

# 鉄鋼スラグ複合路盤材

## Iron and Steel Slag for Base Course Material

橋本 透/Toru Hashimoto・小倉製鉄所 総務部 安全・環境室 参事補

浜崎拓司/Takuji Hamazaki・和歌山製鉄所 環境・エネルギー部 環境・リサイクル室

遊佐一巳/Kazumi Yusa・鹿島製鉄所 環境・エネルギー部 環境・リサイクル室 参事補

甲田憲司/Kenji Kouta・技術本部 地球環境部 参事

杉 正法/Masanori Sugi・住金リコテック(株) マテリアル事業部 開発試験課 課長

### 要 約

製鉄工程から副産物として生成する鉄鋼スラグは、各々の特性を活かした多くの用途に有効活用され、省資源化に大きく貢献している。今回はその中から鉄鋼スラグ複合路盤材および、鉄鋼スラグにコンクリート再生材を配合した複合路盤材の種類と特性ならびに、道路への適用試験結果について紹介する。

### Synopsis

Iron and steel slag generated from blast furnaces and the steelmaking process as by-products have been used in a variety of applications. That has been a great contribution to resource conservation.

This paper is an overview of the results of studies wherein iron and steel slag is applied to road materials, namely "iron and steel slag for base course material" and "compound subbase material mixed with rebirth concrete material".

## 1. 緒 言

製鉄所で鉄鋼製品を製造する工程で生成する副産物のうち、高炉や転炉、電気炉から溶銑や溶鋼と一緒に副生される溶岩状の物質を鉄鋼スラグと総称している。

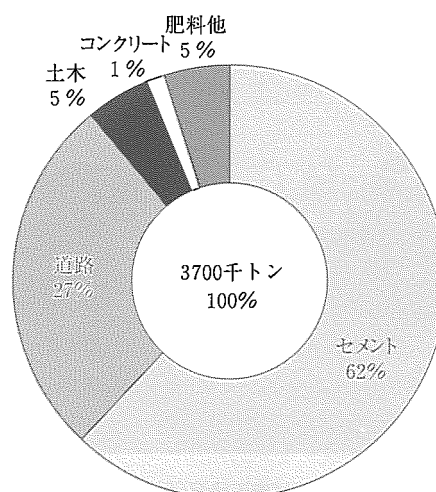
当社の鉄鋼スラグ生成量は年間約510万トンと膨大な量であるが、これらの化学組成や物理特性を活かした用途が開発され、有効に利用されている。当社の鉄鋼スラグの中でも高炉スラグは、100%活用されている。転炉や電気炉から生成する製鋼スラグは、膨張崩壊特性により利用先が制約されていたが、この膨張崩壊を短期間に確実に安定化する方法として蒸気エッジング設備を実用化し、品質の安定した道路用路盤材の生産が可能となり、その利用率も増加してきた。

一方、廃コンクリートは全国で約2600万トン発生し、路盤材へのリサイクルが促進されている。

本稿では、製鋼スラグに、各種鉄鋼スラグを配合した複合路盤材の特性を紹介する。また、製鋼スラグの中で利用が遅れていた溶銑予備処理スラグおよび、CC・造塊スラグにリサイクル材であるコンクリート再生材を配合した複合路盤材の実路施工試験結果について報告する。

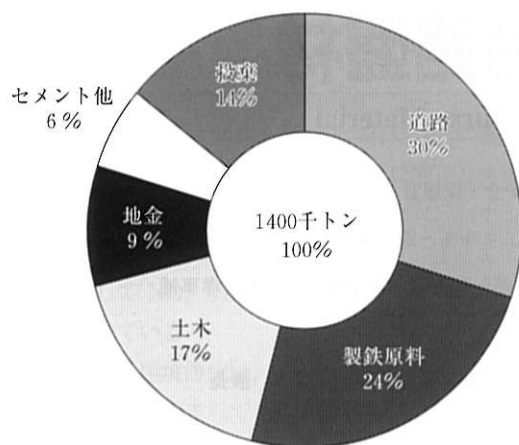
## 2. 鉄鋼スラグの利用状況

当社の高炉スラグ利用状況を第1図に、製鋼スラグの利用状況を第2図に示す。高炉スラグの主な用途はセメント原料で、道路、土木等へ100%利用されている。一方、製鋼スラグは主に道路、製鉄原料、土木用へ利用されているが14%は投棄されている。



