

# 石炭灰を利用したコンパクションパイル工法の開発

碧南火力発電所灰捨地における試験施工の報告

## Development of Compaction Pile Method Using Coal Ash

Report on experiments with land reclaimed using coal ash at Hekinan Thermal Power Station

(碧南火力建設事務所 土木課)

軟弱地盤の地盤強化工法の一つであるコンパクションパイル工法の改良杭材料には海砂を用いることが多いが、環境保全・コストダウンの観点から海砂の代替として石炭灰を使用することに着目し、その試験施工を実施した。その結果、海砂を用いた場合と比較して改良効果は同等であり、また施工性は若干劣るものの材料費を含めた経済性では優位であることを確認した。これを踏まえ、本工法を碧南火力発電所4・5号機取水設備および循環水管の地盤強化工事に採用した。

(Civil Engineering Section, Hekinan Thermal Power Plant Construction Office)

The compaction pile method, which is a method of soil improvement for soft soil ground, often uses sea sand as the pile material. We directed our attention to the use of coal ash as a substitute for sea sand, beneficial from the viewpoints of both environmental protection and cost reduction, and studied the method in test soil improvement. As a result, it was confirmed that the new method with coal ash provides equivalent soil improvement and better economy, including material cost, although the workability is somewhat inferior. We have thus applied this new method to the soil improvement for the intake structure and circulation water pipes at Hekinan Power Station Units Nos. 4 and 5.

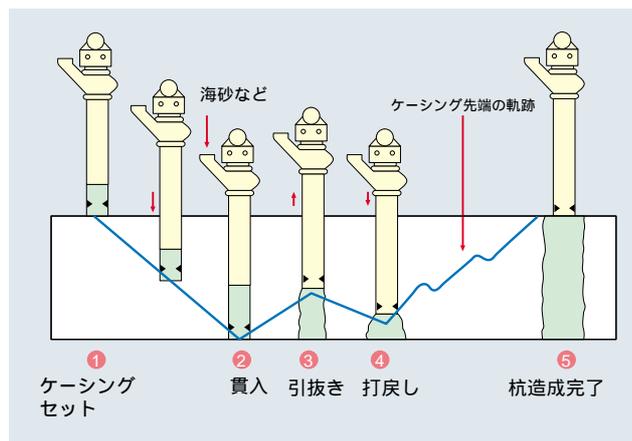
## 1 研究の背景と目的

軟弱地盤の地盤強化工法の一つであるコンパクションパイル工法（CP工法）は、第1図・第2図に示すように軟弱地盤中に振動を用いて砂を圧入させて改良杭を造成することにより地盤を締め固める（間隙比を減少させる）工法である。この改良杭材料には海砂を使用することが多いが、今後は海砂資源の枯渇による材料確保の困難・価格の高騰が懸念される。

一方、石炭火力発電所より発生する石炭灰は、その一部はセメント原料などに有効利用されているものの残りは埋め立て処分されており、長期的には埋め立て処分先の確保の困難が予想される。そのため、更なる石炭灰の有効利用先の開発が必要である。

以上を踏まえ、CP工法の改良杭材料に用いる海砂

の代替として石炭灰を使用することに着目し、その試験施工を行った。



第2図 CP工法の施工方法



第1図 CP工法の施工状況

## 2 試験施工の概要

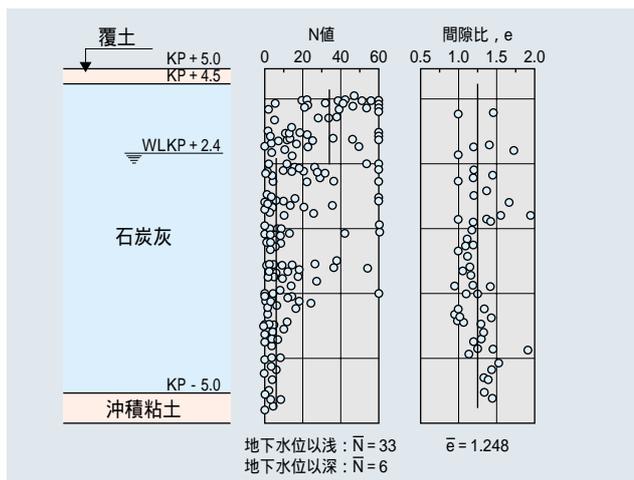
本試験施工は碧南火力発電所構内の埋め立ての完了した灰捨地で実施した。試験場所の地質断面図を第3図に示す。改良対象は埋立石炭灰層である。これは石炭灰を海中に撒き出して埋め立てた層であり、緩い（間隙比の大きい）状態で堆積している軟弱な地盤である。

