

フェロニッケルスラグの舗装材料への適用性に関する検討

福岡大学工学部 学生会員 野中 新 山下 貴弘
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

1. はじめに 産業副産物として生成されるスラグは、我が国の代表的な循環資材である。その中でも、非鉄スラグであるフェロニッケルスラグ(略記:FNS)は、ステンレス鋼や特殊鋼の製造に用いられるフェロニッケル精錬の際に電気炉またはロータリーキルンで発生するスラグであり、年間約 250 万トン生成している¹⁾。FNS の特徴として、天然砂に比べ密度が高く、性状が天然砂に近い材料である²⁾。このような特徴から、土木分野における有効利用に向けた取り組みが行われている³⁾。本研究では、FNS の有効利用法の普及を目的とし、アスファルト(略記:As)混合物材料で利用される砂分が FNS に類似していることから、As 混合物への有効利用について検討を行った。本報告では、FNS の粒径と置換率を変化させた場合における基本的な材料・力学特性の検討した結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 混合物には、As 混合物の出荷率の高い再生密粒度 As 混合物(13mm Top)を用いた。混合物材料には、As バインダとして StAs60/80、骨材は、6号砕石、7号砕石、粗砂、細砂、石灰石粉、再生骨材(13-0mm)を用いた。写真-1 に FNS の外観を写真-2 に再生骨材の外観を示す。今回使用する FNS は微粒分率の異なる 2 種類の FM2.6・FM3.2 を使用した。表-1 に置換する各試料の物理特性を示し、図-1 に粒径加積曲線、表-2 に骨材配合率を示す。表-1 より、FNS は通常材料として使用される粗砂、細砂に比べ密度が高いことが伺える。したがって、FNS 置換による As 混合物の密度増加が考えられる。また、図-1 より FM3.2 に比べ FM2.6 の方が細粒分の含有率が多く天然砂と類似した粒径を示していることが伺える。

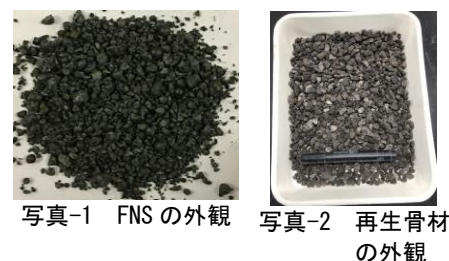


表-1 各試料の物理特性

	粗砂	細砂	FM2.6	FM3.2
密度 (g/cm ³)	2.68	2.61	2.93	2.94
吸水率 (%)	1.65	0.86	0.94	0.88
微粒分率 (%)	7.8	0.9	2.6	3.2

2-2 実験方法 本検討において、As 混合物の各種力学特性を把握するため、舗装調査・試験法便覧より、As 混合物の判定方法で用いる標準マーシャル安定度試験(略記:標準 MT)を行った。また、耐水性に関して水浸マーシャル安定度試験(略記:水浸 MT)を用いた。標準 MT 及び水浸 MT には、直径 100mm、高さ 63.5±1.3mm の円柱形供試体を作製した。表-2 に示す配合割合にて骨材を計量後、炉乾燥機内にて加熱を行う。本検討において、R 材を使用しているため、炉乾燥温度は 110℃と設定した。これらを加熱混合後、As バインダを投入し更に加熱混合し、両面 50 回の突き固めを行う。作製した供試体を 24 時間放熱、脱型後、試験直前には、60℃の恒温水槽にて、標準試験の場合は 30 分、水浸試験の場合は 48 時間の水浸養生後に MT を行った。

