

Ⅲ - 768

石炭灰を用いた深層混合処理工法の配合と改良土の工学的特性について

電源開発株式会社 正会員 伴 一彦

電源開発株式会社 正会員 浅野潤一

運輸省港湾技術研究所 正会員 高橋邦夫

1. まえがき

現在、我が国において電気事業と一般産業を合わせて年間約600万トンの石炭灰が発生しており、これが西暦2000年には約1000万トンを上回るものと推定されている。灰捨場の確保が困難になりつつある状況で、今後倍増する石炭灰に対処するためには有効利用拡大が重要課題である。

本報告では石炭灰(F)と排脱石こう(G)およびセメント(C)の3種(FGC)混合スラリーを深層混合処理工法に適用する場合の配合の留意点及び改良土の工学的特性について室内配合試験結果および現場施工試験結果に基づいて報告するものである。

2. 試験概要¹⁾

1) 改良対象土の性質

川崎市東扇島地区の粘性土を対象に改良を行った。改良対象土の物理試験結果を表-1に示す。

2) 使用材料

使用材料は普通ポルトランドセメント、電源開発㈱竹原火力3号機（海外炭専焼）産の豪州フルール炭フライッシュ（粗粉）、同竹原火力1号機（国内炭専焼）の排脱石こうを使用した。使用材料の物性を表-2に示す。

3) 試験配合

現場施工試験の配合ケースを表-3に示す。表-3のFGC配合比はF:G:Cの乾燥重量比を、添加セメント量は粘性土1m³に対するセメント添加量を示す。

3. 結果および考察

1) 室内配合試験

図-1に添加セメント量と一軸圧縮強度関係を示すが、セメント添加量60～180kg/m³の範囲で発現した一軸圧縮強度は、CDMで10～55kgf/cm²程度であるのに対し、FGCでは2～25kgf/cm²程度の低強度も含めた幅広い強度が得られることがわかった。

図-2に材令（2年まで）と一軸圧縮強度関係を示す。図中凡例のFGC13は、F:G:C=10:1:2をFGC17は、F:G:C=10:1:6を示す。FGC及びCDMの富配合（セメント添加量110kg/m³以上）では、28日から2年までの長期強度が大きく伸びているが、FGCおよびCDMの貧配合（セメント添加量70kg/m³以下）では、

表-1 粘性土の物性

比重	2.64
粒度組成：粘土（%）	58.0
：シルト（%）	35.2
：砂（%）	6.8
含水比（%）	74.88
湿潤密度（tf/m ³ ）	1.563
液性限界（%）	89.6
塑性限界（%）	37.8
一軸圧縮強度（kgf/cm ² ）	0.51
PH	8.0
有機物含有量（%）	4.5

表-2 使用材料

種類	比重	比表面積 m ² /g	平均 粒径 D ₅₀ μm	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	SO ₃ %	lg. loss %
セメント	3.16	3520	—	—	—	—	—	2.3	0.7
フライッシュ	2.18	2420	31.3	65.6	23.6	2.4	4.3	0.2	2.3
石こう	2.33	920	38.4	0.2	0.3	0.1	33.0	42.7	7.7

表-3 試験ケース

安定材種類	FGC	FGC	CDM
水安定材比W/FGC	1.0	1.0	1.0
FGC配合比	10:1:2	10:1:6	0:0:1
添加セメント量kg/m ³	20 40 70	70 110 140	70 110 140

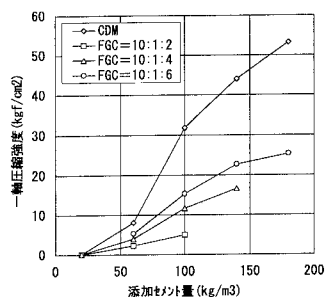


図-1 配合試験結果

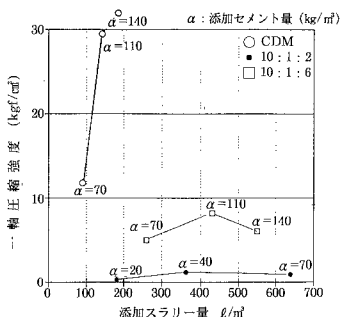


図-3 添加スラリー量とqu

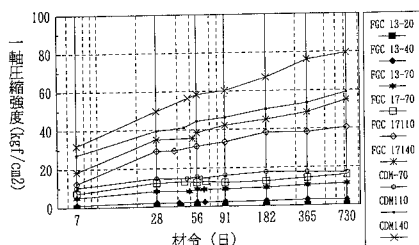


図-2 材令と一軸圧縮強度

28日以降の強度の伸びが小さいことがわかる。

2) 現場施工試験

現場施工試験では、地盤改良施工後にチェックリングを行い、試料を採取して一軸圧縮試験等を実施した。

図-3は、添加スリ-量と一軸圧縮試験結果を示が、CDMでは室内配合試験結果（図-1）同様に添加セメント量に比例して一軸圧縮強度が増加しているが、FGCでは添加セメント量がある値を超えると一軸圧縮強度が低下する傾向を示している。これは、添加セメント量がある値を超えると添加スリ-量が過大となり、地盤からスリ-が吹き出すためにスリ-が土と十分に攪拌されていないためであると考えられる。この現象は、現場から採取したFGC改良体のカルシウム分析結果（図-4）から、一軸圧縮強度が改良体のカルシウム含有率に比例することで説明できる。