第1図 高炉スラグの利用状況(1997年度)

## 製品紹介

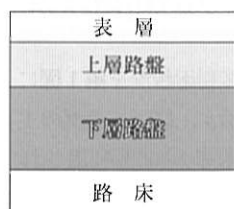


第2図 製鋼スラグの利用状況(1997年度)

## 3. 鉄鋼スラグ複合路盤材

## 3-1 複合路盤材の用途

道路の舗装は第3図に示すように下から路床、下層路盤、上層路盤、表層の順に構成されており、自動車の荷重が下へ分散される構造となっている。鉄鋼スラグ複合路盤材はここで上層および下層路盤に使用されている。写真1、2は、再生水硬性粒度調整鉄鋼スラグ路盤材(C-HMS 25)を上層へ施工するときおよび、施工した後にアスファルトを舗装した道路の状況を示す。



第3図 舗装の構造



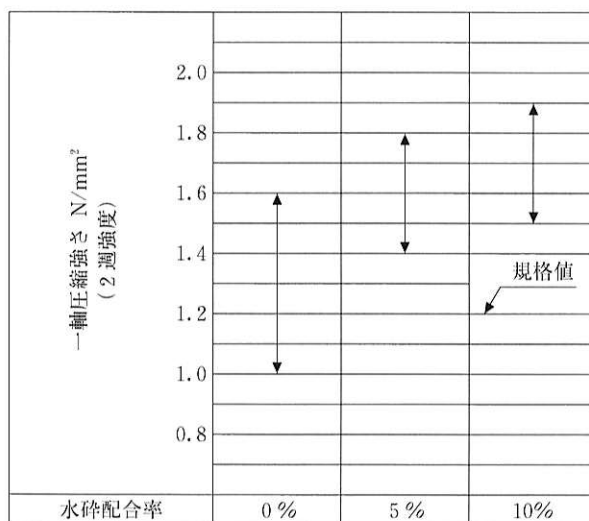
写真1 複合路盤材施工状況(北九州市門司区)



写真2 複合路盤材施工現場(北九州市八幡西区)

## 3-2 複合路盤材の配合設計

鉄鋼スラグの複合化は、各スラグの欠点を補い、長所を活かすことを狙いとしている。第4図に示すように、物理的強度に優れているが一軸圧縮強さの弱い転炉スラグに、物理的強度が弱くても一軸圧縮強さの優れている水砕スラグを5%以上配合すると、複合材は一軸圧縮強さが改善され、物理的強度にも優れた高品質の路盤材料になる。各種鉄鋼スラグを3種配合および、4種配合した複合路盤材も同様の考え方で配合設計している。



第4図 水砕配合率と一軸圧縮強さ

## 3-3 複合路盤材の種類

第1表に当社鉄鋼スラグ複合路盤材の種類を示す。また、第2表には、鉄鋼スラグにコンクリート再生材を配合した複合路盤材の種類を示す。合計で10種類の複合路盤材を製造、販売をしている。これらの品質は、JIS A 5015および、アスファルト舗装要綱の規格を満足する材料である。

第1表 鉄鋼スラグ複合路盤材の種類

用途	種類	製品名	材料の種類	製品粒度(mm)	等値換算係数
上層路盤材	水硬性粒度調整 鉄鋼スラグ	HMS-25	高炉スラグ単独材	0～25	0.55
			3種(製鋼, 高炉, 水砕スラグ)	0～25	
		S-HMS-25	3種(製鋼, 高炉, 水砕スラグ)	0～25	
	粒度調整鉄鋼スラグ	MS-25	製鋼スラグ, 高炉スラグ各単独材 2種(製鋼スラグ, 高炉スラグ)	0～25 0～25	0.35
下層路盤材	クラッシャーラン 鉄鋼スラグ	CS-30	製鋼スラグ単独材	0～30	0.25
		CS-40	2種(製鋼スラグ, 高炉スラグ)	0～40	
		B合成材	2種(製鋼スラグ, 水砕スラグ)	0～25	

第2表 鉄鋼スラグと再生コンクリートの複合路盤材の種類

用途	種類	製品名	材料の種類	製品粒度(mm)	等値換算係数
上層路盤材	再生水硬性粒度調整 鉄鋼スラグ	C-HMS-25	4種(製鋼, 高炉, 水砕スラグ, 再生コンクリート)	0～25	0.55
	再生粒度調整 鉄鋼スラグ	RM-25	2種(製鋼スラグ, 再生コンクリート)	0～25	0.35
下層路盤材	再生クラッシャー ランスラグ	RC-30	2種(製鋼スラグ, 再生コンクリート)	0～30	0.25
		RC-40	2種(製鋼スラグ, 再生コンクリート)	0～40	0.25

