

Ⅲ-765

地中加熱による石炭灰処分場の地盤改良に関する研究

一(その1) 加熱を受けた石炭灰の一軸圧縮強度特性 一

前田建設工業(株) 正会員 ○伊東 多聞 石黒 健
同 上 安田 昭彦 嶋田 三朗

1. はじめに

石炭火力発電所から排出される大量の石炭灰は、その多くが、沿岸部を護岸で締切った海中処分場内に水中投棄することにより処分されている。石炭灰は水中沈降の後、飽和かつ最大間隙比に近い極めて緩い状態で堆積することになり、このような条件下では石炭灰特有の自硬性もほとんど発揮されない¹⁾。非塑性シルトに属する石炭灰は、支持力や残留変形の問題以外に液状化に対する抵抗性が極めて低い²⁾といった特性も有しており、処分場の跡地利用を考えた場合、これをいかに改良するかが重要な課題となる。本論文では既存の石炭灰処分場を対象とし、原位置において締固めやセメント添加等を行うことなくその品質を改善する方法について、室内試験により基礎的な検討を加えた結果を報告する。

2. 実験に用いた試料および実験方法

実験に用いた石炭灰の粒度特性および物理特性を図-1に示す。本試料は非塑性シルトに分類され、粒度は均一で、かつ粒子形状はほぼ球形に近い(SEM像参照)。実験は $\phi 5\text{cm} \times \text{H}10\text{cm}$ 供試体用の鋼製モールド内に乾燥密度、含水比を種々に変えた石炭灰供試体を作製し、所定の養生温度下で放置期間を変えて養生(飽和試料では水中養生)、水浸飽和させた後に一軸圧縮試験を実施した(ひずみ速度 $0.1\%/\text{min}$)。

3. 実験結果および考察

締固められた石炭灰の強度が、その化学組成、密度・含水比状態¹⁾、養生温度や養生期間³⁾、といった諸要因に支配されることはよく知られている。そこで、水中投棄地盤に対応する飽和緩詰め供試体の強度発現傾向を調べた結果を図-2に示す。図は、乾燥密度 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ (相対密度39%)の飽和供試体を常温および60度の恒温下で養生した際の一軸圧縮強度を示す。図より、常温養生供試体では一軸圧縮強度は高々 $0.1\text{kgf}/\text{cm}^2$ (供試体自立の限界)程度ではほとんど強度増加を示さないこと、60度で養生した供試体ではその5倍程度の強度値を示すことが判る。原位置の石炭灰処分場に締固め等の地盤改良を施すことなく、60度という比較的低い温度上昇を地盤に与えるだけである程度の強度増加がもたらされることが示唆される。例えばセメント添加した砂が液状化を生じない限界 qu 値は $0.5 \sim 1.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ とされており⁴⁾、原位置での加熱のみでも液状化対策としての目的を達成できる可能性がある。

今井ら¹⁾は、石炭灰の自硬性が適度な含水比状態のもとで発揮され、完全飽和では強度発現が阻害されることを報告している。そこで、不飽和状態(含水比30%、飽和度52%)の供試体に対して図-2と同様の実験を行った結果を図-3に示す。図

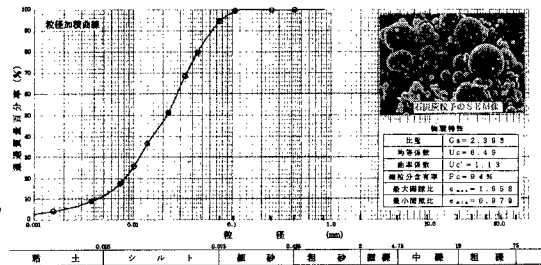


図-1 石炭灰の粒度特性および物理特性

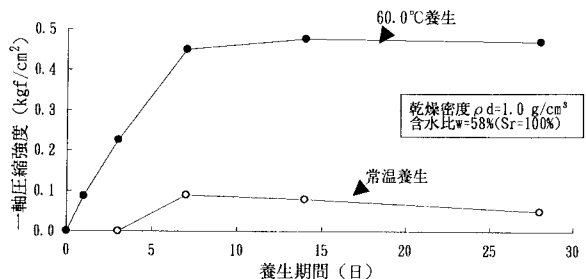


図-2 飽和供試体の強度発現

より、石炭灰の自硬性が1週間程度で収斂すること、養生温度60度の条件下では常温養生下よりも強度発現が著しく、その比率が4倍程度であること等、図-2と同様の傾向を指摘することができる。ただし、一軸圧縮強度の値自体は常温養生で0.4kgf/cm²、60度養生で1.8kgf/cm²と飽和の場合よりかなり大きく、特に60度養生の場合は液状化抵抗としては十分な強度値を示していることがわかる。本結果は、原位置において処分場の地下水位を低下させ、これに地中加熱を併用することによって改良効果が著しく向上することを示唆している。

