

フェロニッケルスラグ混合土の路床・路盤材への適用性の検討

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

株式会社日向製錬所 亀井 一成

1. はじめに 非鉄金属の一種であるフェロニッケルスラグ(以下、FNS)は、建設資材として土壤環境基準を十分に満足していることから、土木資材として利用されている¹⁾。しかし、土木材料として有効利用が十分にされていない現状である。したがって、FNSの土木分野における有効利用拡大は、今後求められる重要な課題である。著者らは²⁾、これまでにFNSが単一粒径であることに着目し、FNSに対して粒径幅の広い太宰府まさ土を一定の割合で混合する(以下、FNS混合土)ことで粒度及び締固め特性の改善対策を行い、材料特性の把握を行った。その結果、混合比をFNSの重量比1に対し、まさ土を3倍以上混合することで乾燥密度の増加が見られ、締固め特性が改善されることを明らかにしている。そこで本報告では、FNSと太宰府まさ土の混合比を1:3、1:4にしたFNS混合土の路床・路盤材の適用に向けた修正CBR試験を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験に用いた試料 土質試料には水砕粒状化したFNSに福岡県太宰府市から採取したまさ土(以下、太宰府まさ土)を所定の割合で混合した。本実験では、FNSと太宰府まさ土の混合比を、FNSの乾燥重量に対し、1:3、1:4及び太宰府まさ土単体の3パターンにより検討を行った。写真-1にFNS混合土(1:4)の外観図を示す。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。太宰府まさ土を混合することでFNSと比べ、僅かであるが粒径幅が広がっている。また、いずれのFNS混合土においても太宰府まさ土単体と比較すると、スラグの粒子密度が大きいことが確認された。

2-2 実験条件及び実験方法 突固めによる土の締固め試験方法(JIS A 1210)に準じ、E-b法にて行った。所定の含水比に調整した試料を、3層92回に分けて突き固め供試体を作製し、実施した。また、路床・路盤材としての適用性の把握を行うため、修正CBR試験(JIS A 1211)を行い、締固め度95%に締固めた修正CBR値により検討を行った。表-2に実験条件を示す。供試体作製はE-b法で求めた最適含水比で試料の含水比調整を行った上で、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い、表-3に示す材料規定にて、評価を行った。

3. 実験結果及び考察 図-2に各混合比における修正CBR試験結果を示す。左図に示す締固め曲線に着目をする、太宰府まさ土単体と比べる



写真-1 FNS混合土(1:4)

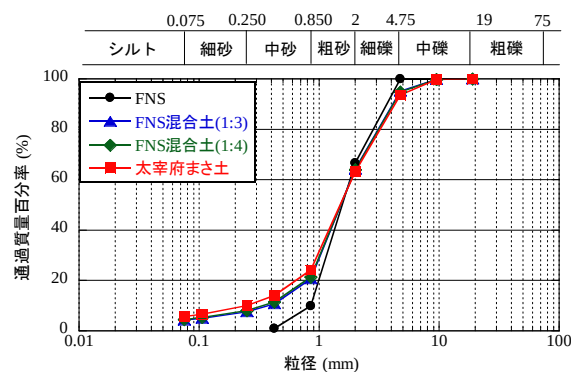


図-1 粒径加積曲線

表-1 物理特性

土質試料	土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	均等係数 U_c	曲率係数 U_c'	細粒分含有率 F_c (%)
FNS	2.994	2.31	1.03	0.00
FNS混合土(1:3)	2.732	4.95	1.39	4.280
FNS混合土(1:4)	2.714	5.79	1.55	4.56
太宰府まさ土	2.644	7.80	1.93	5.70

表-2 実験条件

土質試料	含水比 w (%)	突き固め回数 (回)	最大粒径 (mm)	供試体個数 (個)
FNS混合土(1:3)	最適含水比	17	9.5	3
FNS混合土(1:4)		42		
太宰府まさ土		92		

表-3 修正CBRに関する材料規定

機関	日本道路協会	東・中・西日本 高速道路(株)	鉄道総合 研究所
区分	一般道路	高速道路	鉄道舗装
路盤	上層	80%以上	80%以上
	下層	アスファルト舗装 30%以上 コンクリート舗装 20%以上	アスファルト舗装 30%以上
路床	上層	-	10%以上
	下層	-	5%以上

キーワード フェロニッケルスラグ, 修正CBR試験, 路床・路盤材

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部 TEL092-871-6631(ext. 6464)

と最適含水比(w_{opt})は小さくなっていることがわかる。また、最大乾燥密度(ρ_{dmax})を見ると、FNS を混合することで最大乾燥密度が減少している。一方、修正 CBR 試験結果から、太宰府まさ土単体と比べ、FNS 混合土はいずれも CBR 値が小さくなっている。また、FNS の混合割合が多くなることで含水比の変化に伴い、締固め密度が影響を受けないことから締固め回数の増加に伴った CBR 値の変化が見られなかった。図-3 に締固め度 95%における各試料の修正 CBR 値を示す。太宰府

まさ土の締固め度 95%における修正 CBR 値は 35.4%となり、最も高い値を示している。しかしながら、FNS の混合率の増加に伴い、修正 CBR 値が減少する傾向にあることがわかる。FNS に太宰府まさ土を混合したことで、粒度は改善されたものの、いずれの条件においても上層及び下層路盤材としての利用は困難な材料であることもわかる。一方、路床においては各層における利用が可能であることが示唆された。これは、太宰府まさ土が砂分中心の材料であり、路盤材として適用可能な粒度改善につながっていないことが理由と考えられる。図-4 に締固め回数と水浸時の膨張比との関係を示す。FNS 混合土に着目

