

鉄鋼スラグを活用した簡易舗装について

米代西部森林管理署 業務グループ ○當麻 成亮
森林整備課 路網整備係 山田 悠貴
森林整備課 路網計画係 関岡 春香

1. はじめに

(1) はじめに

米代西部森林管理署において平成 25 年、26 年度に新設した林業専用道で、積雪寒冷地では初となる鉄鋼スラグ製品の『カタマ SP』を用い簡易舗装を行った。

カタマ SP は九州の一部で使用された実績のある新日鉄住金（株）の製品で、敷均し後、散水し重機による転圧を行うことで、アスファルト舗装のように硬化するため長期的な耐久性が期待できる。

現在、森林林業再生プランに基づき路網整備を進めているが、路網密度の上昇により維持修繕費も比例するようなことがあってはならない。そのため、従来の砕石を用いた林道よりも維持修繕費の削減が可能で、森林施業も行いやすくなる鉄鋼スラグには大きな可能性がある。

(2) 鉄鋼スラグを導入した経緯

東日本大震災により砕石の供給不足が発生し、林道新設工事における上層路盤工の資材調達が危惧される状況となったため、砕石の代替えとなる新たな材料・工法を検討する必要があった。そのため、代替えとして砕石の供給不足地へ船便で大量に輸送が可能で、耐久性も期待できる『鉄鋼スラグ』を用いることとした。

2. 研究方法

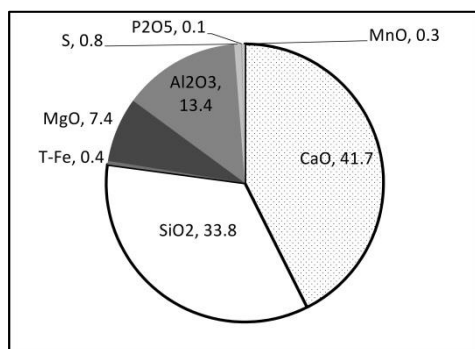
実際に施工した事例や各業者への聞き取り、その後の経過観察を基に鉄鋼スラグの特徴や課題を取りまとめた。また施工後に路面の Ph を測定し、環境性の評価を行った。

(1) 鉄鋼スラグとは

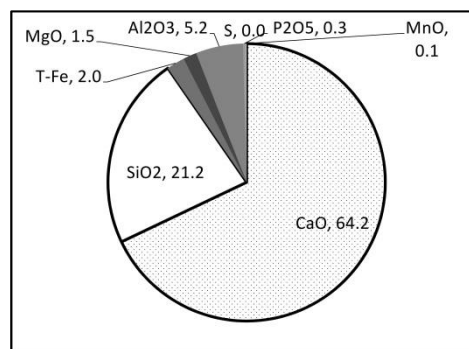
『鉄鋼スラグ』は鉄鉱石、石灰石、コークスを用いた鉄鋼製造に伴い生成されるもので、鉄鉱石の鉄以外の成分と、石灰石、コークスが分離した副産物である。

鉄鋼スラグの構成は石灰『CaO』とシリカ『SiO₂』が主成分で配合の大半を占めており、セメントの構成と似ているため、水と反応して固まる『潜在水硬性』を有することが分かる。

【構成成分比較】



鉄鋼スラグ



セメント

今回使用した『カタマ SP』は、通常的路盤材として使用される鉄鋼スラグに高炉セメントの原料である高炉水砕スラグを混合し、より強い硬化が期待できる製品である。

また、鉄鋼スラグの使用に際し国有林においては水源林が多いため環境に対し問題があつてはならないが、今回使用した『カタマ SP』は環境問題をクリアしている。出荷時に行った有害物質の測定試験の結果、六価クロム等の有害物質は全て土壤汚染対策法の基準値内に収まっていたほか、施工後に路面表層の Ph を測定した結果、施工直後はアルカリ数値が高いが、施工 7 日後には中性化していたため、環境に対して問題がないことが確認された。

【表層 Ph 測定結果】

	測定地点						平均
	280-L	280-R	650-L	650-R	1150-L	1150-R	
施工0日後	10月29日 12.5	10月29日 12.0	10月23日 12.0	10月23日 11.5	10月18日 13.0	10月18日 13.0	12.3
施工1日後	10月30日 9.0	10月30日 9.0	10月24日 7.0	10月24日 7.0	10月19日 9.0	10月19日 9.5	8.4
施工7日後	11月6日 7.0	11月6日 7.0	10月31日 7.0	10月31日 7.5	10月25日 7.5	10月25日 8.0	7.3

Ph : 0(酸性)~14(アルカリ性)

