

V—21

室蘭製鐵所における転炉スラグの道路用材への利用

新日本製鐵(株) 室蘭製鐵所

正会員

○ 鈴木敬啓

正会員

本間利明

吉川雅三

鎌倉隆一

〔要 旨〕

室蘭製鐵所における転炉スラグ碎石による道路施工は、昭和40年に遡る頃から転炉スラグを $\sim 100\text{mm}$ に砕いて $20\sim 50\text{cm}$ 敷きかためた上に高炉スラグの $\sim 40\text{mm}$ を $10\sim 40\text{cm}$ 敷き、さらにアスコン $4\sim 10\text{cm}$ かけて舗装した経験がある。最近ではこのような積層路盤工法があらためて見なおされており、当時すでにかかる施工要領が実施されていた。これらは施工後8年経過したときに掘削されて調査したところ路盤は固結しており、転炉スラグ層はカルシウムフェライト $2\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、スピネル $\text{FeO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ と $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ 、カルシウムシリケート $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ などの鉱物類で形成され安定した状態のものであった。その後は製鐵所内で試験道路、実用道路の工事材料に転炉スラグが $20\sim 40\%$ 混合使用されるようになり、さらに転炉スラグ 100% 使用道路が所内外で実現した。それらの遡及と追跡調査した内容を参考値として転炉スラグの道路用材化をはかってきて公道への使用に支障のない品質保証が得られるようになった。

1. 緒 言

転炉スラグの利用は、その特性が明示されるにしがい従来使用されていた天然碎石に無い性状が具備されていて特に堅固で摩耗に強いことは、最近の地方経済に大きく影響を及ぼしている道路補修費の軽減に寄与できるものと予測される。このように舗装道路表層部分の材料としての特性発揮は長年月にわたる製鐵所内道路の実績が如実に物語っており、さらにもぐった路盤においても強固な材料として使用されてきた。建設省、北海道開発局においても注目されることとなり、官民共同研究による評価も期待された水準値を得られるものと推察される。本報では如上の目的を達成する手段に堅固な耐摩耗性の転炉スラグ碎石による道路舗設工事内容を紹介し、これらの経年変化による挙動を調査しまとめた。

2. 最近の道路用材への利用実績

昭和57年以降室蘭製鐵所における転炉スラグの道路用材への利用実績は表-1のごとく年々増加しつつある。

道路用材として、この他に寒冷地で使用される凍上抑制材に転炉スラグ $80\sim 100\text{mm}$ が注目され官庁発注工事の設計書に加えられるようになり資源化がはかられている。

表-1 道路用材としての利用実績

工種 面積、 T数 施工年度	路 盤		表 層	
	面 積 M^2	使用量 T	面 積 M^2	使用量 T
5 1	0	0	4.805	590
5 2	0	0	21.805	2.275
5 3	10.990	10.100	41.260	3.630
5 4	64.980	46.000	73.253	14.300
計	75.970	56.100	141.123	20.795

3. 試験道路の施工内容

室蘭製鐵所では内外の試験道路で転炉スラグを使用し、経年変化による挙動を調査して転炉スラグ碎石の実用化への基礎資料の把握につとめてきた。表-2, 3.

表-2 転炉スラグ碎石を路盤材に使用した試験道路一覧表

施工年月	施工場所	施工面積	施工内容
S.47.8	構内 東大通り	$4\text{m} \times 25\text{m} \times 0.3\text{m}$ 9区分 計 900m^2	高炉スラグをベースに20, 30, 40%混合、一部に高炉スラグの水砕を10, 20% 添加した混合路盤。表層は高炉スラグ使用。
S.48.12	構内 西部循環南通	$5 \times 25 \times 0.3$ 5区分 計 590m^2	転炉スラグ、同調質スラグ、高炉スラグ各碎石による単味路盤 表層材は高炉スラグ使用(以下略)
S.48.12	構内 西部循環中通	$6 \times 25 \times 0.3$ 3区分 計 450m^2	同上
S.50.11	市街 中島町一条通	$6 \times 95 \times 0.5$ 1区分 計 570m^2	転炉調質スラグ(溶かい混合)による単味路盤
S.51.8	市街 中島町橋通り (1次工事)	$5.5 \times 40 \times 0.25$ " " 0.5 各3区分 計 1320m^2	高炉スラグ碎石70%に転炉スラグ碎石30%を添加した混合路盤と、転炉スラグ碎石単味路盤
S.53.6	市街 中島町橋通り (2次工事)	$5.5 \times 7.5 \times 0.54$ 3区	転炉スラグ碎石単味下層路盤、高炉スラグ碎石単味上層路盤
		$5.5 \times 10.0 \times 0.29$ 2区	同上
		" " " 1区	同上
		$3.5 \times 10.0 \times 0.29$ 1区	転炉調質スラグ碎石単味路盤
		$2.0 \times 10.0 \times 0.29$ 1区	同上
		8区分 計 343m^2	
S.54.11	構内 化成地区通り	$7 \times 10.5 \times 0.29$ 4区分 計 294m^2	転炉スラグ碎石単味路盤

