

徐冷フェロニッケルスラグの 地盤材料についての基礎的特性

八戸工業大学 学生会員 ○佐藤 崇
八戸工業大学 正会員 金子 賢治
八戸工業大学 フェロー会員 熊谷 浩二

1. はじめに

八戸ではステンレスの原料となるフェロニッケルを精錬する際の副産物であるフェロニッケルスラグ(写真-1)が年間130万トン発生する。徐冷フェロニッケルスラグについては、ケーソンの中詰め材・路盤用資材として一部利用されているが、利用方法の拡大が望まれている。また、¹⁾フェロニッケルスラグは国内で3カ所のみで発生し、八戸が最大の発生地域であり、八戸での研究が有効利用を進める上で不可欠である。本研究においては、徐冷フェロニッケルスラグを地盤材料、特に砂の代替材として有効に利用することを目指して、基本的な物性について実験的に検討する。また、一般に土木資材として使用される砂との比較を行って、徐冷フェロニッケルスラグの特徴・利点を見だし、今後の適用範囲の拡大に対するデータを蓄積することを目的とする。

2. 実験概要

(1) 環境負荷特性と化学特性

本研究では、自然材料ではないフェロニッケルスラグを対象とするため、自然環境への負荷が小さいことが大前提である。したがって、地盤材料の代替としてフェロニッケルスラグを使用したときの地盤中への環境汚染物質溶出量等の環境負荷について文献等を調査する。

(2) 物理特性

基礎的な物理的特性²⁾を把握するために、土粒子の密度試験(JIS A 1202:2009)、粒度試験(JIS A 1204-

2009)、砂の最小密度・最大密度試験(JIS A 1224:2009)などを実施して検討する。

(3) 力学特性等

基礎的な力学特性等の把握するために、土の締固め試験(JIS A 1210:2009)、CBR試験(JIS A 1211:2009)、三軸圧縮試験(JGS 0524:2009)、土の透水試験(JIS A 1218:2009)等を行って、安定化・せん断強度・透水性などの特性について検討する。

(4) 実験に使用した試料

平成22年6月に大平洋金属株式会社において製造された徐冷フェロニッケルスラグ-5mmを使用して実験を行った。なお、フェロニッケルスラグは、原料となる原石の成分等により若干性質が異なる可能性があり、粒度についても破砕機の特性に依存する部分もある。したがって、本研究で行った実験の結果がフェロニッケルスラグの性質を普遍的に表すものではない。

3. 室内試験結果

(1) 環境負荷特性と化学特性の把握

徐冷フェロニッケルスラグの土壌汚染に係る環境基準については、環境庁告示第46号に示されている分析試験の方法に従って分析をしている。含有量試験は、環境省告示第19号に示される分析方法により実施し、基準値については、土壌汚染に係る指定基準を定める環境省令第29号の値と比較した。徐冷フェロニッケルスラグは、いずれの項目についても基準値を下回っており、地盤材料として使用可能であり、環境負荷もそれ程大きなものではないと言える。

化学特性試験結果は表-1に示す。pHが9.2とアルカリ性であった。これは、自然土と比較すると高い方である。電気伝導率については、19.7mS/mであり、一般の土と比較すると大きい値を示している。電気伝導率は電解質濃度を表しているが、自然土の中でも沖積粘土や泥岩等で100mS/m以上の値を示す場合もある²⁾。強熱減量は0.04%となり、自然の土でも強熱減量が少ないしらすやまさ土の1.6~3.5%に比べても非常



写真-1 徐冷フェロニッケルスラグ -5mm

Key Words: フェロニッケルスラグ, 副産物の有効利用

〒031-8501 青森県八戸市妙字大開 88-1 八戸工業大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL: 0178-25-8066

表-1 化学特性試験結果

pH 値	9.2
電気伝導率	19.7mS/m
強熱減量	0.04%

表-2 物理特性試験結果

土粒子の密度	3.21g/cm ³
粒度試験	礫分 35.8%
	砂分 54.0%
	シルト・粘土 10.2%
	最大粒径 9.0mm
	均等係数 20.0
	曲率係数 0.41
最小密度	1.86g/cm ³
最大密度	2.21g/cm ³

