

鑄物鉞さいのコンクリート細骨材としての有効利用

村川 悟^{*} , 樋尾勝也^{*}

Beneficial Reuse of Slag as Concrete Fine Aggregate

by Satoru MURAKAWA and Katsuya HIO

For the purpose of using cupola slag as concrete aggregate, test of the quality of fine aggregate blended by grinding cupola slag and trial mixing of concrete were performed. As a result, the quality of the fine aggregate blended by the cupola slag was equivalent to ordinary crushed sand. And as replacement ratio increase, bleeding of the fresh concrete which blended the fine aggregate increased. As the replacement ratio increase, strength of the hardening concrete which blended the fine aggregate decreased.

Key words: slag, concrete fine aggregate, beneficial reuse, bleeding, strength

1. はじめに

鑄鉄製造工場では、鑄鉄 1 トン生産するのに 0.34 トンの廃棄物が発生している¹⁾。この廃棄物は、廃砂、スラグ、ダストなどであり、スラグは路盤材などの道路用骨材の有効利用²⁾が進められている。しかし、スラグの有効利用をさらに進めるためには、道路用骨材以外の他の用途での活用を進める必要がある。このような中で、コンクリート用骨材への利用が一部で試みられているが、その場合の試験データは公表されておらず、利用実績も少ない。

一方、鑄物スラグの類似スラグである鉄鋼スラグあるいは一般廃棄物溶融スラグについては、コンクリート骨材としての多くの試験データが公表されており、鉄鋼スラグについて JIS、一般廃棄物溶融スラグについて標準情報 (TR) が制定されている。鑄物スラグが今後、これらのスラグと同様にコンクリート骨材として利用されるためには、試験データの積み重ねが必要である。

そこで、コンクリート骨材としてキュポラスラグを利用することを目的に、骨材としての性状の

試験、コンクリートの試験練り(試験片での試作)を行ったので以下に報告する。なお、骨材は粒度により細骨材、粗骨材の 2 種類に分かれるが、今回の対象は細骨材とした。

2. 実験方法

2.1 細骨材の調整

表 1 キュポラスラグ細骨材の性状

試験項目	キュポラ細骨材	砕砂	規格値(砕砂)
表乾密度(g/cm ³)	2.64	2.62	
絶乾密度(g/cm ³)	2.6	2.6	2.5以上
吸水率(%)	2.60	0.72	3.0%以下
微粒分量(%)	3.10	1.62	7.0%以下
単位容積質量(kg/斗)	1.6	1.6	
実績率(%)	60.8	62.6	
粒形判定実績率(%)	54.3		5.3%以上
有機不純物	淡い	淡い	
塩化物量(%)	0.003	0.003	
粗粒率(%)	3.04	2.74	
安定性(%)	0.3	3.0	10%以下
アルカリシリカ反応性	無害		

* 金属研究室研究グループ

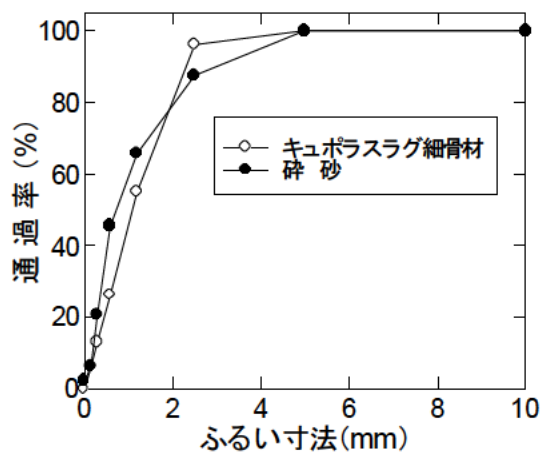


図 1 ふるい分け試験結果

表 2 使用材料

材料	種類	物性等
セメント	普通ポルトランドセメント	密度 : 3.16g/cm ³
細骨材	砕砂	表乾密度 : 2.61g/cm ³
粗骨材	砕石	表乾密度 : 2.66g/cm ³
キュポラスラグ細骨材	キュポラスラグ破砕物	
混和剤	減水剤	

表 3 目標値

設計基準強度	30 N/mm ²
スランブ	8 ± 1.5cm
空気量	2.5 ± 0.2 %

スラグは、実際の鋳物工場から排出されているスラグ

を採取した。スラグは、キュポラのスラグ樋から鉄製の箱に入れられたものであり、冷却は空冷である。採取したスラグは粒度が粗く、そのままでは細骨材として利用できないため、粉砕機（ジョークラッシャー）により、粒度が砕砂（JIS A5002）相当品となるように粉砕した。