表-3 試験道路に使用した転炉スラグ碎石の性状

種別	処理別	粒度範囲 mm	比重		吸水率 %	スリヘリ %	安定性 %	一軸圧縮 強度 kg/cm^2	修正 CBR	含水率 %	単位容積重量	
			表乾	絶乾							軽装	重装
エー ジ ン グ 材	A _g	40~0	3.31	3.36	1.46	18.59	2.59	5.42	194	2.01	1.955	2.160
	A _g	25~0	3.30	3.33	1.29	13.34	2.83	6.24	218	0.90	1.875	2.138
	A _g	13~0	3.38	3.45	1.32	7.46	2.49	7.42	200	1.87	1.903	2.110
調 質 材	AL	40~0	3.42	3.46	0.83	17.66	6.67	7.67	142	0.89	1.963	2.215
	CF	40~0	3.38	3.44	1.16	17.13	3.97	7.84	244	0.52	1.998	2.220
	SS	40~0	3.40	3.45	0.99	17.71	4.22	6.09	167	0.33	1.918	2.123

表-4 転炉スラグ碎石をアスコン材に使用した試験道路

() 内数値はアスルト舗装要綱規定値

施工 年月	施工 場所	施工面積 m ²	材料配合割合%				合成粒度 (石粉を含む)						混合物性状					
			最大mm 13-25	2.5-0	75μ	75μ以下	mm 13	5	2.5	0.6	0.3	0.15	0.075	密度	空隙率%	飽和度%	安定度%	70-値mm 100
5/12	構内 一門町	市道 9X124 1116	36.3	51.8	5.1	6.8	100	76.7	60.3	35.4	16.9	9.7	6.5	2.769	5.1 (3~6)	78 (75~85)	130.7 (500以上)	33 (20~40)

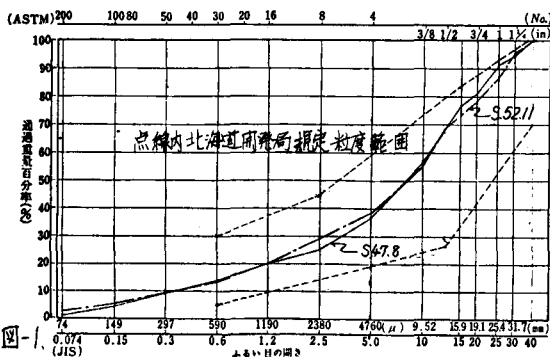
表-4は転炉スラグ碎石を細粒度ギャップアスコン配合により合成した材料によって舗設した内容で、この路盤は高炉スラグ碎石を使用した。またこれと同時に天然骨材を使用して1,080m²を舗設した。いずれもB交通量区分に則り高炉スラグ碎石路盤の上に6cmアス安定処理を施し、表層4cmを舗装した。

4. 試験道路の追跡調査

試験道路の設定にはあらかじめ使用する転炉スラグ碎石の性状調査を行ない各場所に適用した。構内では大半が埋立造成地であり地下水位は低くなっているが、市街地橋通りは地下水位30cmで割土した段階で田圃様となり路盤工に手間とった経移があった。以下それぞれの試験道路についての調査概要を記述する。

1) 構内東大通り

施工後5年経過したS.52年11月に転炉スラグ碎石を40%高炉スラグ碎石に混合した路盤位置No.5について掘削調査した。図-1では粒度組成は施工当時に比べ10~25mm部が減少し、5~25mm、0.15~0.074mm部が増加しており、鉱物形態に水酸化、炭酸化合物が存在していることから今後は固結安定化へと進むものと推定される。また表面の平坦性を測定し、アスルト舗装要綱による240mm以内の合格判定値であることが確認された。*(3mmプロシメタ 標準偏差σ)



2) 市街中島町一条通り

市道ではじめての試験道路である。この路盤材には従来使用されていた高炉スラグと転炉スラグの特長を活かした調質スラグ碎石により施工した。この調質スラグ碎石は生産直後40~0mmに粒度調整して直ちに供試したものである。これらの鉱物組成はメルウイナイト(CaO·SiO₂)_{5.6}(3CaO·Al₂O₃·MgO)2SiO₂)_{4.4}, メリライト2CaO·Al₂O₃·SiO₂, 2CaO·MgO·2SiO₂, ラーナイト2CaO·SiO₂, ウースタイトFeO等である。施工後1年経過したときに全体に表層部に異常のない事を認め3ヶ所掘削して路盤材を調査した。粒度分布には施工時と比べ微粉部の0.6mm以下が減少し、粗粒部5mm以上が増加している。特に微粉部0.147mmには炭酸化合物CaCO₃の生成されていることがX線回折により判

