

# 鑄鉄スラグの圧縮強度について

齊藤光邦\* 山崎英樹\*\*

## On the Compressive Strength of the Cupola Slag

Mitukuni Saito, Hideki Yamazaki

### 1. ま え が き

鉄鋼は日常生活に大量に使用されている金属で、これを生産する際には熔鉄炉、製鋼炉に、熔剤および精錬剤として石灰石などを原料と共に装入する。これらが鉱石、粗鋼などとけ合ってスラグを生ずる。この量は相当多く鉄鉄の場合は製品とほぼ同容積となる。表一は、わが国の鉄鉄の生産量から、鉄滓比を 400kg/t. pig, 見掛比重を 2.25 として推定した年間のスラグ発生量であり、このほか製鋼や鑄造の際に生ずるものを加えると膨大な量となる。

表 1

年 度	鉄鉄生産量 万 t	スラグ推定量	
		重 量 万 t	容 積 万 m <sup>3</sup>
昭 40	2.750	1.100	490
41	3.202	1.281	570
42	4.010	1.604	715

スラグの利用方法は(1)セメント原料(2)吸音断熱材(3)コンクリート用骨材(4)路盤材(5)その他であるが、その大半は埋立用として捨てられているのが現状であり、新しい活用法の開発が望まれる。

スラグの化学組成の一例をあげれば表一2のようになる。すなわち SiO<sub>2</sub>, CaO が主成分で、鉄物組成は、けい酸カルシウムが主組

表 2

スラグの種別	化 学 成 分 (%)							
	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaS
鉄 物 (キューボラ)	50.9	27.6	12.0	4.7	3.16	0.13	0.72	—
コークス吹きネズミ鉄	33.6	41.0	14.4	1.5	—	—	4.7	4.7
塩基性平炉	32.5	44.5	16.8	1.0	0.15	—	3.4	1.2

成で、低熱ポルトランドセメントに近い組成である。また、スラグは炉中ガスを多量に含んだまま固化するので多孔質となり、これを用いた製品を軽量化できる利点がある。

本報告はスラグの熔融状態にあるものを型枠中に鑄込みプレキャスト製品とすることを主目的とするものであるが、その基礎的調査として手近かに入手できる鑄鉄スラグ(写真一1~写真一3参照)について、炉外で自然に沈澱、除冷されたものの圧縮強さなどの諸性質を求め、コンクリートのそれと対比し、この方面へのスラグの活用化の可能性について検討したのでその大要を報告する。

\* 機械工学科

\*\* 土木工学科

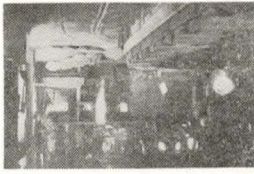


写真1  
流出するスラグ



写真2  
水 滓



写真3  
スラグ塊

## 2. 鑄鉄スラグの圧縮強度

### 2-1 供試体の製作

写真一三のスラグ塊の各部分から小塊をハンマーで小割りして取り出し、これから内径 50mm、長さ 250mm のコア採取機によりコアを採取した(写真一四参照)。

コア採取にあたっては、次の事項に留意して行なった。

- (1) スラグ塊の平均的性質を知るために各所から採取する。
- (2) 採取方向はスラグ生成時の沈澱方向とする。
- (3) コアの高さは直径の2倍とする。

整形した供試体を写真一五、写真一六に示す。炉外で自然に沈澱し除冷されたスラグは、写真一五で見られるように部分的に品質のバラツキが大きいようである。供試体の上方がスラグ沈澱時の上方にあたる。写真一六は供試体の上下面の状態を示すものである。



写真4



写真5

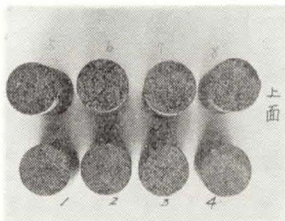


写真6-1

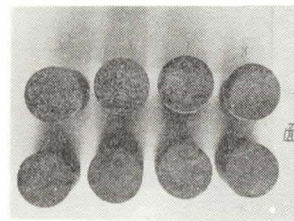


写真6-2



写真7

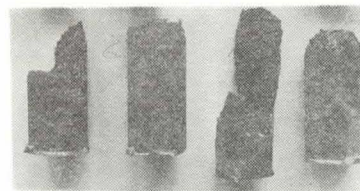


写真8 破壊面

一般的にスラグの下方部分程密実で上方になる程空隙が多くなっているのが見られる。また写真一七および写真一八を見るとスラグ内の気泡は、下方程小さく上方に向って大きくな

