

## 石炭灰造粒材による締固め工法に関する液状化振動台実験

山口大学 正会員 兵動 正幸 三浦 房紀  
 エネルギア・エコ・マテリア 正会員 齊藤 直 池田 陵志  
 三井住友建設 正会員 山本 陽一 高橋 直樹  
 フジタ 正会員 岸下 崇裕

### 1. はじめに

近年、環境負荷低減またはリサイクルの促進を目的として、サンドコンパクションパイル工法の中詰材料に再生骨材や現地発生土、石炭灰等を用いた施工法が検討・開発されている。本研究では、良質な海砂代替材として開発された石炭灰造粒物<sup>1)</sup>をサンドコンパクションパイル工法の中詰材料に使用した場合の液状化対策としての有効性を確認することを目的に、振動台実験を実施した。また、サンドコンパクションパイル工法では、締固めによる密度増加のみならず地盤内の応力増加が改良地盤の液状化抵抗を増大させることが知られていることから、実施工を模擬するように土槽内に締固め杭を作成して実験を行い、応力増加（静止土圧係数の増加）を取り入れた設計法への反映を目指した。本文では、従来の海砂相当品を中詰材料に使用した場合と石炭灰造粒物を使用した場合の振動台実験結果を比較して、その改良効果について考察する。

### 2. 振動台実験概要

振動台実験は、幅 1.2m × 奥行き 0.8m × 高さ 1.0m のせん断土槽を用いて重力場で行った。図-1 に模型地盤概要および計測器配置を示す。模型地盤は下層 40cm の非液状化層（浜岡砂にて作成）と上層 60cm の液状化層（まさ土にて作成）の 2 層構造とした。下層は非液状化層とするため乾燥した浜岡砂を投入後、振動加振により相対密度 80% に締固めた。その後、所定の位置に外径 27mm のパイプを設置した状態で、まさ土を空中落下させて上層液状化層を作成した（この時、締固め前）、上層のまさ土層の相対密度は 35% であった。締固めは、あらかじめ設置したパイプ内にまず所定量の中詰材料を投入し、パイプを 5cm 引上げた状態でランマーにより突き固めて行った。この工程を繰り返し、締固めによる杭を所定数打設して改良地盤を作成した。杭は 120mm ピッチの正方形配置で締固め後の杭径は概ね 65mm となることから、改良率は 20% 程度となる。締固め後、土槽下部より通水して地盤を飽和させた後に、振動台による加振実験を行った。実験は表-1 に示す 3 ケースについて行い、入力波には図-2 に示すホワイトノイズを用いた。

### 3. 改良地盤の状態

図-3 に、ケース 3 の模型地盤のコーン試験結果としてコーン貫入抵抗の深度分布を周辺地盤と改良地盤のそれぞれについて示した。周辺地盤締固め前の貫入抵抗と比較すると明らかなように、改良地盤締固め直後（通水前）の貫入抵抗値は大幅に増加しており十分な締固め効果を表している。しかしながら、その後、地盤の飽和のために通水を行った後の貫入抵抗値は通水前に比べて大きく低下し、周辺地盤ではまさ土層全層にわたり抵抗値を示さなかった。

