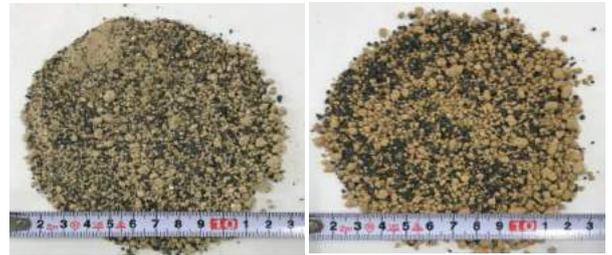


フェロニッケルスラグ混合土の力学特性に及ぼす地盤材料の影響

福岡大学大学院 学生会員 福味 尊
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

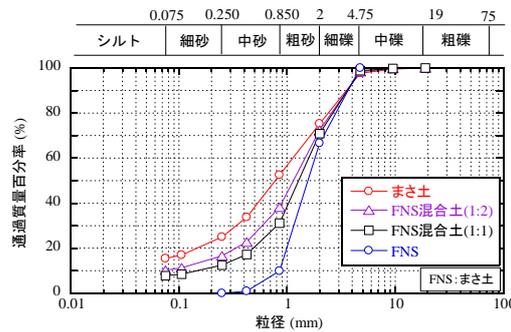
1.はじめに 産業副産物として生成されるスラグは、我が国の代表的な循環資材の1つである¹⁾。著者ら²⁾は、これまでに非鉄金属スラグの一種であるフェロニッケルスラグ(以下、FNS)に着目し、地盤材料としての有効利用の検討を進めている。FNS が単一粒径でかつ破砕性を有することから、これまでに自然土を混合した FNS 混合土の地盤材料への適用性を目的とし、検討を行っている。そこで本報告では、1)宮崎産



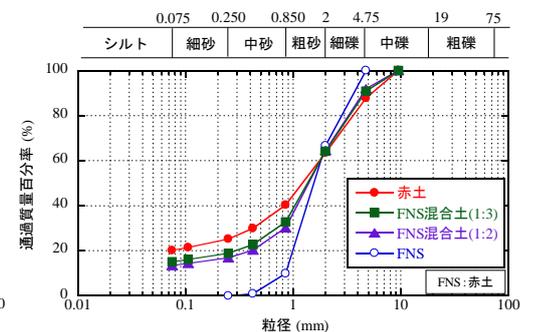
(a) FNS+まさ土 (b) FNS+赤土

写真-1 FNS 混合土 (1:2)

のまさ土及び赤土を用いた FNS 混合土の地盤材料の適用性に向けた検討、2)FNS 混合土と固化材を併用効果における締固め特性について考察する。



(a) FNS+まさ土



(b) FNS+赤土

図-1 粒径加積曲線

2. 実験概要

2-1 実験に用いた試料

本実験で用いた FNS 混合土は、水砕粒状化した FNS と宮崎県より採取したまさ土及び赤土を使用した。FNS 混合土は、FNS の乾燥質量 1 に対して各土質材料を、まさ土は 1:1、1:2、赤土については 1:2、1:3 の割合で混合し作製した。写真-1 に各 FNS 混合土の外観を示し、また、図-1 に粒径加積曲線及び表-1 に試料の物理特性を示す。FNS 混合土は、いずれの試料も土質材料を混合することにより粒径幅が広がっていることが分かる。また、土粒子密度は、FNS 混合土がスラグ粒子密度の影響を受け若干大きくなっていることも分かる。固化材は、高炉セメント B 種を用いている。

表-1 物理特性

土質試料	土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	細粒分含有率 F_c (%)	A-b法	
			最適含水比 w_{opt} (%)	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)
まさ土単体	2.643	15.50	9.4	1.714
FNS混合土(FNS:まさ土)				
まさ土 1:2	2.757	10.33	10.1	1.731
まさ土 1:1	2.815	7.75	10.4	1.756
赤土単体	2.656	20.17	11.1	1.782
FNS混合土(FNS:赤土)				
赤土 1:3	2.739	15.13	11.3	1.789
赤土 1:2	2.766	13.45	11.7	1.823
FNS	2.986	0	13.4	1.729