る傾向はあるが、おむね均一な分布状態にありかつ独立したもののようである。

### 2-2 スラグの比重

供試体の寸法, 比重, 吸水量等を表-3に示す。ただし試験方法は, JIS R 2205(1958) 耐火レンガの見掛気孔率, 吸水率および比重の測定方法によった。表中の計算式は次のようである。

$$\text{見掛気孔率} = \{(\text{空中重量} - \text{乾燥重量}) / (\text{空中重量} - \text{水中重量})\} \times 100,$$

$$\text{吸水率} = \{(\text{空中重量} - \text{乾燥重量}) / \text{乾燥重量}\} \times 100,$$

$$\text{見掛比重} = \text{乾燥重量} / (\text{乾燥重量} - \text{水中重量}),$$

$$\text{カサ比重} = \text{乾燥重量} / (\text{空中重量} - \text{水中重量}).$$

また容積は開口気孔容積を含むものであり, 単位容積重量は乾燥状態のものである。

表3

供試体 番号	直 径 cm	長 さ cm	断面積 cm <sup>2</sup>	容 積 cm <sup>3</sup>	単位容積 重量 g/cm <sup>3</sup>	飽 水 状 態		乾燥重量 g	見 掛 気 孔 率 %	吸 水 率 %	見 掛 比 重	カ サ 比 重
						水中重量 g	空中重量 g					
1	4.97	9.94	19.40	192.8	2.09	216.5	407.0	402	2.62	1.24	2.17	2.11
2	4.97	9.90	19.40	192.4	2.12	226.0	415.5	408	3.96	1.84	2.24	2.15
3	4.97	10.10	19.40	195.9	2.04	213.5	406.5	400	3.37	1.63	2.14	2.07
4	4.97	8.82	19.40	171.1	2.16	204.5	374.5	369	3.24	1.49	2.24	2.17
5	4.97	11.06	19.40	214.6	1.87	203.5	411.5	401	5.05	2.62	2.03	1.93
6	4.97	10.82	19.40	209.9	1.87	197.5	401.5	393	4.41	2.29	2.01	1.92
7	4.97	11.10	19.40	215.3	1.88	206.5	416.0	405	5.49	2.84	2.04	1.93
8	4.97	10.80	19.40	209.5	2.00	229.5	436.5	419	8.45	4.18	2.21	2.02

### 2-3 スラグの圧縮強度

JIS A 1107 (1964) コンクリートから切りとったコアおよびはりの強度試験方法による供試体の圧縮強度を表-4に示した。なお供試体上下端は硫黄にてキャッピングを行い, ひずみ測定はダイヤルゲージ (1/100) によった。

表4

供試体 番号	最大荷重 t	圧縮強度 kg/cm <sup>2</sup>	長さ/直径	補正係数	標準供試体換算圧縮 強度 kg/cm <sup>2</sup>	最大ひずみ %	備 考
1	16.25	838	2.00	1.00	838	0.86	破片飛散
2	12.25	631	1.99	0.99	630	0.78	
3	14.45	745	2.03	1.00	745	0.80	〃
4	15.30	789	1.77	0.98	773	0.96	
5	7.03	362	2.23	1.00	362	0.33	〃
6	6.95	358	2.18	1.00	358	0.31	〃
7	6.06	312	2.23	1.00	312	0.51	〃
8	12.70	655	2.17	1.00	655	0.61	〃

