

微粒フェロニッケルスラグの土工材料としての有効利用に関する研究 (その2) 汎用土工機械による現場転圧特性に関する検討

日本冶金工業(株) 正会員 ○安田 智弘 日本冶金工業(株) 非会員 館農 昇
前田建設工業(株) フェロ-会員 石黒 健 立命館大学 フェロ-会員 建山 和由
立命館大学 正会員 横山 隆明 立命館大学 学生会員 蜂谷 興起

1. はじめに

ニッケル鉱石からステンレスの原料となるフェロニッケル (Fe-Ni) ルッペを、日本冶金工業(株)大江山製造所のロータリーキルンで製錬する際、副次的にフェロニッケルスラグが発生する。これまでフェロニッケルスラグは、アスファルト混合材、コンクリート細骨材、埋立材やケーソン中詰材に利用されている。このフェロニッケルスラグは、生産過程で粒度調整され、粒径 $75\mu\text{m}$ 以下を 90%以上含む微粒状のフェロニッケルスラグ (以下、BFNS) が発生する。BFNS は、化学的に安定しており、これまで造成材や窪地の埋戻し材に利用されてきた。近年、BFNS については、土工材料としての有効利用に関する研究が進められている¹⁾。本研究では、その一環として、汎用土工機械で BFNS を薄層撒き出し、転圧した際の現場締固め特性について、現場転圧試験により検証した結果を報告する。

2. 現場転圧試験に用いた材料と試験内容

BFNS を土工材料として有効利用する際の参考データを収集する目的で、現場転圧試験を実施した。転圧機械は現場での手配やレンタルが容易且つ安価な汎用土工機械として、パワーショベル (BH) を用いた。使用した材料は、現場搬出時の含水比 23.8% (湿潤側) およびやや乾燥させた含水比 19.5% (乾燥側) の含水比の異なる 2 種類の材料を使用した。尚、両者は生産時期がほぼ同じであり、含水比以外の物性値に大差は無い。図 1 に転圧試験ヤードの概要を示す。基盤 BFNS は事前に BH で入念に転圧しておき、その上に BH を使い BFNS を約 30cm 撒き出した。転圧試験は撒き出した BFNS の上を、所定の回数、BH で転圧した。転圧 1 回～8 回までは 0.45m^3 級 BH を使用し、次に 9～16 回までは 0.7m^3 級 BH を用いて追加転圧を行った。

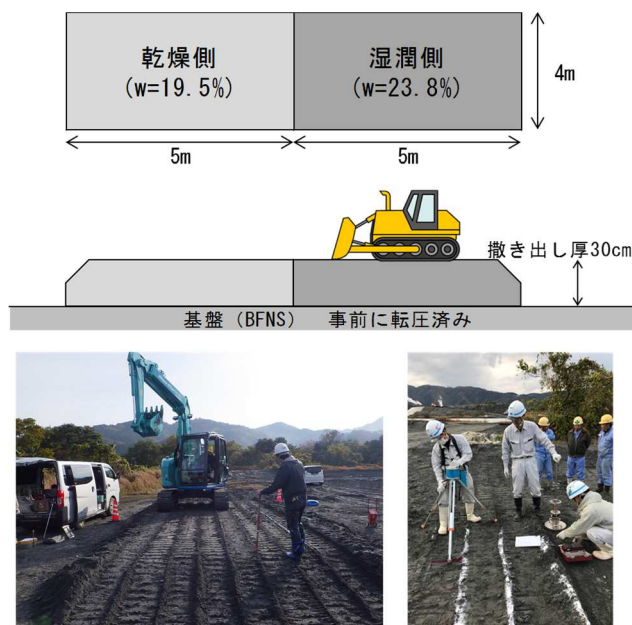


図 1 転圧試験ヤードの概要

3. 試験結果および考察

図 2 に地表面沈下・乾燥密度と転圧回数の関係を示す。転圧初期段階には沈下量、密度ともに大幅に増加している。転圧回数の増加に伴い沈下量および乾燥密度も直線的に増加するが、転圧 14 回をピークに乾燥密度は上限を示した。図 3 に転圧回数毎の含水比と乾燥密度の変化、および 1Ec 室内締固め曲線との関係を示す。転圧回数に伴い乾燥密度が増加し、乾燥側と湿潤側の乾燥密度はともに、密度比 D 値で 80～90%に至る結果となった。また、図 4 にコーン指数と転圧回数の関係を示す。コーン指数はダンプトラック走行可能限界 ($>1200\text{kN/m}^2$) を転圧早期においてクリアし、BFNS が軟弱地盤上の重機走行性確保等の目的で十分に使用可能

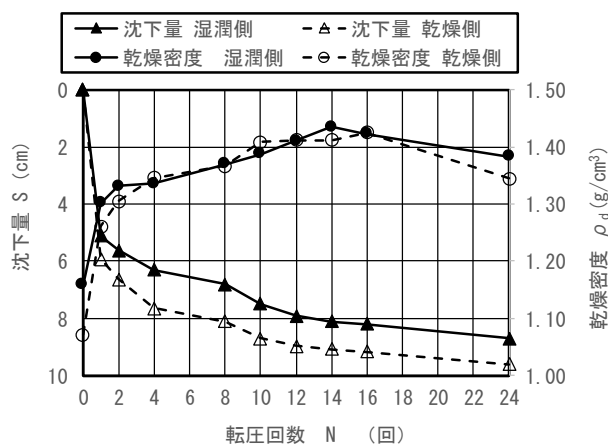


図 2 地表面沈下・乾燥密度と転圧回数の関係

キーワード フェロニッケルスラグ、現場転圧試験、コーン指数、地盤反力係数、キャスポル、FWD
連絡先 〒629-2251 京都府宮津市字須津 413 TEL0772-46-2421

