 FCS 콘크리트의 경우 CCS로 치환한 콘크리트에 비하여 3% 정도 일정한 비율로 높게 나타났다.

Table 6 Result of physical properties

Specimens	Slump (cm)	Air content (%)	Unit weight (t/m <sup>3</sup> )	Compressive strength(kgf/cm <sup>2</sup> )			Tensile strength (28day) (kgf/cm <sup>2</sup> )	Flexural strength (28day) (kgf/cm <sup>2</sup> )
				3 day	7 day	28 day		
Natural fine aggregate	20	3.9	2.33	142	210	325	33	44
CCS	22	4.4	2.37	165	238	355	35	47
	24	4.7	2.45	182	266	392	37	47
	21	5.2	2.50	183	273	404	39	51
	21	5.8	2.56	185	276	407	39	51
FCS	21	4.3	2.41	165	231	375	35	55
	25	4.8	2.50	175	233	380	36	42
	22	5.4	2.57	185	258	411	39	49
	23	5.9	2.64	171	215	398	39	50

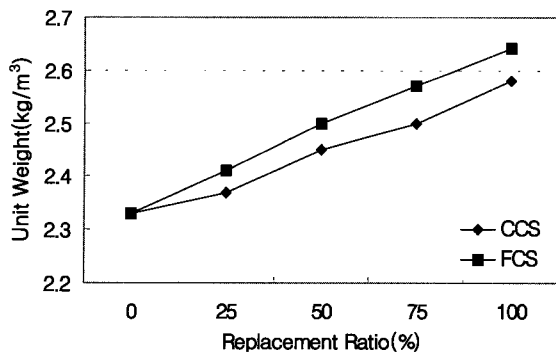
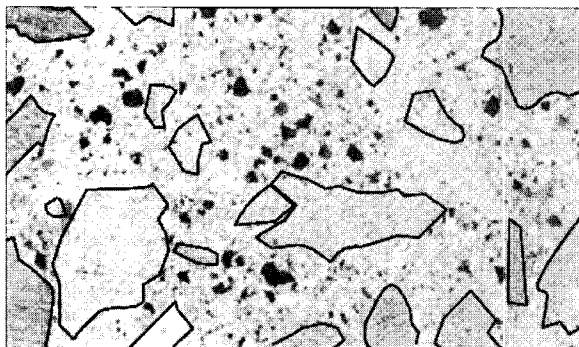


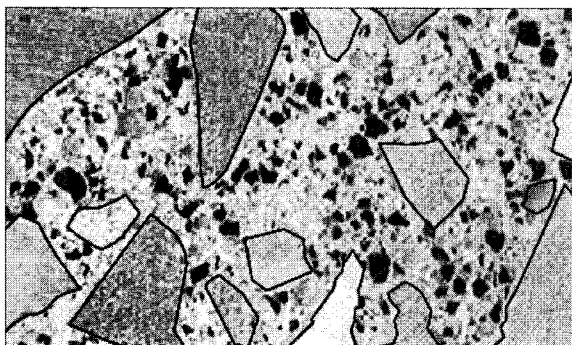
Fig. 7 Unit weight on replacement of copper slag



(a) 0%



(b) 25%



(c) 50%

Fig. 8 Section on replacement of copper slag

Fig. 8은 동슬래그로 치환한 콘크리트의 단면을 나타낸 그림으로, 동슬래그 치환을 증가에 따라 동슬래그의 점유 비율이 높아짐을 알 수 있다. 이와 같이 비중이 높은 동슬래그의 혼입비율이 증가함에 따라 Fig. 7과 같이 단위 중량이 증가하는 것으로 나타났다.

#### 4.4.3 압축강도

일반골재를 CCS로 치환한 공시체의 28일 압축강도는 355~407 kgf/cm<sup>2</sup>로 나타났으며, 치환율 50%까지는 약 10%씩의 강도가 증가되었으며, 50% 이상에서는 3~5%의 강도가 증가되는 것으로 나타났다. 전체적으로 압축강도는 계속적으로 증가하였으며, 동슬래그를 전혀 사용하지 않은 배합에 비하여 약 25%의 강도 증가가 발현되었다. 재령별 압축강도 변화는 CCS로 치환할 경우 7일 강도는 28일 강도에 대하여 약 68%의 강도가 발현되며, 치환하지 않은 일반 콘크리트의 경우는 64% 정도로 나타나 CCS로 치환할 경우 강도발현이 약간 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.

FCS로 치환할 경우 28일 압축강도는 375~411 kgf/cm<sup>2</sup> 수준이며, 치환율 50%까지는 일반 콘크리트와 동일하거나 미미한 강도의 증가를 보이는 한편, 치환율 75%에서 급격하게 강도가 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 치환율 100%에서는 75% 배합보다 3.2%정도 압축강도가 하락하는 것으로 나타났다. FCS를 치환한 공시체의 경우 치환율 50%까지는 약 3~5%의 강도가 증가되었으며 75%의 배합이 50%의 배합에 비하여 9%의 증가가 있고, 100% 치환율에서는 약간 감소하거나 동일한 강도를 발현하였다.

