

# 石炭灰を利用した表層改良工事

黒島一郎<sup>1</sup>・津田和夏希<sup>2</sup>・中下明文<sup>3</sup>

<sup>1</sup>フェロー会員 三井建設株式会社 土木技術部（〒261-0023 千葉県美浜区中瀬1丁目9番1号）

<sup>2</sup>正会員 三井建設株式会社 土木設計部（〒261-0023 千葉県美浜区中瀬1丁目9番1号）

<sup>3</sup>正会員 中国電力株式会社 技術研究センター（〒739-0046 広島県東広島市鏡山3丁目9番1号）

**キーワード：**石炭灰、表層改良、動的コーン貫入試験、混合プラント

## 1. はじめに

山口県下松市において石炭中継基地建設工事を行った。この工事において石炭ストックヤードの下に厚さ約1mで原位置攪拌混合方式の表層改良工事を実施した。

表層改良工事は表層改良工の下部に施工した深層混合処理工法による改良杭に石炭荷重を確実に伝達すること、石炭荷重による地盤側方変位の抑制および円弧すべり防止を目的とするものである。改良材は石炭灰とセメントを加水しながら混合・攪拌した湿潤粉体とした。改良土量は約24,400m<sup>3</sup>である。

## 2. 配合試験

### (1) 試験概要

深層混合処理工上部から試料を採取し、物理・化学試験、締固め試験および一軸圧縮試験を実施した。一軸圧縮試験では、改良材の配合割合および改良対象土の含水比などの影響を検討した。その結果に基づき、目標強度を満足する石炭灰とセメントの最適な配合および改良材の添加量を決定した。

なお、改良目標強度は変形解析結果およびすべりの安定計算結果から材齢28日で500kN/m<sup>2</sup>とした。

### (2) 試験結果

#### a) 物理・化学試験

表-1に示す試験結果より、礫・砂分が多くて均等係数が大きく、締固め効果が期待できる土質といえる。また、pHはアルカリ性を示しており、深層混合処理工の施工による影響と考える。強熱減量値が比較的大きいが、深層混合処理工による化学反応生成物の結晶水のためであり、表層改良工の固化反応に影響は無いと考えた。

#### b) 締固め試験

図-1に示す締固め試験結果より、改良材の添加率

表-1 物理・化学試験結果

| 試験項目                                 | 測定値   |
|--------------------------------------|-------|
| 土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.620 |
| 自然含水比 $w_n$ (%)                      | 12.6  |
| 最大粒径 $D_{max}$ (mm)                  | 26.5  |
| 礫分 (%)                               | 50    |
| 砂分 (%)                               | 33    |
| シルト・粘土分 (%)                          | 17    |
| 均等係数 $U_c$                           | 116   |
| pH                                   | 9.2   |
| 強熱減量 $Li$ (%)                        | 8.4   |

が大きくなると乾燥密度が小さくなっている。さらに、締固めエネルギーが小さくなると全体的に乾燥密度が小さくなっている。特に、締固めエネルギーによる締固め密度への影響が大きいといえる。

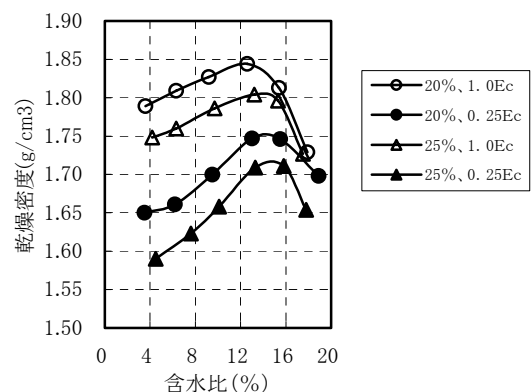


図-1 締固め曲線

#### c) 一軸圧縮試験

改良材における配合をパラメータとしてセメント添加量との一軸圧縮強さとの関係を図-2に示す。なお、改良材の含水比を20%、締固めエネルギーを0.25Ecで一定とした。

図-2によると、石炭灰:セメントの配合比率 (F:C) による一軸圧縮強さに対する影響では明確な傾向は

認められなかったが、改良材の添加量が少ない  
F:C=5:5が最適な配合と判断した。

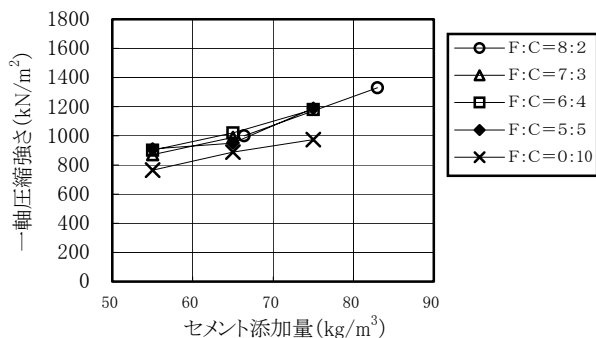


図-2 セメント添加量と一軸圧縮強さとの関係

改良土の含水比と一軸圧縮強さとの関係を図-3 に示す。なお、締固めエネルギーは1.0 Ecである。

この図より、セメント添加量が少ない場合には、改良土の含水比による一軸圧縮強さへの影響は明確ではない。しかし、セメント添加量が多い場合には、改良土の含水比が増加すると一軸圧縮強さが増大する傾向が認められた。