2. 2 コンクリートの調合

コンクリートの配合は、実際のコンクリート二次製品工場での配合を基本として、細骨材（砕砂）の一部をキュポラスラグ細骨材に置換した。置換率は 0, 25, 50 % の 3 水準とした。表 1 に粉砕したキュポラスラグ細骨材および砕砂の性状を、図 1 にキュポラスラグ細骨材および砕砂のふるい分け試験結果を示す。各値共に規格値内であると共に、砕砂と同等の値である。ただし、耐久性を示す値である安定性は、砕砂に比べて高い値と

なっているが、10

表 4 標準配合

粗骨材の最大寸法(mm)	20	
水セメント比(%)	50	
細骨材率(%)	45.7	
単位水量(kg/m ³)	167	
単位容積質量(kg/m ³)	セメント	314
	細骨材	864
	粗骨材	1045
	混和剤	2.9

問題ないと判断される。また、アリカシリカ反応性もなく、問題となる様な反応性鉱物を含んでいないことを示している。

表 2 に本実験で使用した使用材料を、表 3 にコンクリートの目標値、表 4 に標準配合を示す。フレッシュコンクリートの状態で、スランブが目標値に達しない場合は、単位水量、混和材料の量を変更することにより、スランブなどの値が目標値となるようにした。

2. 3 フレッシュコンクリートの性状

配合したコンクリートのフレッシュコンクリートの性状試験として、スランブ試験（JIS A1101）、空気量の測定（JIS A1128）を行い、目標値内であることを確認する共に、ブリーディング試験（JIS A1123）を実施した。

2. 4 硬化コンクリートの性状

硬化コンクリートの性状試験としては、圧縮強度（JIS A1108）、曲げ強度（JIS A1106）、長さ変化率試験（JIS A1129-1）を実施し、細骨材の置換率が強度などに与える影響を検討した。

3. 結果と考察

3. 1 フレッシュコンクリートの性状

表 5 にフレッシュコンクリートの性状試験結果を示す。空気量・スランブは目標値内のフレッシュコンクリートが得られたが、キュポラスラグ細骨材の置換率が 25 %, 50 % のときには、標準配合では流動性が大きくなったため単位水量、

表 5 フレッシュコンクリートの性状

置換率	スランブ (cm)	空気量 (%)	単位水量 (kg/m ³)	混和剤 単位容積質量 (kg/m ³)	温度 (°C)
0 %	8.2	2.4	167	2.9	18.0
25 %	7.0	2.7	159	2.7	18.0
50 %	9.5	2.5	159	2.2	18.5

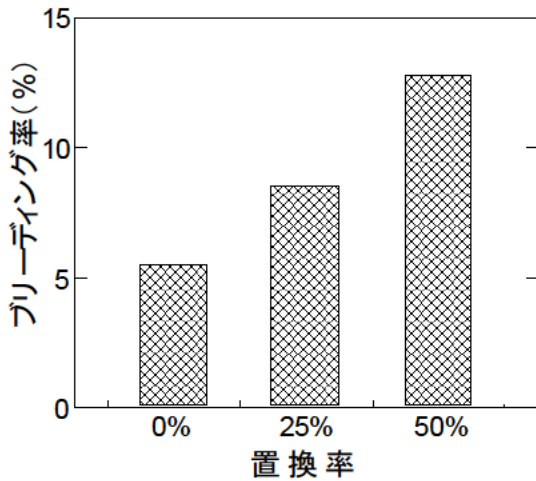


図2 ブリーディング

混和剤量を減らした。

図2に、ブリーディングの結果を示す。ブリーディングは、置換率を高くすると多くなる傾向にある。これは、キュポラスラグ細骨材の表面が滑らかなため、保水性がよくないことに起因すると考えられる。ブリーディングが多くなる傾向は一般廃棄物溶融スラグでも報告されており³⁾、表面が滑らかなスラグでは避けられない現象である。

3. 2 硬化コンクリートの性状

図3, 4に、圧縮強度・曲げ強度の結果を示す。どちらの強度も、置換率を高くすると低下する傾向にある。これは、キュポラスラグ細骨材の表面が滑らかで付着強度が低いこと、スラグ自体の圧縮強度が低いことなどが影響していると考えられる。同様の性状である一般廃棄物溶融スラグも強度について同様の報告がされており、その原因として表面が滑らかであること⁴⁾、ガラス質で圧縮強度が低いことなど⁵⁾が指摘されている。今回実験に使用したキュポラスラグについて、X線回折を行ったところ、ピークは認められずガラス化していると判断され、強度は結晶化したスラグに比べると相対的に低いと推測される。一般廃棄物溶融スラグでは、強度不足の場合の対策として、表面を改質すること（表面への凹凸の付与）⁶⁾、結晶化させて骨材自体の強度を高めること⁷⁾などが提案されているが、キュポラスラグにおいては、この方法の適用はコスト的な問題が生じるため、現実的な解決策としては、強度の低下が実用上問