#### 4.4.4 인장강도

압축강도와 동일한 경향으로 치환율이 증가할수록 인장강도도 증가하는 것으로 나타났다. CCS로 100% 치환할 경우 모래만을 사용한 배합보다 약 17% 강도가 증가하였으며 치환율 75%까지 일정하게 증가하고 100%에서는

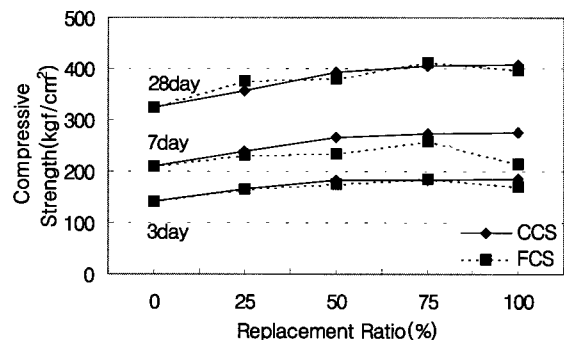


Fig. 9 Compressive strength on replacement of copper slag

강도의 증가가 약간 둔화되는 것으로 나타났다. FCS로 치환한 경우는 Fig. 10에서와 같이 CCS에 비해 다소 낮은 강도 발현 양상을 띄며, 75% 치환율 범위까지 슬래그 치환율이 높아질수록 인장강도가 선형 비례적으로 증진되었다.

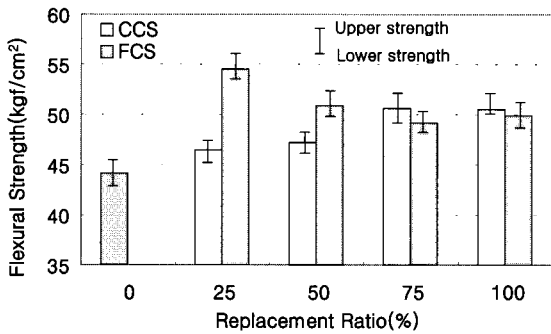


Fig. 10 Tensile strength on replacement of copper slag

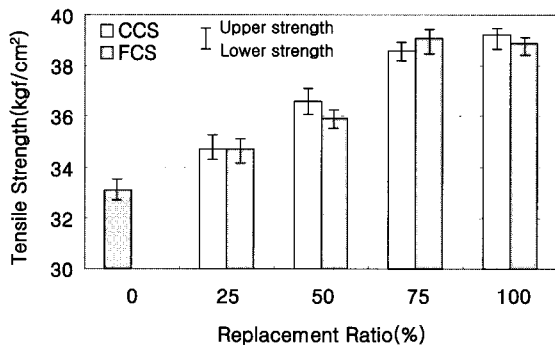


Fig. 11 Flexural strength on replacement of copper slag

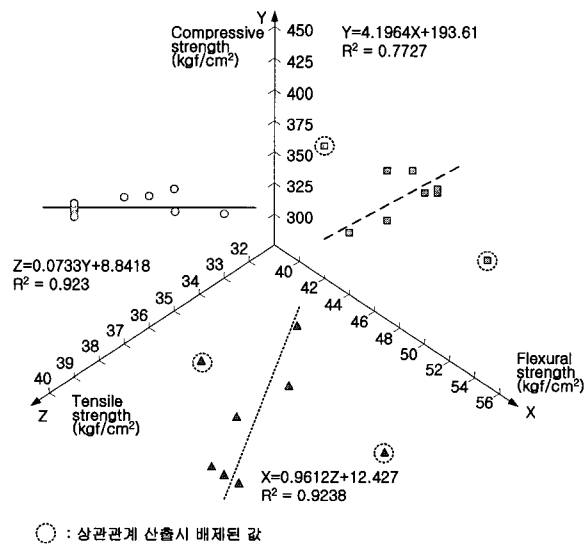


Fig. 12 Relationship concerning the dynamic properties of concrete

#### 4.4.5 휨강도

CCS로 치환한 콘크리트는 치환율 75%에서 가장 높은 휨강도를 발현하였다. FCS로 치환한 28일 휨강도는 41~50 kgf/cm<sup>2</sup> 수준이며, 무혼입에서 25%로 치환율이 증가할 경우 강도의 증진이 10% 정도 비교적 크게 증가하고 그 이상의 치환율에서는 강도의 증가는 크지 않았다.

Fig. 11과 같이 FCS로 치환한 공시체 역시 치환율 25%에서 최대 강도를 발현하고 그 이후는 25%에 비하여 낮게 나타났다.

참고적으로 Fig. 12는 동슬래그 골재로 치환한 콘크리트의 역학적 특성치에 대한 상관관계를 표현한 것이다.