キーワード 液状化、石炭灰、サンドコンパクションパイル工法、液状化対策、締固め効果

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設（株）技術研究所 TEL 04-7140-5201

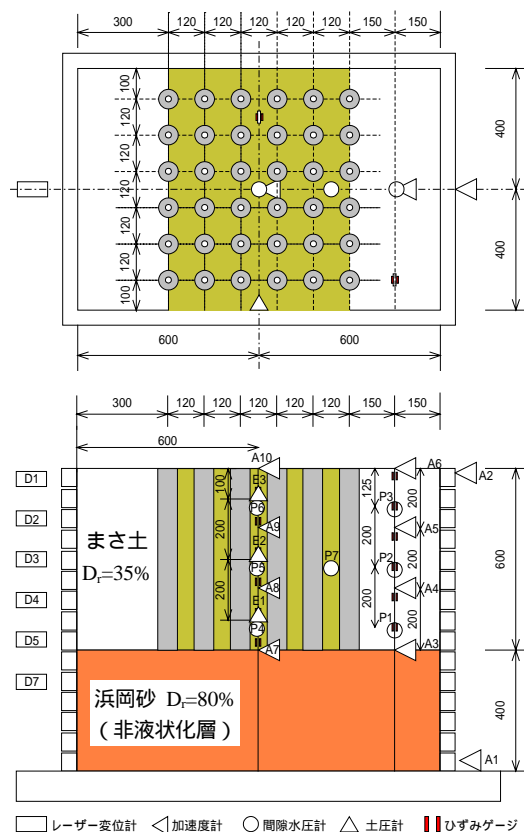


図-1 模型地盤概要

表-1 実験ケース

ケース	改良方法	中詰材料
ケース1	無改良	-
ケース2	SCP	浜岡砂
ケース3	SCP	石炭灰造粒物

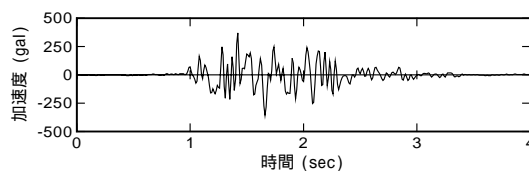


図-2 入力加速度波形

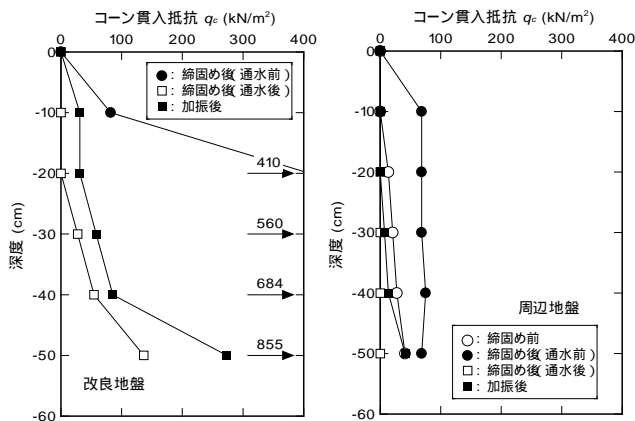


図-3 コーン貫入試験結果（ケース3）

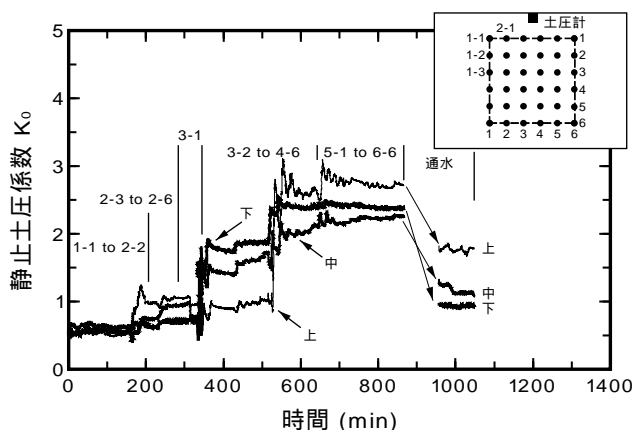


図-4 静止土圧係数の経時変化（ケース2）

改良地盤でも大きく貫入抵抗値は減少したが、締固め前の状態よりは大きな貫入抵抗値を示している。この傾向はケース2も同様であった。図-4には、ケース2の静止土圧係数  $K_0$  の経時変化を示した。図中の番号は杭番号を表している。締固め開始前の  $K_0$  値はほぼ0.5を示しているが、締固め開始により増加し始め、土圧計直近の締固め杭作成時(3-1, 4-1)に著しい土圧係数の増加が認められる。締固め後の  $K_0$  値は2~3となっている。締固め直後のケース3の  $K_0$  値は2~3.5の範囲であった。しかしながら、通水による飽和過程において土圧が大きく低下し、加振前の  $K_0$  値はケース2、ケース3ともに1~2の範囲に低下した。これら通水時の貫入抵抗値および土圧の低下は、上部層のまさ土が水浸によりコラップスを生じて収縮・脆弱化したことによる。