供試体の破壊状態を写真-9に示す。番号2, 4を除いた供試体は破壊時に爆発のような音を発して破片が飛散した(破壊面の状態は写真-8参照)。

図-1は、応力-ひずみ曲線である。図から弾性係数を求めると平均して  $70,000\text{kg/cm}^2$  となる。

供試体を作製したスラグ塊は場所によって品質のパラツキが大きく強度ならびにひずみ等の平均値を求めるのは無理な事であるが参考までにこれらを計算して表-5に示した。

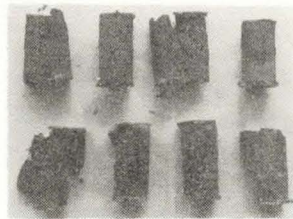


写真9 破壊状態

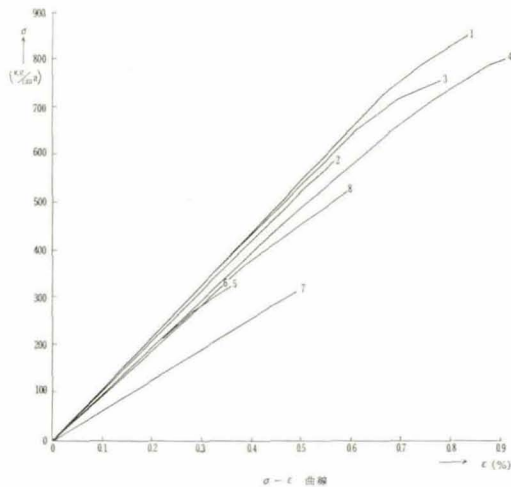


図1

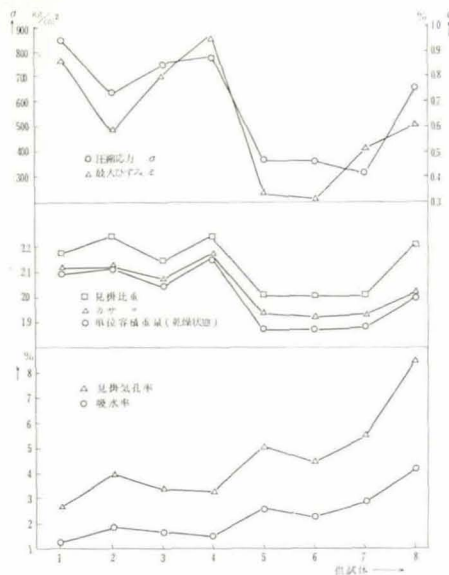


図2

表5

	単位容積重量 ( $\text{g/cm}^3$ )	見掛気孔率 (%)	吸水率 (%)	見掛比重	かさ比重	圧縮強度 ( $\text{kg/cm}^2$ )	最大ひずみ (%)	表乾状態に対する比重
平均	2.00	4.57	2.27	2.14	2.04	584	0.65	2.08

### 3. ま と め

スラグの活用化を計る目的の第1段階として、鋳物スラグよりコアを採取し圧縮強度の測定を行い、その結果次のことがわかった。

- (1) 自然冷却したスラグは品質のパラツキが大きい。
- (2) 圧縮強度は  $300\text{kg/cm}^2$  以上期待出来そうである。
- (3) 単位重量は  $2\text{t/m}^3$  程度を示す。
- (4) 最大ひずみは0.3%以上平均0.65%で、これらの値は普通のコンクリートのそれを上廻る値である。

(5) その他

以上得られた値と高強度軽量骨材コンクリートの性質と比較してみる。

表一6は軽量コンクリートの単位重量のおおよその値である。普通は、粗骨材に軽量、細骨材に川砂を使う場合が多い。また強度的には、400~500kg/cm<sup>2</sup>の圧縮強度を発揮する（人工焼成骨材使用したコンクリート）。

これらの値に対して、スラグは十分対等の値を示している。このことは、熔鋳炉から出た流動状態のスラグを鑄型に入れて固化することが可能ならば、脱型されたスラグ製品は十分使用しうる構造材となり得ることを示しているものと思われる。

表6

骨 材		コンクリートの 単 位 重 量 (t/m <sup>3</sup> )
粗 骨 材	細骨材	
軽 量	軽 量	1.5~1.7
軽量一部川砂利	軽 量	1.7~2.0
軽 量	川 砂	1.7~2.0

### 4. あと が き

鑄物スラグについて試験を行ない、その結果スラグ固化物は、単位重量、圧縮強度の面で高強度軽量コンクリートに匹敵するものであることがわかった。これより、熔鋳炉から出たスラグをただちに鑄型によって成形し構造材として用いることの可能性が示された。ただし、スラグを鑄込む際に

- (1) 発生するガスの処理方法
- (2) 温度の制御
- (3) 均一な材質を得る手段
- (4) 収縮に対する処理

などがきわめて重大な問題である。これらについて今後研究を進める予定である。

最後に国鉄長野工場鑄物職場の方々に御協力をいただいたことを付記して謝意を表する。

### 参 考 文 献

- (1) 近 藤・坂：コンクリート工学ハンドブック，朝倉書店
- (2) 村田・菅原・宮崎：高強度軽量骨材コンクリート，山海堂
- (3) 水 野：鉄筋コンクリート工学，森北出版
- (4) 榎川炉耐火工業所：新版耐火物手帳（1964）
- (5) 通産省統計調査部資料：朝日年鑑，1969
- (6) 岡本・田中：製鉄・製鋼法，養賢堂
- (7) 齊藤：キューボラのスプレイライニングの研究，国鉄業務研究資料

(44. 9. 20 受理)