試験は、施工性確認試験および改良効果確認試験の2項目について実施した。

## 3 試験結果

### (1) 施工性確認試験

改良杭材料に石炭灰などを使用した場合の施工性の確認のため、下記に示す6種類の改良杭材料につい



第3図 試験場所の地質断面図

て試験打設を行った。

海砂

建設残土（細粒分含有率25%以下）

クリンカアッシュ（粒径0.1～10mmの荒い石炭灰）

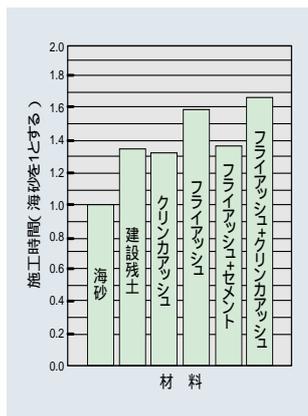
フライアッシュ（粒径0.01～0.1mmの細かい石炭灰）

フライアッシュにセメントを添加したもの

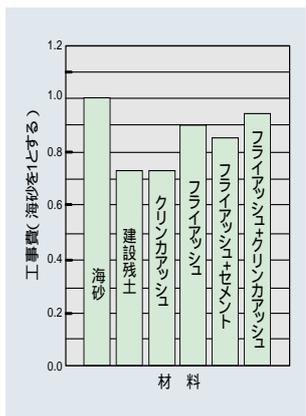
フライアッシュとクリンカアッシュを混合したもの

フライアッシュなどは海砂と比較して材料の抜けが悪いので、ホッパおよびケーシングを改良した施工機械を使用した。また、種々の形式のケーシング先端ポイントを用いて打設し、その材料に最も適したポイントを選定してサイクルタイムの計測を行った。

第4図・第5図に示すとおり、フライアッシュは海砂の約1.6倍の施工時間を要するものの、材料費を含めた経済性で比較すると海砂の約0.9倍であり、より少ない工事費で施工が可能である。なお、クリンカアッシュは最も経済的であるものの発生量が少ないこと、また、フライアッシュにセメントを添加したものは混合時の飛散防止対策が必要になることから、実際の施工に採用できるのは建設残土およびフライ



第4図 材料毎の施工時間



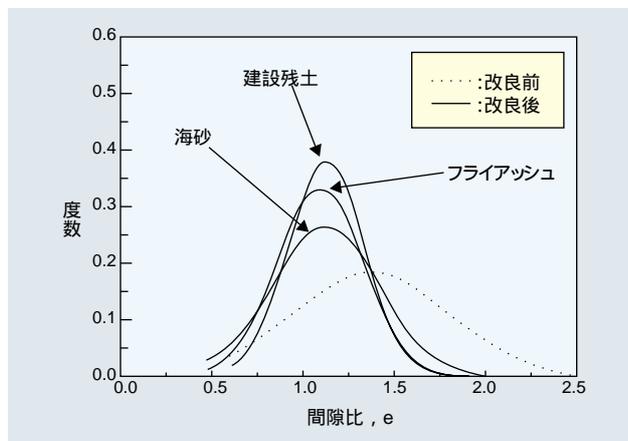
第5図 材料毎の工事費

アッシュであるとの結論を得た。

(2) 改良効果確認試験

施工性確認試験の結果を踏まえ、海砂、建設残土およびフライアッシュの3材料について改良効果確認試験を実施した。各材料について25本程度の改良杭を打設し、打設前後の地盤特性を調査することにより改良効果を確認した。前述のとおりCP工法の原理は地盤を締め固めて（間隙比を減少させて）地盤強度を増加させることにあることから、改良効果の確認は改良前後の地盤の間隙比を比較することにより行った。

改良前後の間隙比のヒストグラムを第6図に示す。このとおり、改良前の平均間隙比約1.4に対して改良後は約1.1になっており、十分に改良されていることが分かる。さらに、改良後のヒストグラムのピークは改良前に比べて立っており、地盤の均質化を図るといふCP工法の特長も表現されている。また、改良杭材料の違いによる改良後間隙比の平均値・ヒストグラムの形状に有意な差は認められない。これは、いずれの改良杭材料についても所定の径の改良杭が造成されており、地盤の締め固めの程度に差が無いことを示している。



第6図 改良前後の間隙比

4 まとめ

前述のとおり、CP工法の改良杭材料にフライアッシュを使用した場合でも、施工は可能であること、経済性に優れていること、また、改良効果も問題ないことが確認された。これを踏まえ、本工法を灰捨地内に建設される碧南火力発電所4・5号機取水設備および循環水管の地盤強化工事に採用した。