図-4は、供試体の乾燥密度の影響を調べた結果を示す。不飽和状態で養生温度を40, 60, 80度とした場合、一軸圧縮強度は乾燥密度に比例する形で増加するが、不飽和状態でも常温養生の場合(○印)、あるいは60度養生であっても飽和状態の場合(□印)では乾燥密度の増加に伴う強度増加は顕著には見られない。この結果は、「不飽和+高温養生」が組み合わせられた条件下において密度増加の効果が顕著に発揮されることを物語っている。例えば石炭灰は、その水中単位体積重量が通常の土質材料に比べてかなり小さい。従って、原位置において石炭灰地盤の密度増加を図るための一方策としては、地下水位の低下により有効応力の増加を図り圧密を促進させる方法が効果的と考えられる(シルト粒径のため、振動や衝撃による締固めには疑問が残る)。これに地中加熱を併用すれば、「高密度+適度な含水状態+高温養生」という石炭灰の強度発現における最適条件を原位置において達成できることになろう。

最後に、含水比の影響を調べた結果を図-5に示す。

図は、含水比を0%(乾燥状態)~58%(飽和)まで変化させた供試体を常温および60度にて7日間養生した場合の一軸圧縮強度値を示す。図より、乾燥側および完全飽和の両側では強度発現が小さく、その中間に位置する含水比で強度値はほぼ一定となる。また、常温養生と60度養生を比較すると、いずれの含水比においても後者の強度値が前者よりも大となること、60度養生では強度発現が確保される含水比の幅が若干広がることなどが指摘される。

以上の検討結果より、軟弱な飽和石炭灰処分場を締固めやセメント添加等を行うことなく原位置で効率よく改良するためには、地下水位低下による不飽和化や有効応力の増加による密度増加、そして地中加熱による高温養生といった手法の組み合わせが有利と考えられる。特に人工ポゾランの一種である石炭灰は、通常の土質材料以上に加熱効果が顕著に現れるため、これを積極的に利用した地盤改良が可能と思われる。

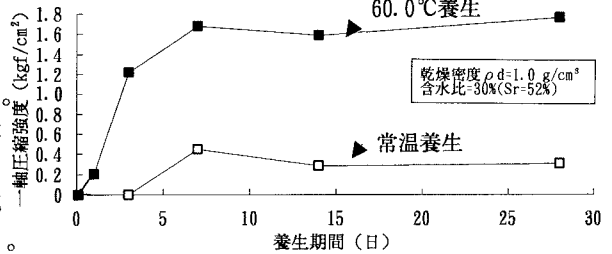


図-3 不飽和供試体の強度発現

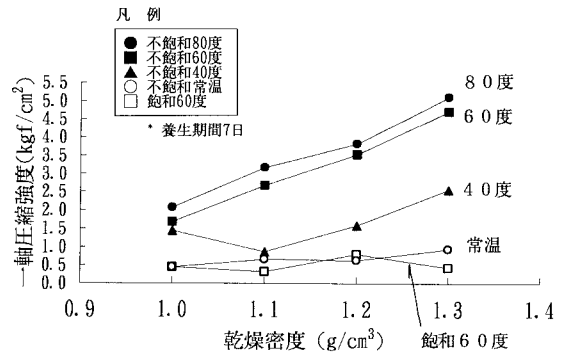


図-4 乾燥密度と一軸圧縮強度の関係

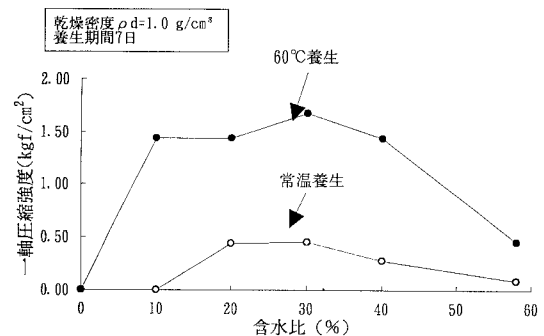


図-5 含水比と一軸圧縮強度の関係

<参考文献>

- 1) 今井他: 締固めた石炭灰の強度発現形態、第20回土質工学会, pp. 1607~1610.
- 2) 三木、今井他: 石炭灰の液状化特性、第20回土質工学会, pp. 613~614.
- 3) 福田他: 石炭灰の温度変化に伴う力学的性質、第24回土質工学会, pp. 1071~1072.
- 4) 土質工学会: 液状化対策の調査・設計から施工まで, pp. 263~265.