(2) 砕石と鉄鋼スラグの比較

① 走行性

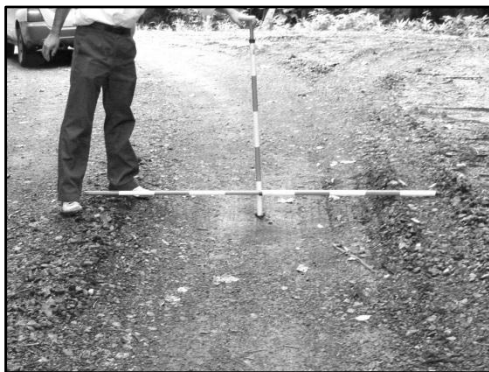
新設の林道で砕石による路盤工を施工した場合、転圧しても数十年利用した林道に比べると砕石が締固まっておらず走行に注意する必要があるほか、法面からの湧水等、水の影響を受けやすい。しかし、鉄鋼スラグで簡易舗装した路面は凹凸が少なく快適に走行できるほか、水の影響を受けにくく車両への負担も少ない。

② 耐久性

鉄鋼スラグは水による路面洗掘に強く、車両走行による轍が発生しにくい。

平成 25 年度に新設した西の又第二林道では実験的に砕石区間と鉄鋼スラグ区間を設け、翌年度にこの林業専用道を使用し 550m³ (10m³ 積のトラック 55 台) 運材したところ、鉄鋼スラグ区間ではアスファルト舗装のように硬化しており、砕石区間のような轍は発生していなかった。

【施工 2 年後比較】



砕石区間



鉄鋼スラグ区間

③ 経済性

鉄鋼スラグは施工時こそ若干割高となるが、維持修繕を含めた長期的なトータルコストは安価となる。

施工時が若干割高であることについては、鉄鋼スラグの施工単価が m あたり 2,617 円で砕石の 2,585 円と比較すると約 30 円 (1.2%) 高い結果から確認できる。

鉄鋼スラグの m³ 当たり単価は商社から見積を取ったもので、搬入した港から 40km 以内の

現場で使用する場合の単価となる。また、碎石の m3 当たり単価は見積りに運搬費を加算したものである。

【単価比較】

上層路盤		敷厚15Cm				m3当たり					
購入	RC-40 20.0km運搬	1.27	m3	3410	4331	鉄鋼スラグ	敷厚15Cm	m3当たり			
敷均し、転圧	モーダクレーダ、ロードローラ、タイヤローラ	1	m3	1140	1140	購入	鉄鋼スラグ	1.27	m3	3000	3810
計					5471	敷均し、転圧	モーダクレーダ、ロードローラ、タイヤローラ	1	m3	1140	1140
m当たり					2585	箱堀	BH0.45級による床掘	1	m3	865	865
						計					5815
						m当たり					2617

従来の碎石を使用した林道の m 当たりの維持修繕費用は、平成 25 年度の米代西部森林管理署管内の維持修繕費用合計 2,300 万円を、維持修繕を行った路線延長 250km で割り返すことで算出し、その結果、年間の補修には m 当たり 92 円の維持修繕費を要している。

【維持修繕費用】

米代西部署チャーター延長(68路線)	250,425	m
チャーター(実行金額)	16,317,000	円
碎石購入	6,607,000	円
補修費用合計	22,924,000	円
m当たり維持修繕費用	92	円

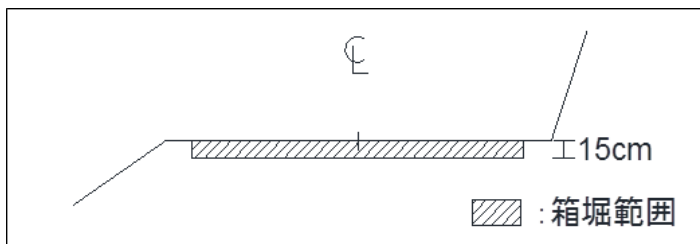
このことから、鉄鋼スラグにした路線は従来の碎石を使用した林道の維持修繕費用『m 当たり 92 円』を要しないため、鉄鋼スラグと碎石の施工時のコスト差『30 円』は、1 年も経過すれば元は取れ、頻繁に維持修繕を要する碎石と比較するとトータルコストは安価になる結果となった。

④施工性

東北森林管理局の上層路盤の施工方法は路床に上置きであるため、作業工程は材料運搬→敷均し→転圧だが、鉄鋼スラグの場合、箱堀→材料運搬→敷均し→散水・転圧の作業が必要となる。