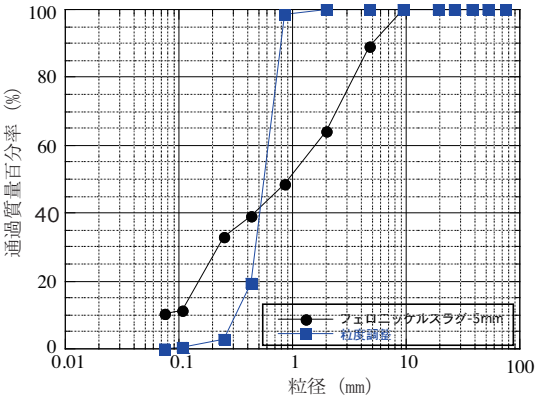


図-1 粒度試験結果

表-3 試験結果一覧

締固め試験	最大乾燥密度	2.39g/cm ³
	最適含水比	7.23%
CBR 試験	設計 CBR 値	89%
	修正 CBR 値 (締固め度 95%)	68%
透水試験	透水係数	1.04 × 10 ⁻¹ cm/s
三軸圧縮試験 CD	内部摩擦角	26.4°
	粘着力	0.16kN/m ²

に少ないということが確認できた。したがって、徐冷フェロニッケルスラグには有機物がほとんど含まれていないものと考えられる。

(2) 物理特性の把握

土粒子の密度試験、砂の最大・最小密度試験、粒度試験の結果を表-2に示す。また、図-1には本研究で使用した徐冷フェロニッケルスラグの粒径加積曲線を示す。土粒子の密度は3.21g/cm³となっており、一般的な土粒子の密度と比べて大きい値となっている。また、高炉水砕スラグにおいても2.6~2.9g/cm³といった報告があり、これと比較しても大きい密度を示している。粒度特性としては、今回使用した試料については、粒径が広い範囲にわたって分布する(粒径幅の広い)締固め特性の良い土に近い傾向を示している。また、粒径幅が比較的広いこともあり、最小密度と最大密度の幅が大きい。

(3) 力学特性等の把握

力学特性実験結果を表-3に示す。締固め試験の結果、徐冷フェロニッケルスラグの最適含水比は7.23%であり、一般的な砂質土と同様であるが、最大乾燥密度は2.39g/cm³となり非常に大きい値となっている。これは、土粒子の密度が3.2g/cm³と大きいためと、粒度分布が比較的良く、締固め特性が良いためと考えられる。設計 CBR 試験では、一般的に碎石が70%以上となっており、碎石と同程度の CBR 値を示していることがわかる。また、締固め度95%で修正 CBR 値は68%となり、一般的な砂利や切込み砂利の20~60%と比較して大きい値を示している。なお、今回用いた徐冷フェロニッケルスラグにおいては、締固め特性が良いため、締固め回数17回の場合にも締固め度90%以上となっている。したがって、低い締固めエネルギーで大きな

CBR 値を得ることができるため、締固めの施工管理に際してはより大きい締固め度で行うことが可能であると考えられる。透水係数については0.1cm/s程度となり、一般的な砂や礫と同程度であることがわかった。圧密排水三軸圧縮試験により、求めた徐冷フェロニッケルスラグ-5mmの内部摩擦角は26.4°となった。通常の砂質土と比較して、せん断強さが大きいと言える。これは、粒子が角張っているため等の理由が考えられる。

4. おわりに

本研究では、徐冷フェロニッケルを自然砂の代替材として利用することを目指して基本的な化学特性・物理特性・力学特性の確認を行った。環境負荷特性については、一連の環境基準を下回っており地盤材料としての利用可能性を確認することができた。締固め特性が良いことやせん断強さが大きいこと、透水性が高い事などが確認された。徐冷フェロニッケルスラグは工業製品であり、成分や粒度の調整が可能であり、用途・目的に合わせて製造することで砂の代替材として利用できると考えられる。また、特に、土粒子の密度が大きいという特徴を活かして、例えばサンドマット等に利用できる可能性がある。今後、これらの特徴を生かした具体的な利用方法について検討を進めたい。

参考文献

1) 社団法人 地盤工学会：高炉水砕スラグの地盤工学的利用促進に関する研究委員会報告書，平成22年4月。
2) 社団法人 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009。