2-2 地盤材料の適用に関する検討

本検討では、盛土材または路床・路盤材に着目し、適用性の把握を行うため、締固めたコーン指数試験(JIS A 1228)、修正 CBR 試験(JIS A 1211)を行った。コーン指数試験は、直径 $\phi=10$ cm、高さ $h=12.5$ cm のコーン試験用モールド内に表-1 に示す A-b 法より得られた最適含水比より供試体を作製した。修正 CBR 試験は、締固め度 95%に締固めた修正 CBR 値により検討を行った。供試体作製は各層それぞれ 17, 42, 92 回で突き固めを行っている。その後、吸水膨張試験と貫入試験を行った。

2-3 固化材の併用効果における検討

本検討では、FNS 混合土のさらなる強度改善を行うことを目的に、高炉セメントを用いて改良した混合土の路盤材としての適用性の把握を行った。セメント混合土の締固め特性は、修正 CBR 試験を行い評価した。表-2 に実験条件を示す。本実験では、20°C一定の恒温室内で3日間気中養生した後4日間水浸養生を行い、貫入試験を実施した。

表-2 実験条件(固化材添加時)

土質試料	含水比 w (%)	セメント添加率 C (%)	養生日数 t (日)
まさ土単体	最適含水比	3	気中:3日 水浸:4日
FNS混合土 (FNS:まさ土) 1:2			
FNS混合土 (FNS:まさ土) 1:1			
赤土単体			
FNS混合土 (FNS:赤土) 1:3	最適含水比	5	気中:3日 水浸:4日
FNS混合土 (FNS:赤土) 1:2			

3. 実験結果及び考察

3-1 コーン指数試験結果 図-2 にコーン指数試験結果を示す。FNS に土質材料を混合し、粒度改善をすることでコーン指数が増加していることが分かる。また、本実験で得られた結果よりダンプトラックの走行に必要なコーン指数($q_c=1.2\text{MN/m}^2$)をいずれの条件を満たしていることが分かる。

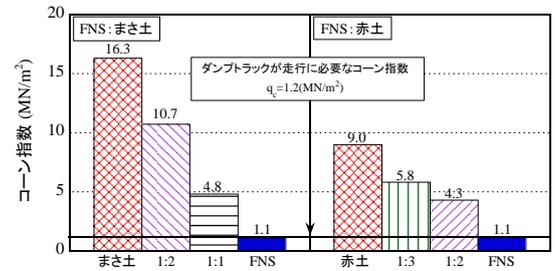
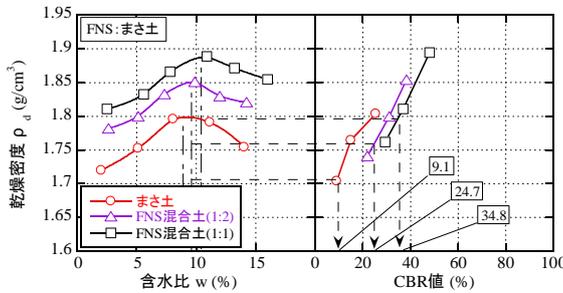
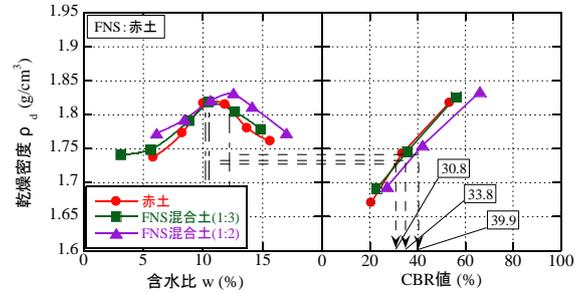


図-2 コーン指数試験結果

3-2 修正 CBR 試験結果 図-3 に各混合比における修正 CBR 試験結果を示す。各土質材料における締固め曲線に着目を見ると、いずれも土質材料の混合量を増加させること