### 3-4 複合路盤材の品質

第3表に代表的な複合路盤材の材料試験結果を示す。規

格値はすべて満足し、修正 CBR や一軸圧縮強さ等の強度が天然碎石よりも優れた品質を有している。

第3表 鉄鋼スラグ複合路盤材の品質

試験項目	種類	上層路盤材				下層路盤材			
		S-HMS-25	C-HMS-25	規格値	粒調碎石	B合成材	RC-30	規格値	天然碎石
通過重量百分率(%)	37.5mm	—	—	—	—	100	100	100	100
	31.5mm	100	100	100	100	100	100	95～100	100
	26.5mm	100	100	95～100	98.0	—	—	—	—
	19.0mm	—	—	—	—	78.0	66.7	55～85	56.9
	13.2mm	74.7	76.2	60～80	67.0	—	—	—	—
	4.75mm	45.0	55.9	35～60	37.0	37.4	32.7	15～45	25.5
	2.36mm	36.3	44.0	25～45	26.0	21.3	18.7	5～30	12.6
	0.425mm	13.7	15.3	10～25	14.0	—	—	—	—
	0.075mm	3.7	4.2	3～10	7.0	—	—	—	—
最適含水比 %		8.1	10.7	—	6.4	7.6	8.4	—	5.7
最大乾燥密度 g/m <sup>3</sup>		2.575	2.142	—	2.110	2.436	2.307	—	2.231
修正 CBR %		166	133	80以上	98	94	97	30以上	67
一軸圧縮強さ N/mm <sup>2</sup>		1.8	1.4	1.2以上	—	—	—	—	—
単位容積質量 kg/l		1.987	1.579	1.5以上	—	—	—	—	—
呈色判定		なし	なし	なし	—	なし	なし	なし	—
80℃水浸膨張比 %		0.016	0.016	1.5以下	—	0.016	0.016	1.5以下	—
スリヘリ減量 %		18.4	35.6	50以下	19.2	18.9	22.7	50以下	21.3
塑性指数		NP	NP	4	NP	NP	NP	6	NP

## 4. 製鋼スラグおよびコンクリート再生材複合路盤材実路試験

製鋼スラグの中でも、溶銑予備処理や CC・造塊工程で発生するスラグは用途開発が遅れている。そこで、今回、

蒸気エージング処理して膨張を安定化したスラグを使用し、実際の道路に施工し、1年間の追跡調査を行った。

### 4-1 試験場所

九州共立大学内道路

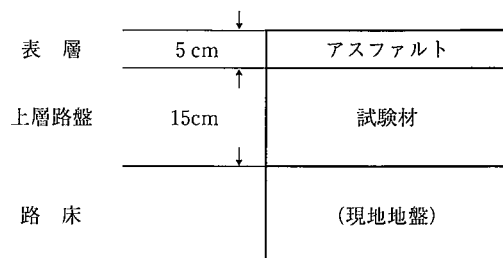
## 製品紹介

## 4-2 試験時期

施工時期 平成9年6月24日から7月10日

調査期間 施工時, 半年後, 1年後

## 4-3 舗装断面



交通区分 し交通  
設計 CBR 6 %  
舗装面積 各工区200m<sup>2</sup>

第5図 舗装の断面

## 4-4 試験結果

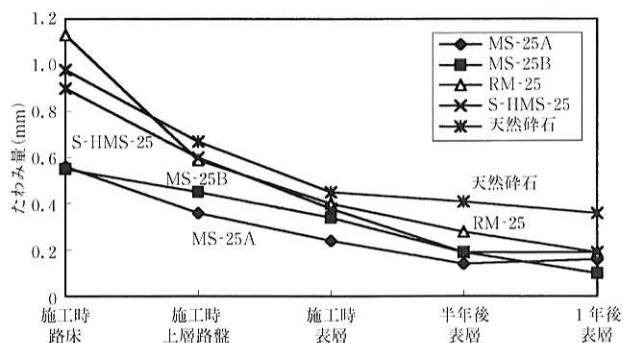
第4表に1年間の追跡調査結果を示す。施工性は問題なく締固め度も96%以上と良好である。路盤の支持力である平板載荷試験は、製鋼スラグ路盤では30kgf/cm<sup>3</sup>以上と良好な値を示す。