と判断された。結果的に転圧回数8回で、湿潤側、乾燥側ともに同等の 3000 kN/m² に達し、以降は人力での貫入は不能となった。図5に現場 CBR 値と転圧回数の関係を示す。転圧回数に伴い現場 CBR 値は直線的に増加しており、転圧回数 16 回で現場 CBR 値は 15% となった。図6に FWD で測定した地盤反力係数と転圧回数の関係を示す。転圧初期段階では、乾燥側の方が高い値を示し、順調に増加した。一方、湿潤側は転圧初期段階では地盤反力係数の増加は少なく、転圧回数を重ねると増加し、結果的に乾燥側と同程度の値を示した。乾燥側の含水比が最適含水比に近い(図3参照)ことから、乾燥側の方がやや適度な締固め性を示したと思われる。同様にキャスポルでも地盤反力係数を測定したが、このような傾向は同様であった。

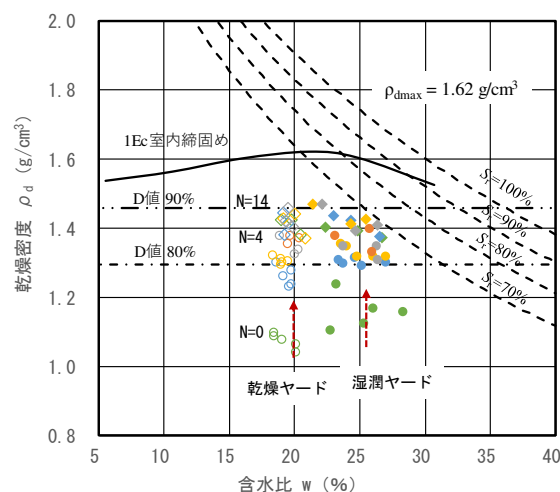


図3 含水比と乾燥密度の関係 室内締固め試験との比較

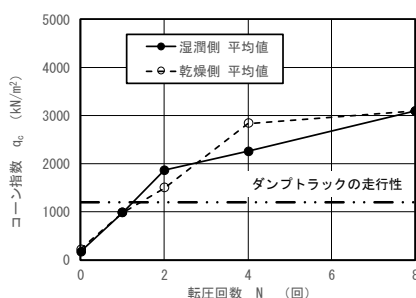


図4 コーン指数と転圧回数の関係

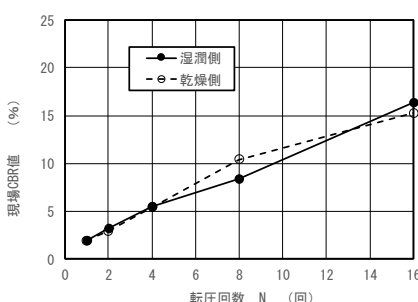


図5 CBRと転圧回数の関係

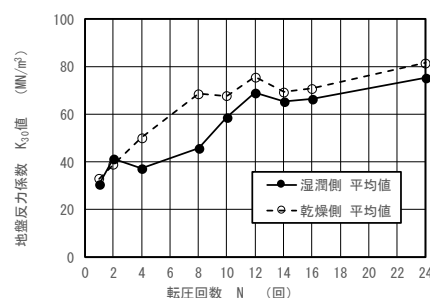


図6 地盤反力係数と転圧回数の関係

本実験では、BFNS を用いた土地造成時等の現場品質管理用データの取得を目的として、簡易なキャスポルを併せて実施し、Ia 値と CBR や地盤反力係数との関係を検証した。図7に Ia 値から換算した CBR 値と現場 CBR 値の関係を示す。両者には高い相関性が確認出来た。BFNS は工場生産品であるため、粒度のばらつきが非常に小さい特性を持つため、本相関式を用いて、キャスポルにより転圧地盤の締固め状況を確認することが可能となる。同様に、Ia 値から換算した地盤反力係数 K₃₀ 値と FDW 値から得られた実測地盤反力係数 K₃₀ 値との関係も検証したが、やはり高い相関性が確認出来、キャスポルによる現場転圧地盤の締固め状況把握が可能であることが明らかとなった。

4. おわりに

本実験では、BFNS を汎用土工機械で転圧するだけで早期に十分なトラフィカビリティを確保できることが確認出来た。今回は汎用土工機械を用いたが、本格的な振動ローラなどの転圧重機を使用すると、今回よりもより高い締固め効果が期待される。また、簡易なキャスポルを用いた転圧地盤の締固め状況の把握も可能であることが確認出来たため、今後は、実施工現場での施工管理に際して、その適用性を検証していきたい。

【参考文献】

- 1) 石黒等, フェロニッケルスラグの有効利用に関する基礎的検討(その2) 土工材料としての基本力学特性について, 第73回学会年次学術講演会投稿, 2018.

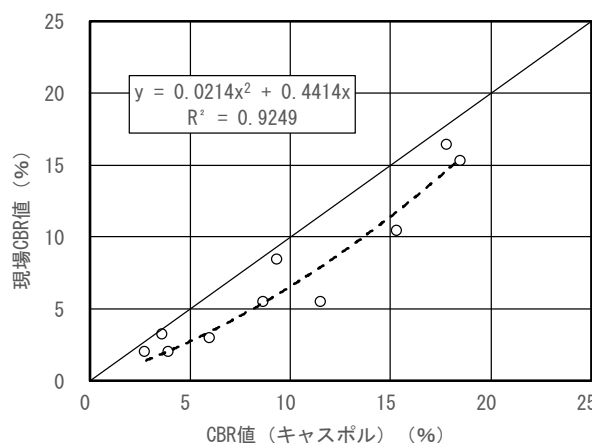


図7 キャスポル換算の CBR 値と現場 CBR の関係