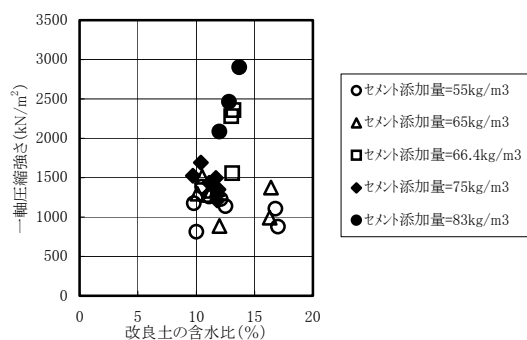


図-3 改良土の含水比と一軸圧縮強さとの関係

### 3. 試験施工

#### (1) 混合プラント

改良材の製造は可搬式プラントで行った。改良材は均一性が要求されるので、改良材の含水比を多数測定して均一性を確認した。その結果を図-4に示す。

改良材含水比の標準偏差値が小さいので、均質な改良材が製造できると判断した。

#### (2) 事前改良試験施工

室内配合試験結果などから改良材の配合および添加量を決定したが、転圧機械を30t級振動ローラとして事前施工を行い、改良効果を確認して表層改良工事の仕様を決定することとした。

転圧試験における圧縮沈下量の収束傾向などから、事前改良試験施工は転圧回数12回で行った。なお、品質管理方法としては、動的コーン貫入試験と気泡ボーリング採取のコアによる一軸圧縮試験とを比較した結果、費用が安価で品質を深さ方向に連続的に確認できる動的コーン貫入試験にすることとした。

材齢7日において、改良効果を確認するために動

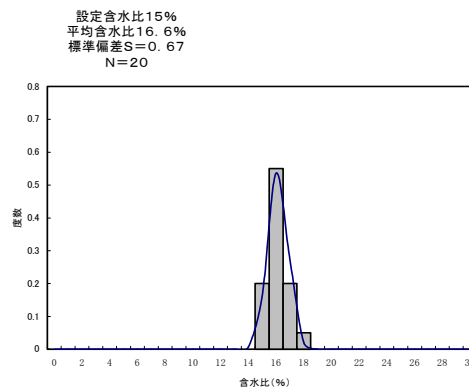


図-4 改良材の含水比測定結果

的コーン貫入試験を実施した結果を図-5に示す。30cm貫入に要する打撃回数 $N_d$ が目標値を大きく上回っている。そこで、転圧試験における動的コーン貫入試験の結果から本施工における転圧回数を8回とした。

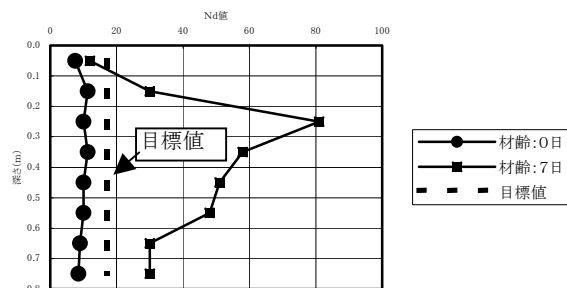


図-5 動的コーン貫入試験結果

### 4. 本施工

施工は、改良材の配合割合を石炭灰：セメント＝5:5、改良材の含水比を20%、改良材の添加量を65.0kg/m³とした。品質管理は、動的コーン貫入試験の材齢7日を主体とし、補足的に材齢28日でも実施した。その結果、表層改良土の品質が設計を満足していることを確認した。さらに、改良土は材齢とともに強度増加していることが確認された。

また、改良土の溶出試験では、全ての試料において土壌汚染に係る環境基準値を満足していた。

### 5. おわりに

今回の施工を通じて、石炭灰を利用した表層改良工法によって改良された地盤の品質にばらつきが少なく、石炭灰を有効に活用で出来ることが分った。今後、さらなる改良が必要と考えている。

最後になりましたが、施工を行うにあたり多大なご協力を頂いた皆様に紙面をおかりして、お礼を申し上げます。