第6図には舗装のたわみ量を示す。たわみ量は舗装の耐久性を評価する手段で、たわみ量が小さいほど舗装の支持力は大きくて寿命も長い。施工時のたわみ量は、各工区ともに路床、路盤、表層の順に減少し良好な結果である。半年以降の推移は、鉄鋼スラグおよび、コンクリート再生材を配合した複合路盤材は、経時とともにたわみ量が減少し舗装の支持力が増加しているが、天然碎石では経時による変化はみられない。これは、スラグの特徴である水硬性によるためと考えられる。また、各複合路盤材のたわみ量は、RM-25および、S-HMS-25の工区とMS-25の工区で若干の差がみられるが、これは路床のたわみ量の差による影響と考えられる。

写真3は路盤のたわみ量測定試験状況を、写真4は路盤の平板載荷試験の状況を示す。

第4表 製鋼スラグ複合路盤材の実路試験結果

路盤の種類			試 験 材			比 較 材	
時期	場所	試験項目	MS-25A	MS-25B	RM-25	粒調碎石	S-HMS-25
配 合 (%)		高炉スラグ					20
		水砕スラグ					5
		溶銑処理スラグ	30				
		CC スラグ		30	30		
		転炉スラグ	70	70			75
		再生コンクリート			70		
		粒度調整碎石				100	
施 工 時	路 床	たわみ量 mm	0.56	0.55	1.13	0.98	0.90
		平板載荷 kgf/cm³	27.5	44.7	27.9	30.9	44.4
	上 層	締固め度 %	96.4	98.5	96.1	98.7	98.8
		たわみ量 mm	0.36	0.45	0.59	0.67	0.60
		平板載荷 kgf/cm³	33.5	41.2	35.9	19.6	33.6
	表 層	たわみ量 mm	0.24	0.34	0.40	0.45	0.38
		ひびわれ %	0	0	0	0	0
		平坦性 mm	1.66	1.97	1.49	2.31	1.97
		わだち掘れ量 mm	0	0	0	0	0
			たわみ量 mm	0.14	0.19	0.28	0.41
半 年	表 層	ひびわれ %	0	0	0	0	0
		平坦性 mm	1.71	2.28	1.53	2.47	2.04
		わだち掘れ量 mm	1	1	0	0	0
			たわみ量 mm	0.16	0.10	0.19	0.36
1 年	表 層	ひびわれ %	0	0	0	0	0
		平坦性 mm	1.73	2.91	1.60	2.23	1.61
		わだち掘れ量 mm	2	1	2	1	1



第6図 実践におけるたわみ量の推移

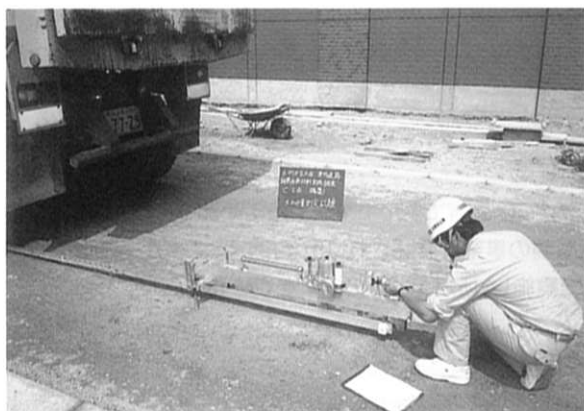


写真3 たわみ量測定試験



写真4 平板荷重試験

## 5. 結 言

製鋼スラグを中心とした鉄鋼スラグおよび、コンクリート再生材を配合した複合路盤材は、各スラグの欠点を補いつつ、長所を生かすように設計され、優れた品質を有する。また、製鋼スラグの中で利用が遅れていた溶銑予備処理スラグおよび、CC・造塊スラグについても、実路施工後の追跡調査で良好な結果を得ている。

なお、ここに示した試験結果の一部については九州共立大学高山教授、九州工業大学出光教授に御指導を頂きましたことを深く感謝申し上げます。

問合せ先  
小倉製鉄所  
総務部 安全・環境室  
参事補  
☎093(561)8015 橋本 透