

III-761

微粉フェロニッケルスラグの土質改良特性に関する研究

前田建設工業(株) 正 山本 達生 正 小口 深志 正 高橋 和夫 日本冶金工業(株) 松森 豊己

1. はじめに

フェロニッケルスラグは、ニッケル鉱石を製錬する過程で副産物として多量に生じる。日本冶金工業(株)大江山製造所ではこの内、粗粒分についてはコンクリート用骨材としてJISにも規定され活用しているが、微粉末につ

いては埋立処分している。表-1に日本冶金工業(株)大江山製造所より産出された微粉フェロニッケルスラグ(以下、FNSと略す。)の物性と、化学組成の調査結果を示す。同表によると、コンスタン特性は非塑性であること、高炉スラグ、石炭灰と比較するとMgO、SiO₂に富み、少量ではあるがAl₂O₃、CaOを含有している。また、アルカリ下でのMgイオンの溶出が無いこと、Siイオンが溶出することが確認された。以上より、FNSは建設資材の内、土質改良材として有効利用できるのではないかと推測されたため、次のような検討を行った。

①ボゾラン反応性の有無。

②土質材料に混合した場合の強度発現性。

2. 実験方法

① ボゾラン反応性の確認実験として消石灰(以下、LHと略す。)とFNS、水の配合比を変化させ、土質工学会基準(JSF T 821-1990)に準じた方法で供試体を作成した。配合を表-2に示す。供試体は恒温恒湿状態で所定の日数養生後、土質工学会基準(JSF T 511-1990)に準じた方法により一軸圧縮試験に供した。また、供試土のSEM観察、X線回析、細孔径分布測定によりボゾラン反応性の確認を行った。

② 今回の実験では、土質材料としてコンスタン特性等が両極端な粘土であるカオリン、ベントナイトを使用することとした。(配合は、図-3中の凡例を参照。)表-3に供試土の物性を示す。土質改良材として低含水土にはLHとFNSを、液性限界付近の含水比の土には普通ボゾラメント(NP)とFNSを使用して、①と同様な実験方法により一軸圧縮試験に供することで、FNSを土質材料に混合した場合の強度発現性の確認実験を行った。

3. 結果

①ボゾラン反応性

図-1にFNSにLH、水を添加してFNSのボゾラン反応性の有無を、一軸圧縮試験により検討した実験結果を示す。これによると、供試土の含水比が同一の線上において、初期材令(7日材令)では一軸圧縮強さはLHの富む配合領域で最大値を示すが、長期材令(91日材令)では、最大値がFNSの富む配合領域に移行していることが判明した。さらに、一軸圧縮強さも経時的に増大していく傾向が認められた。しかしながら、FNSと水のみによる配合のケースにおいては一軸圧縮強さの経時的な変化は認められなかった。次に、FNSの配合を最大(FNS:LH:WATER=50:25:25[w/w%])としたケースにおける改良土の細孔径分布の経時変化を図-2に示す。同図によると、初期材令の細孔径分布は1[μm]付近に集中して

表-1 FNSの物性および化学組成

土粒子の密度 (g/cm ³)			成分比 [%]			アルカリ下での 溶出性 [%]※			
3.10～3.14									
成分名	FNS	高炉スラグ	石炭灰	成分名	FNS				
粒 礫分 (2000 μm以上) (%)	0.0			SiO ₂	53.4	32.6	50～60	Si	1.9E-1
度 砂分 (75～2000 μm) (%)	1.6			FeO	8.1	4.0	3～6	Fe	1.3E-3
特 沸水分 (5～76 μm) (%)	85.1			Al ₂ O ₃	2.3	15.8	20～30	Al	9.0E-3
性 粘土分 (5 μm以下) (%)	13.2			CaO	5.4	44.0	2.0～4.5	Ca	6.8E-4
コンパス 液性限界 wL (%)	NP			MgO	28.7	3.9	1～2	Mg	0.0E+0
コンパス 塑性限界 wp (%)	NP								
特性 塑性指数 Ip (%)	NP								

※アルカリは、0.5N-NaOHを使用し、FNSの重量百分率で表示。

表-2 ボゾラン反応性確認実験配合表

FNS	LH	Water
[w/w%]	[w/w%]	[w/w%]
0	75	25
25	50	25
37.5	37.5	25
50	25	25
75	0	25
0	60	40
20	40	40
30	30	40
40	20	40
60	0	40

表-3 供試土の物性

名称(採取場所等)	カオリン	ベントナイト(豊順浅間#300)
略称	KAO	BT
土粒子の密度(g/cm ³)	2.727	2.638
粒度	0	0
度	0	0
特	44	59
性	56	41
コンスタン	51	370
特性	28	45
	23	325
陽イオン交換容量(CEC)(me/100g)	7.2	91.6