4. 振動台実験結果

図-5に、ケース3のGL-12.5cmにおける過剰間隙水圧比の時刻歴を改良地盤（中央計測位置）と周辺地盤と比較して示した。図は、この深度における周辺地盤が液状化を生じて

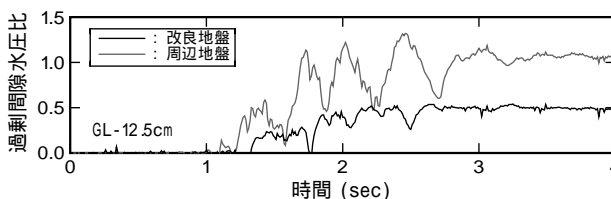


図-5 過剰間隙水圧時刻歴（ケース3）

いるのに対して、改良地盤は液状化せずに0.5程度の過剰間隙水圧比の発生に留まっていることを示している。周辺地盤で過剰間隙水圧比は1.0を上回っているが、これは液状化による地表のうねりの影響と考えられる。図-6は、ケース2およびケース3の最大過剰間隙水圧比深度分布を示しており、改良地盤と周辺地盤の分布で比較している。図から、周辺地盤では全層液状化するのに対して改良地盤では液状化を生じ

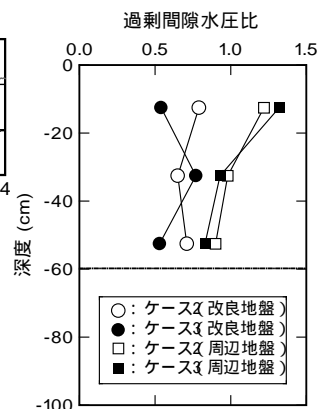


図-6 間隙水圧深度分布

ず締固めによる改良効果を表している。この傾向はケース2とケース3でほぼ同様であるが、後者の方が改良地盤内の水圧の発生は少ない。このことから、中詰材料に石炭灰造粒物を用いた場合の改良効果が、従来の良質な砂を用いた場合と同等もしくはそれ以上であると考えられる。図-7には、最大加速度の深度分布を示した。周辺地盤の加速度応答は、いずれのケースもGL-60cm以浅のまさ土層で液状化により減衰する傾向を示している。一方、改良地盤（中央計測位置）のケース2、ケース3の締固めを行ったケースについては、GL-60cm以浅のまさ土層で液状化を生じていないことから加速度が増幅する傾向にあることが分かる。

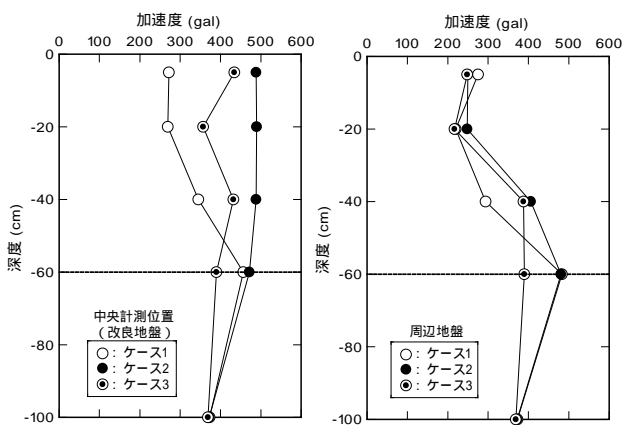


図-7 最大加速度深度分布

5. まとめ

石炭灰造粒物をサンドコンパクションパイル工法の中詰材料に使用した場合の液状化対策としての有効性を確認することを目的に振動台実験を実施した。その結果、改良地盤内で液状化は生じておらず中詰材料に石炭灰造粒物を用いた場合の改良効果が、従来の良質な砂を用いた場合と同等もしくはそれ以上であることが明らかとなった。

参考文献 1) 樋野他：石炭灰造粒物のSCP打設試験における改良特性（その1．改良効果），土木学会第55回年次学術講演会講演概要集， pp.468-469，2000.