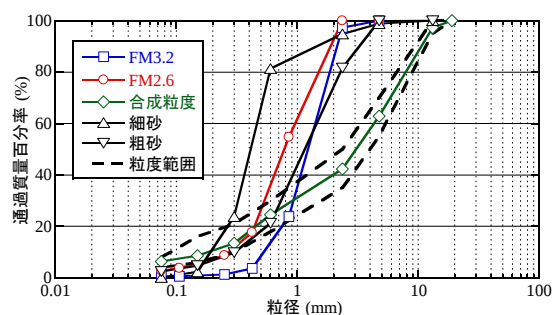


図-1 粒径加積曲線

表-2 骨材配合率

骨材	骨材配合率 (%)
6号砕石	32.0
7号砕石	20.0
再生骨材(13-0)	10.0
粗砂	18.0
細砂	13.0
石粉	7.0
計	100.0

2-3 実験条件 表-3 に実験条件を示す。FNS 配合における As 混合物への影響を把握するため、粒径の異なる 2 種類の FNS を使用した。FNS 置換率については、配合設計の許容粒径幅を考慮し、粗砂と細砂を置換することから混合物に対し 0, 5, 10, 15%の 4 条件とし、添加 As 量は旧 As・新 As

表-3 実験条件

使用混合物	使用バインダ	添加 As 量 (%) (対混合物)			使用 FNS	FNS 置換率 (%) (対混合物)	R 材 配合率 (%)	検討試験
		旧 As	新 As	計				
再生密粒度 As 混合物 (13mm Top)	StAs 60/80	0.55	4.85	5.4	FM 2.6 FM 3.2	0	10	標準 MT 水浸 MT
						5		
						10		
						15		

を合わせ 5.4%一定とした。R 材配合率は、全条件において 10%一定とした。検討試験として、標準 MT、水浸 MT を実施した。

3. 実験結果及び考察

3-1 フェロニッケルスラグ混合が As 混合物の諸特性に与える影響

図-2 に FNS 置換率と供試体密度を示す。FNS 置換率の増加に伴う As 混合物密度は、粒子密度が大きな FNS の混合の影響は見られず、ほぼ変化していないことが分かる。また、FNS の種類の違いでは、FM2.6 が FM3.2 を若干上回る結果となった。図-3 に FNS 置換率と空隙率を示す。FNS 置換率の増加に伴い増加傾向を示した。FNS の種類の違いでは、FM3.2 が FM2.6 を上回る結果となった。図-2, 3 の結果は、図-1 より FM2.6 の方が細砂分を多く含むことにより十分な締固めが行われたことが原因と考えられる。図-4 に FNS 置換率とフロー値を示す。FNS の種類による微粒分率の違いがフロー値に影響を与えたと考えられたが、顕著な違いは見られなかった。図-5 に FNS 置換率と標準安定度を示す。FNS の違いでは、FM2.6 の標準安定度が FM3.2 を上回る結果を示した。また、FNS の置換率の違いでは FM2.6 は FNS 置換率 5% が最も高い値を示した。これは、図-3 に示す空隙率より、FNS 置換率 5% 時の値が最も低い値を示しており十分な締固めが行われたためであると考えられる。また、いずれの FNS においても規定値を十分に満足している。

3-2 耐水性

図-6 に FNS 置換率と水浸安定度を示し、図-7 に図-5, 6 より算出した FNS 置換率と残留安定度を示す。図-6 より、2 種類の FNS において、図-5 に示した標準安定度と類似した傾向を示した。また、図-7 より、FM2.6 使用時は、残留安定度は FNS を混合することにより、FNS 未置換時より残留安定度が増加していることが分かる。一方、FM3.2 使用時は、FNS 未置換時より残留安定度が減少する傾向が得られた。FM3.2 では、FNS 置換率の増加により図-3 で示すように供試体の空隙率が高くなり、水浸養生時に空隙内への浸水により強度低下が引き起こされたためと考えられる。また、いずれの条件においても、残留安定度は 90% 程度であり、FNS が配合された As 混合物は高い耐水性を有していることが伺える。これらの結果より、FNS 置換時及び FNS 未置換時の各種力学特性は同等の値を示しており、FNS の As 混合物材料としての適用性が示された。