いるが、材令の経過とともに細孔径の分布が小さくなる傾向が認められた。これは、生成された水和物が間隙構造を細化していることが主因であると思われる。一方で、本報告では図示していないがFNSを添加していないケースでは、上記のような材令にともなう細孔径分布の変化は認められなかった。さらに、X線回折分析、SEM観察により、加減シリケート系等の水和物態が確認されたことから、FNSはポゾラン反応性を有していると判断した。

②土質材料に混合した場合の強度発現性

結果を図-3に示す。Case-1の内、LH添加量を一定にし、FNS添加量を変化させたケースでは、FNS添加量の増加に伴い一軸圧縮強さは増大する傾向が認められた。添加した土質改良材の総量を一定としたケースにおいては、供試土の一軸圧縮強さはほぼ同一となったことより、FNSはLHの添加量を低減する効果を有する材料であることが判明した。Case-2においては、FNS添加量の増加に伴い一軸圧縮強さが増大する傾向が認められた。Case-3, 4においては、FNS添加量の増大に伴う一軸圧縮強さの増大の傾向は特に認められなかった。すなわち、FNSはカリンのように活性の小さい土に対しては、強度発現への寄与が顕著となるが、ベントナイトのように活性の大きな土に対しては、FNSのポゾラン反応性が土の活性に隠れる傾向がある。

4. 結論

以上により、次に示すことが明らかとなった。

- ① FNSは、ポゾラン反応性を有している。
- ② FNSは、カリンのように活性が小さい土に対しては、一軸圧縮強さの発

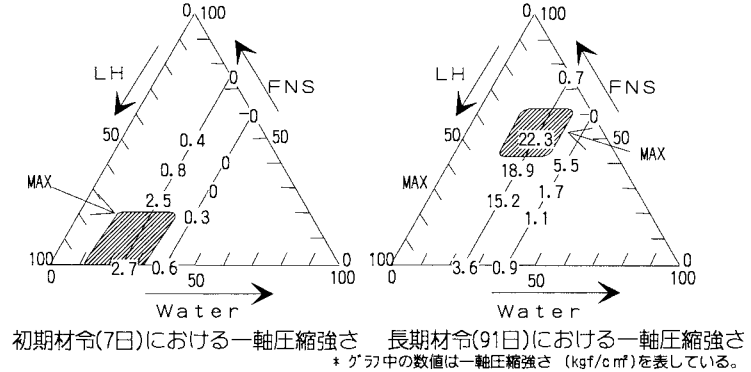


図-1 FNSのポゾラン反応性確認実験（一軸圧縮試験）

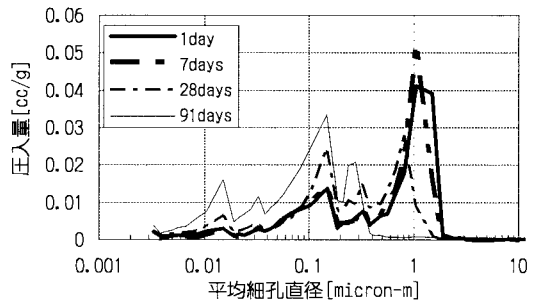


図-2 細孔径分布の経時変化

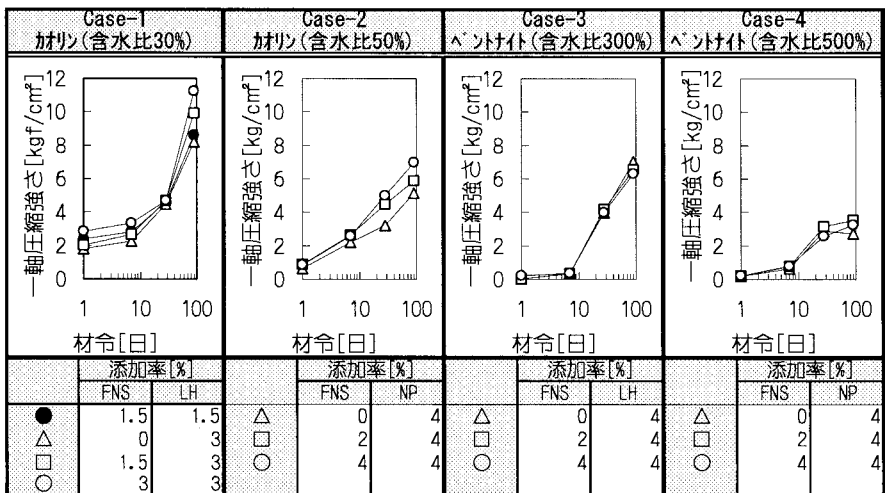


図-3 含水比調整したカリン、ベントナイトに対するFNS添加効果

現に効果的に作用する。したがって、FNSは土質改良材の添加材として有効利用できる可能性があると判断する。また、FNSが非塑性であることやポゾラン反応性を有することから、FNSに少量の固化材を混入させて流動化埋め戻し材や、盛土材等の土構造物材料とすることも考えられる。