図-5は、添加スリ-量と一軸圧縮強度変動係数関係を示す。FGCでは、添加スリ-量の増加とともに変動係数が低下している。また、CDMの低強度改良($q_u=10\text{kgf/cm}^2$ 程度)の変動係数が40%程度であるのに対し、FGC低強度改良($q_u=10\text{kgf/cm}^2$ 以下)ではスリ-吹き出しを考慮しても40%以下の変動係数で十分施工可能であることがわかる。従って、図-3～5の結果を総合的に判断すると、今回の試験条件では実用上の最適添加スリ-量は $250\sim400\text{ l/m}^3$ 程度であると考えられる。

上述のとおり、低強度FGCで効果的な改良をするには添加スリ-量を抑制する必要がある、W/FGC（水・安定材比）の値を抑えることが望ましい。そこで、現場の実機を模擬したFGCスリ-の現場圧送試験を実施し、図-6に示すP-ロ-ト流下時間とW/FGC関係を得た。グラウトポンプの圧送可能なFGCスリ-のコンシステンシー範囲をP-ロ-ト法で測定した結果、P-ロ-ト流下時間で12～13秒以下であり、図-6の結果からW/FGC=0.6が今回の試験条件での最適W/FGCであると考えられる。

室内試験強度と現場強度の関係は、図-7に示すとおりFGCでは配合によって（現場強度）／（室内強度）=1/2～1/5程度であり、上述のスリ-吹き出し現象を防ぐ最適配合を設定すればこの値は大きくなると予想される。従って、低強度改良の場合でも通常のCDMの陸上での施工実績範囲²⁾（現場強度）／（室内強度）=1/2～1/5に十分入る事が確認できた。

4. あとがき

今回の検討を踏まえ、今後、灰種がFGC改良土の工学的特性に及ぼす影響と低強度改良地盤の設計手法に関する検討を進める計画である。なお本研究は、通産省石炭生産利用技術振興補助事業の一環として実施した。

5. 参考文献

1) 多田他：石炭灰を用いた深層混合処理工法の現場施工試験結果について、土木学会第22回関東支部講演集、1995.3、pp300～301. 2) CDM研究会：セメント系深層混合処理工法 設計と施工マニュアル、平成3年、pp102

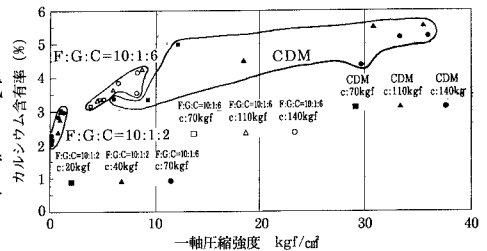


図-4 q_u とCa含有率

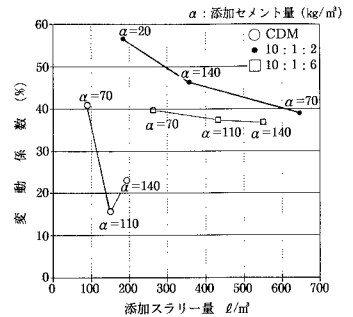


図-5 添加スリ-量と q_u 変動係数

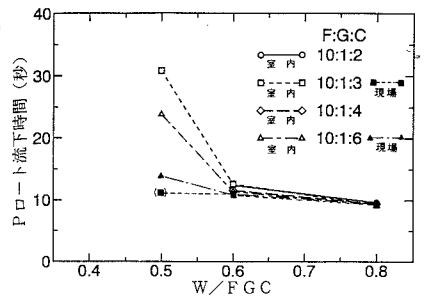


図-6 W/FGC とP-ロ-ト流下時間

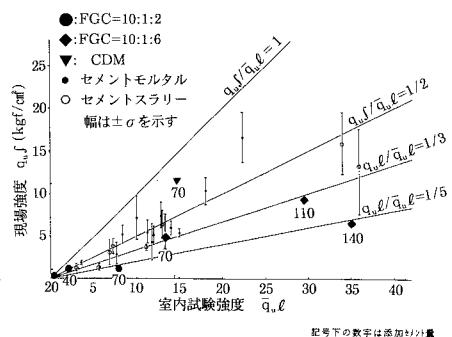


図-7 室内試験強度と現場強度