4. まとめ 1) FNS を用いた As 混合物の密度は FNS の種類の影響を受け、細砂分を多く含む FM2.6 の方が FM3.2 に比べ十分な締固めが行われ密度が高くことが明らかとなった。この混合物の密度増加により、FNS を用いた As 混合物の標準安定度、水浸安定度及び残留安定度において FM2.6 の方が高い値を示すことも明らかとなった。2) 今回の検討により、FNS の種類に関係なく置換率 15% まで適用されることが示され、FNS の As 混合物への高い有効利用性が示された。

謝辞：今回実験に用いた FNS 及び骨材は株式会社日向製錬所と日新興業株式会社より提供して頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】1) 庄嶋ら：産業副産物の微粉末を用いた路床改良材に関する研究，土木学会論文集 EI(舗装工学)Vol.68, No3(舗装工学論文集第 17 巻), ppI_89-1-I_98, 2012. 2) 公益社団法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説, p402, 2009. 3) 福味ら：フェロニッケルスラグ混合土の力学特性に及ぼす地盤材料の影響，平成 29 年度土木学会西部支部研究発表会 III-047, p88, pp.333-334, 2018.

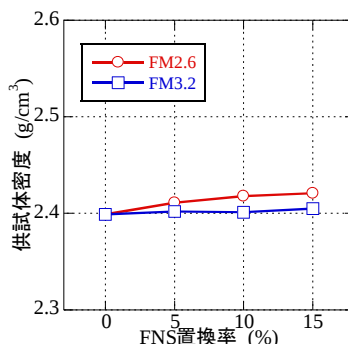


図-2 FNS 置換率と密度

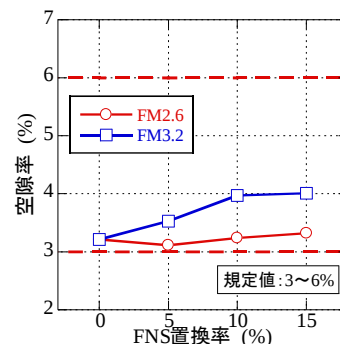


図-3 FNS 置換率と空隙率

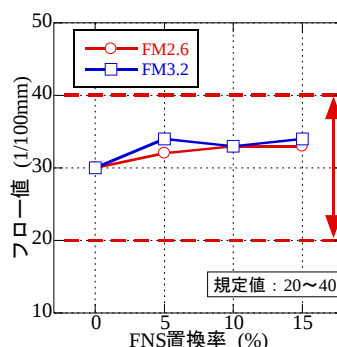


図-4 FNS 置換率とフロー値

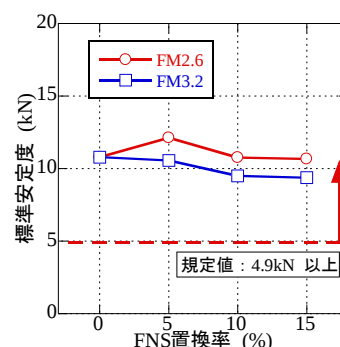


図-5 FNS 置換率と標準安定度

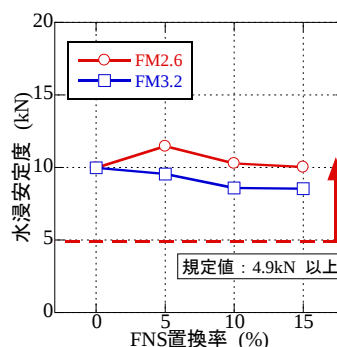


図-6 FNS 置換率と水浸安定度

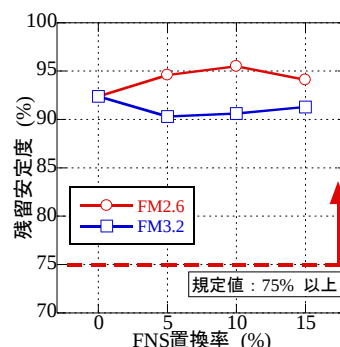


図-7 FNS 置換率と残留安定度