(a) FNS+まさ土



(b) FNS+赤土

図-3 修正 CBR 試験結果

で FNS 混合土の最適含水比(w_{opt})と最大乾燥密度(ρ_{dmax})は、低下傾向を示していることが分かる。図-4 に締固め度 95%における各試料の修正 CBR 値を示す。土質材料単体のまさ土及び赤土の修正 CBR 値は 9.1%, 30.8%である。これに対し、FNS 混合土は、土質材料の混合量を減少させることで修正 CBR 値は増加傾向を示している。これは、FNS 主体の材料になることで CBR 値が増加したことが考えられる。また、図-2 に示すコーン指数試験結果と異なり、修正 CBR 試験において土質材料の混合量を減少させることで CBR 値の増加が見られた。これは、コーン貫入試験と異なり、貫入試験前に 4 日間水浸させたことにより、土質材料が強度低下を起こしたことが理由と思われる。このことを考えても FNS の混合量を増加させることは、現場適用時の地下水等の影響においても力学的な優位性が得られるが示唆される。このように、FNS に土質材料を混合し、粒度改善することにより、締固め効果が期待できることが示された。また、舗装材料の規定⁴⁾よりまさ土を混合した FNS 混合土(1:2)を除き、下層路盤材としての適用性は可能であることが明らかになった。

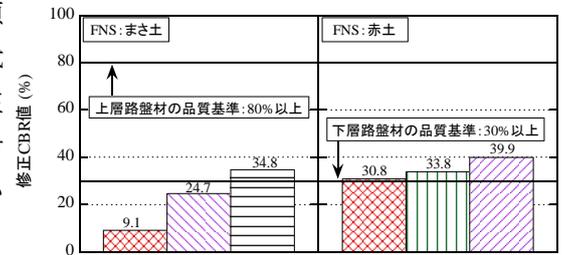


図-4 締固め度 95%における修正 CBR 値

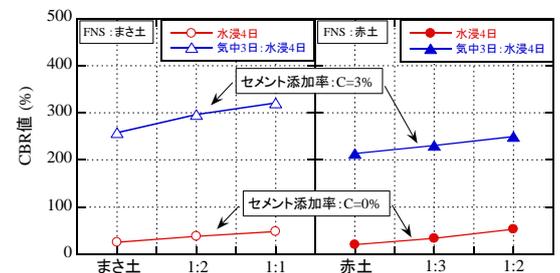


図-5 FNS 混合率と CBR 値の関係

3-3 固化材の併用効果における締固め特性の把握 図-5 にセメント添加率の有無における締固め回数 92 回における CBR 値を示す。本実験では、セメント添加率 5%では、貫入量 2.5mm 未満で試験装置の限界荷重を超えたことから 3%のみを記載する。セメント添加した供試体においては、僅か 3 日間の気中養生させることにより FNS 混合土の固化効果により約 10 倍程度の強度増加することが分かる。このことから、路盤材としての FNS 混合土に固化材を用いた場合、時間経過とともに CBR 値の増加が示唆され、FNS の有効利用の適用拡大が期待できる結果となった。

4. まとめ 1)単一粒径である FNS に粒径幅を持つ土質材料を混合したことで、締固め特性が改善され、下層路盤材への利用可能が示唆された。2)FNS 混合土に固化材を混合することで材料強度が増加し、FNS の有効利用をする上において適用拡大の可能性が期待できる結果が得られた。

謝辞：本実験で用いた FNS は(株)日向製錬所から提供されたものです。関係各位に心より感謝申し上げます。

【参考文献】1) 庄嶋芳卓・秋葉正一・加納陽輔・井真宏：産業副産物の微粉末を用いた路床改良材に関する研究，土木学会論文誌 EI(舗装工学)，Vol.68, No3(舗装工学論文第 17 卷)，ppI_89-1-I_98, 2012, 2) 福味尊・佐藤研一・藤川拓朗・古賀千佳嗣：フェロニッケルスラグ混合土の強度・変形特性，第 12 回環境地盤工学シンポジウム，pp189-192, 2017 3)日本道路協会：舗装施工指針，p165, 2001 4) 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