箱堀は路床の完成後に鉄鋼スラグの敷厚 15cm 分を掘削するもので、その中に鉄鋼スラグを敷くことにより、路床に上置きと比べ路盤の際まで丁寧に転圧が可能となる。

【箱堀イメージ図】

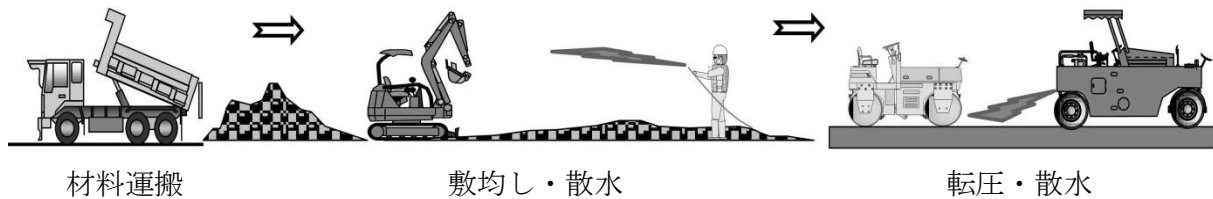


箱堀は先に全区間行ってしまうと、その上を走行する重機のキャタピラで路床が泥濘化し、鉄鋼スラグの食い込みが大きくなるほか、仕上がりに影響が出る問題が発生する。そのため、鉄鋼スラグを敷く都度約 100m ごとに箱堀を行うことが望ましい。

散水は敷均し前ではなく、敷均し、転圧中に状況を見ながら行うことで含水率の調整が可能となるため、施工管理がしやすくなるほか良い品質のものに仕上がる。

施工時間に関しては、材料運搬・敷均し・散水・転圧作業は一日約 100m の施工ができるが、箱堀を行う分鉄鋼スラグは碎石に比べ時間がかかる。

【施工フロー図】



⑤ 工程管理

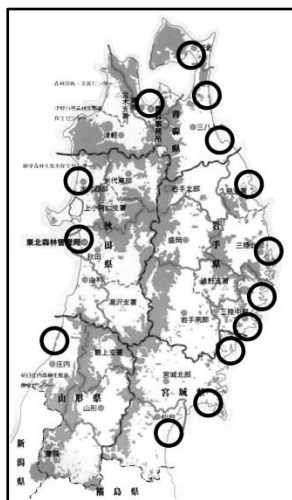
鉄鋼スラグは出荷から1ヶ月以内に使用しなければならないことや天候不順を予測しなければならないこと、材料納入についても船便のため使用予定の3週間ほど前に余裕を持って注文する必要があることなど、工程管理には細心の注意が求められる。

⑥ 施工箇所

製鉄所で生成された鉄鋼スラグは使用予定近辺の港まで船便で運搬される。その性質上、荷卸した港から施工箇所までの距離が離れるほど運搬費がかかり、港から遠くなるほど採用しづらくなる面がある。

東北森林管理局管内では計14の港に鉄鋼スラグを搬入ができる。

【搬入可能な港位置図】



- ア：青森県
青森港、大湊港、むつ小川原港、八戸港
- イ：岩手県
久慈港、宮古港、釜石港、大船渡港
- ウ：宮城県
気仙沼港、石巻港、仙台港
- エ：秋田県
能代港、秋田港
- オ：山形県
酒田港

(3) 今後の課題

① 木製路面排水工の流末処理

鉄鋼スラグで簡易舗装された路面は雨水が透水せず、そのまま路面水となって流下するため路面排水工に集水し過ぎ、排水時に地山が洗掘される事例があった。そのため路面排水工流末には排水先が地山であっても洗掘防止の処理を考える必要がある。

対応策として植生土のうや植生マットを使用した水路工で路面水を排水することにより地山の洗掘を抑えられるのではないかと考えている。

② 急勾配でのスリップ

急勾配で崩土が被った箇所ではタイヤが空転するため、チェーンを巻き走行していたという事例がある。そのため縦断勾配や切土法長を考えた路線選定を考える必要がある。

メーカー基準では転圧機械による施工が難しくなることから限界は10%とされているため、10%を超える場所については従来通りコンクリート路面工と組み合わせて対応していきたいと考えている。

③ 補修方法

鉄鋼スラグは船便 1 便での満船契約、数量は 1000m³ 前後の固定数量での契約となるため少量の補修はできない。そのため、壊れた箇所に対しては鉄鋼スラグ以外のもので補修を行う必要がある。

対応として、部分的なクラックやへこみ等の小規模な損壊であればモルタルによる補修が考えられているが、路床の崩壊に伴う数十 m の損壊等の大規模な場合はまだ補修方法が考えられていない。

3. 考察

鉄鋼スラグ施工後の路面はアスファルト舗装のように硬化し、雨水による洗掘もあまり見られず、走行性、耐久性ともに優れていた。

また、碎石による従来の上層路盤工のような補修が殆ど必要なく、維持修繕費が抑えられ経済性も優位であった。

東北森林管理局として今後は鉄鋼スラグを用いた工事のデータを蓄積し、各課題の改善策について検討しつつ、これからも検証をかねて、鉄鋼スラグの使用に見合う現場があれば採用していきたい。

【参考資料】

2012.9 新日鐵住金『NS スラッガーズ』p3 鉄鋼スラグ構成成分

新日鐵住金「鉄鋼スラグ『カタマ SP』施工要領書」施工フロー図

NETIS 新技術情報提供システム『固まる簡易舗装材カタマ SP』

http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/Search/NtDetail1.asp?REG_NO=QS-130016&TabType=2&nt=nt (2015.1 アクセス)