表-5 スラグ碎石の性状と品質規格

明した。

種別 規格 性状	転炉スラグ	高炉スラグ	調質スラグ	JISA5015 道路用スラグ	北海道土木部 共通仕様書	アスルト舗装要綱	
						表層 基層	上層路盤
表乾比重%	3.22~3.68	2.5~2.7	3.11	—	2.45以上	2.45	—
吸水率%	0.6~2.1	1.0~3.0	1.28	—	—	3.0	—
単位容積重量%	2.2~2.3	1.55~1.65	2.025	1.50以上	—	—	—
安定性%	0.2~1.3	0.2~3.0	2.06	—	20以下	12以下	20以下
スリヘリ減量%	10.8~14.8	20~30	17.65	—	40以下	35以下	50以下
修正CBR%	90~125	100~130	116	30以上	30以上	30以上	80以上

3) 市街中島町橋通り(2次工事)

S.51.8 に1次工事を行なわれ、その時使用した転炉スラグ碎石(エーヅンク未済)の挙動を調査した経験からS.53.6 に同施工地域の一部を掘起し新規に用意した調質スラグ碎石3種とエーヅンク処理転炉スラグ碎石の3種(表-3参照)等によって路盤の2次工事が実施された。その後レベル測定、舗装表面観察を続けてきたが変動小さく異状は認められていない。2年経過したときのレベル測定結果によれば施工時の水準より1~5mm低位にあることが確認された。この地帯は地下水位GL-30cmの湿地で、施工時に表土掘削後は水溜りにおける作業となったが直接路盤材を敷きつめた。このときの修正CBRは142~244%と中があったが、その後の供用により異状が生じていないところから推察して、このような湿地帯での転炉スラグ碎石使用による路盤施工には、転炉スラグをエーヅンク処理もしくは調質することによって品質管理された碎石を使用すれば差支えないことが判明した。なおこの道路の交通量はL交通区分に属するもので今後も路盤挙動について観察していく予定である。

4) 構内化成地区通り

S.54.11 に粒度別、エーヅンク歴別による転炉スラグ碎石を使用して施工されたこの地区道路は現在も供用中で異状は観察されていない。施工後半年経過してから道路を掘り起し路盤部の採取された試料を調査した。そのうち変動の少なかった単位体積重量、飽和比重、表乾比重、吸水率、最適含水比、最大乾燥密度等を除いて表-6に示した。これらのうち洗い試験、安定性いずれも施工時より低値になり安定化の挙動を示しているとともに一軸圧縮強度はいずれも増している。また6ヶ月経過時に水酸化物、炭酸化物の生成が認められており、今後これらの挙動が路盤強化に関係する因子となることが予想される。

表-6 試験道路に使用された転炉スラグ碎石路盤の追跡調査

項目 区分	路 盤 材		施工後 経過月数	洗い試験 %	一軸圧縮強度 kg/cm ²	安定性 %	形態別化学成分%	
	粒度mm	エーヅンク月数					CaCO ₃	Ca(OH) ₂
A	40~0	3	0	2.88	4.04	2.24		
			6	2.84	4.80	1.82	1.40	2.80
B	40~0	6	0	3.10	5.78	2.50		
			6	2.64	—	2.04	1.87	4.04
C	25~0	1	0	3.30	3.12	1.92		
			6	2.76	3.50	0.61	1.35	3.27
D	25~0	3	0	3.53	5.52	2.40		
			6	3.09	5.90	0.44	1.87	4.57

5) 転炉スラグ碎石によるアスコン舗装道路

構内における転炉スラグ表層材によるアスコン舗装は着々成果をあげている。(表-1参照) その一例として表-4に示した。これら基本的性質のもとに実路試験されている当該道路は、供用開始後4年を経過し割れによる異状はない。表-3,5に示されるようにスリヘリは少くアスファルト舗装要綱での規定値35以下に余裕をもって合格している。これも転炉スラグの堅硬な特性が反映しているものと考えられる。また実路での表面状態は、転炉スラグ個々の粒子が丸く凸起していて極めて堅固で骨材の耐磨耗性を表徴している。一方同時期に施工された天然碎石による舗装表面は摩耗が進み骨材が露出していて同一水平面にそって減っているのが対照的である。

5. 総 括

室蘭製鐵所では昭和40年より転炉スラグ碎石を使用して道路工事を進めるとともに一方で構内外道路を設置して追跡調査した内容をまとめた。これらの実績に基づいた碎石の製造加工、品質管理体制の充実ははかってきた結果、転炉スラグ道路用材化への見通しを得ることが出来た。