## 5. 결 론

- 1) 국내에서 생산되고 있는 FCS 및 CCS의 물리적 특성 측정결과 KS F 2543(콘크리트용 동슬래그 골재)에서 규정하고 있는 기준치를 모두 만족하며 KS F 2526(콘크리트용 골재)에서 규정한 품질을 전반적으로 만족하므로써 콘크리트용 골재로서 충분히 활용할 수 있는 것으로 분석되었다.
- 2) 입형이 구형을 취하고 있는 FCS의 경우 각형 및 부정형의 입형을 가진 CCS에 비하여 슬럼프가 높게 나타나 유동성 확보 측면에서 유리한 것으로 평가되었다.
- 3) 일반잔골재를 비중이 높은 FCS 및 CCS로 치환하였을 경우 비율에 따라 비례적으로 단위용적중량은 증가하였다. 특히 치환율 50% 이상에서 2.5 kg/m<sup>3</sup>의 단위용적중량 증가경향을 나타내어 중량콘크리트로서의 활용이 기대된다.
- 4) CCS로 치환한 공시체의 압축강도는 치환율에 비례하여 압축강도가 증가하는 것으로 나타났으며, FCS의 경우에는 치환율 75%까지 계속적으로 압축강도가 증진되는 것으로 나타났다. 쪼갬인장강도 측정결과 압축강도와 동일하게 CCS로 치환할 경우 치환율 100%까지 강도가 증진되는 것으로 나타났으며, FCS의 경우에는 75%까지 증진하고 100% 치환할 경우 75%에 비하여 약간 감소하는 것으로 나타났다. 휨강도의 경우 입형이 부정형 및 약간의 침상 구조를 가지고 있는 CCS는 치환율 100%까지 미세하게 증진되는 것으로 나타났으나, FCS는 치환율 25% 이상에서 감소하는 경향이였다.
- 5) 이상과 같이 국내에서 생산되는 2종의 동슬래그 골재를 콘크리트용 잔골재로 사용하기 위한 물리·역학적 특성을 검토한 결과, 치환율 50%까지는 천연골재를 사용한 콘크리트와 비교하였을 때 동등하거나 그 이상의 물리적 특성을 나타내어 사용성이 우수한 것으로 입증되었으며, 50% 이상의 치환율에서는 재료분리의

염려등이 우려되므로 사용을 피하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 따라서 본 실험결과는 실용화를 전제로 현재의 콘크리트 생산기술 및 사회적 여건에 부응하는 배합범위를 재설정하고 내구성 등 장기거동 양상을 규명하는 후속조치가 요구되며, 이들 문제가 긍정적으로 해석되면 산업부산물의 재활용 및 환경보전, 골재공급원의 신개념 창출 등을 위한 기초소재로 활용될 수 있을 것이다.

### 참고문헌

1. 김명환, 이박식, “전로슬래그의 이용현황”, 포항종합제철(주), 1997, pp.2-3.
2. 한국건설자재시험연구원, “Blasting 연소재 Slag의 잔골재로서 활용화 방안 연구”, 1998, pp.1-5.
3. Masayasu Kawahara, “*Chystallization and Dissolution of metallic Components for Copper Slag*,” Dept. of Materials Science and Resource Engineering, 1994, pp.26-37.
4. Collins, R. J. and Ciesielski, S. K., “Recycling and Use of Waste Materials and By-Products in Highway Construction,” *Transportation Research Board National Research Council*, NCHRP Synthesis 199pp., 1994.
5. LG-Nikko 동제련(주), “동제련 슬래그의 물성 파악 및 개선을 통한 용도개발”, 1999, pp.2-5.

### 요 약

환경보전 및 골재 자원의 고갈로 인하여 건설현장에서 필요한 골재의 공급이 점차 어려워짐에 따라 부족한 골재의 공급을 위하여 대체골재의 연구가 활발하게 진행되고 있으며 동슬래그 또한 이러한 대체골재의 일종이다. 동슬래그를 콘크리트의 잔골재로 활용하기 위하여 이미 선진 각국에서 많은 연구를 수행하고 이를 현장에서 적용하고 있는 상태이고, 우리나라도 2000년 “콘크리트용 동슬래그 골재” 한국산업규격을 제정하여 이를 건설현장에서 활용할 수 있도록 하였다.

본 연구는 동슬래그가 콘크리트 골재로 사용하기 위한 물리·화학적 요건을 갖추고 있는지 검토하고 잔골재를 25, 50, 75, 100% 치환한 동슬래그 콘크리트의 역학적 특성을 분석한 것으로서, 잔골재의 사용조건을 만족함은 물론, 모래 치환율 50%까지는 일반 콘크리트에 비하여 높은 물리적 특성을 발현하며, 그 이상의 치환 배합에서도 역학적 특성의 감소는 발생하지 않는 것으로 나타났다. 향후 동슬래그를 사용한 콘크리트의 내구성 등을 확인한 후 이를 천연골재의 대체재로서 적극적으로 활용하는 것이 환경보전에 유리할 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 동제련, 동슬래그, 동슬래그 콘크리트, 산업부산물 재활용