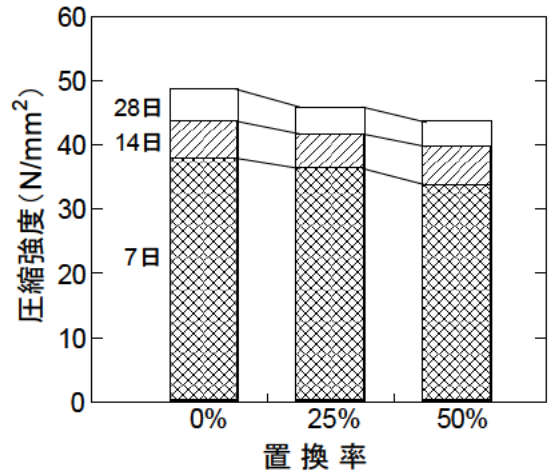


図3 圧縮強度

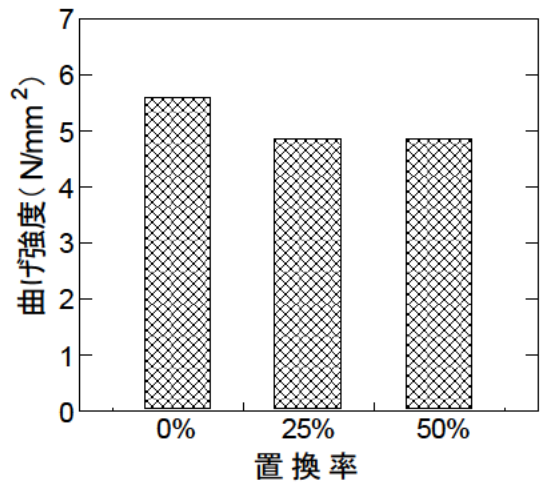


図4 曲げ強度

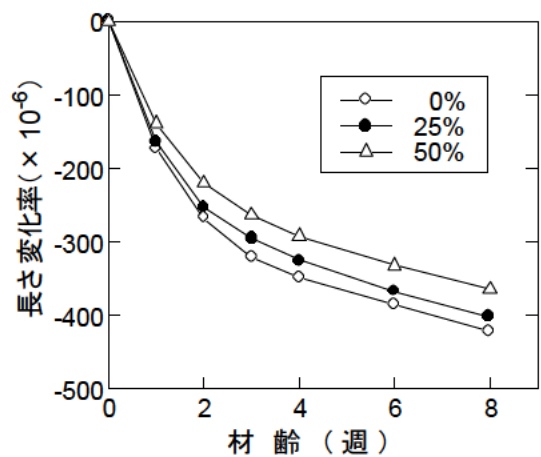


図5 長さ変化率

題のない範囲で使用することが妥当と考えられる。今回の結果においても、25%の置換率の強度であれば、今回の実験の配合において、基本配

合として採用した工場の管理基準内であり，実用上問題ないと判断される．

図 5 に長さ変化率の関係を示す．置換率を高くすると収縮が小さくなる傾向にあり，キュポラ細骨材は収縮を押さえる効果があると判断される．

4．まとめ

鋳物工場から排出されたキュポラスラグを，粉碎によりコンクリート用の細骨材として調整し，コンクリートを試験練りした結果，以下のことが明らかとなった．

- 1) キュポラスラグを粉碎して調整した細骨材は，砕砂と同等の性状である．
- 2) キュポラスラグ細骨材を配合したコンクリートは，ブリーディングが増加する．
- 3) キュポラスラグ細骨材を配合したコンクリートは，置換率を高くすると強度が低下する傾向を持つ．

参考文献

- 1) 使用済み鋳物砂等の再利用・リサイクル調査委員会：“使用済み鋳物砂等の再利用・リサイクルシステム調査報告書”．日本鋳造技術協会，p15(2004)
- 2) 素形材センター：“鋳造廃棄物の有効利用促進に向けて”．素形材センター，p100-107(2000)
- 3) 越川茂雄ほか：“焼却灰溶融スラグを用いたコンクリートの性質”．コンクリート工学年次論文集，18(1)，p405-410(1996)
- 4) 森寛晃：“エコセメントと焼却灰溶融スラグを用いたコンクリートの強度特性ならびに耐久性”．太平洋セメント研究報告，142，p23-34(2002)
- 5) 中村則清ほか：“溶融スラグ骨材を使用したコンクリートの基礎物性に関する実験研究”．日本建築学会大会学術講演梗概集，A-1，p17-18(2001)
- 6) 斉藤丈士ほか：“都市ごみ溶融スラグの有効利用に関する研究”．日本建築学会大会学術講演梗概集，A-1，p21-22(2001)
- 7) 斉藤丈士：“都市ごみ溶融スラグを骨材に用いたコンクリートの性状に関する実験研究”．日本建築学会技術報告集，117(1490)，p5-10(2002)