をすると、いずれの回数においても膨張しないことが分かる。これは FNS が一般的に鉱物やガラス質から構成されており、CaO や MgO が単独で存在しないことが考えられる¹⁾。したがって、舗装材料として FNS 混合土は、膨張性が見られずその適用に一定の可能性が示された。本実験では、修正 CBR 試験後に各回数ごとにおける粒度試験を実施し、破碎性の評価を行った。図-5 に締固め回数と細粒分含有率の関係を示す。いずれの試料においても締固め回数の増加に伴い、細粒分が増加していることが分かる。次に、各締固めによって生じる粒子破碎の影響を Marsal の B_M 法⁴⁾にて、

粒子破碎率を評価した。図-6 に締固め回数と粒子破碎率 B_M の関係を示す。各回数に応じた破碎量が増加傾向を示した。しかしながら、いずれの結果においても FNS を混合することで太宰府まさ土単体での破碎を低減させ、締固め後の破碎を抑制していることが分かる。これは、太宰府まさ土で形成される供試体内の僅かながらの礫質の部分に生まれる空隙内に砂分が多い FNS 粒子を混合したことで粒子破碎を低減させたことが要因だと考えられる。

4. まとめ 1)単一粒径のため締固め特性が困難である FNS 粒子に対し、まさ土を混合することで、締固め特性を改善でき、水浸時の材料の膨張も見られなかった。また、路床土としての利用可能性が示唆された。2)FNS の混合により破碎を有する土に対しての粒子破碎抑制効果が見られた。

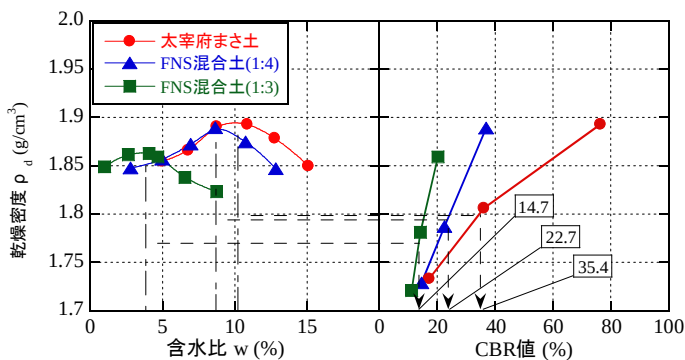


図-2 修正 CBR 試験結果

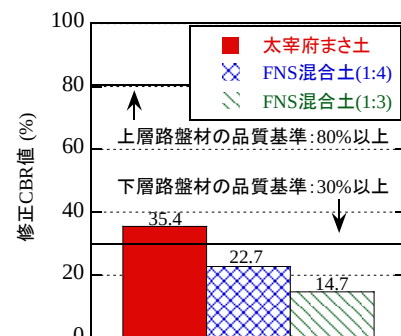


図-3 締固め度 95%における修正 CBR 値

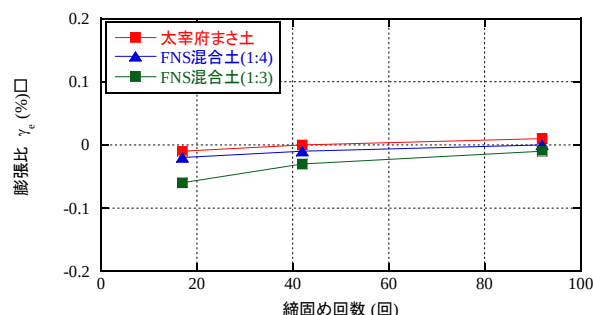


図-4 締固め回数と膨張比の関係

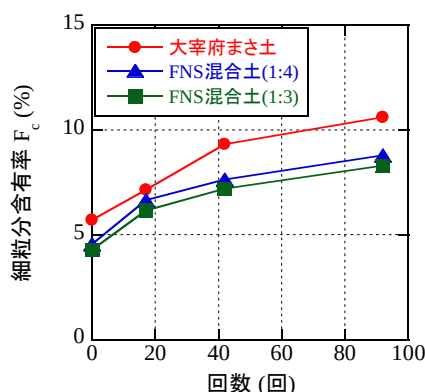


図-5 締固め回数と細粒分含有率の関係

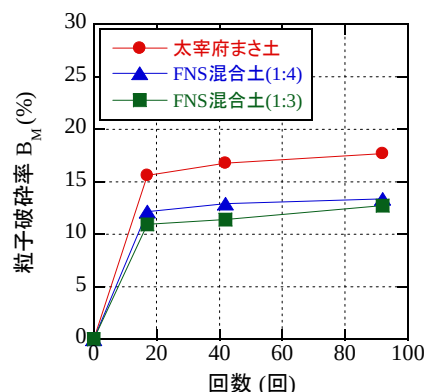


図-6 締固め回数と粒子破碎率の関係

【参考文献】1)財団法人沿岸技術センター：港湾・空港工事における非鉄スラグ利用技術マニュアル，2015.4.

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材料特性，平成 28 年度土木学会西部支部研究発表会，Ⅲ-7，2018.03 3)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 4)石井武美：粒子破碎の表示尺度のもつ物理的意義，土質工学会論文報告集，Vol.29，No.4，pp.155-164，1989.12.