

Ⅲ-760

兵庫県南部地震により液状化した地盤の沈下量と改良工法の関係

東京理科大学 正会員 石原 研而  
 東京電機大学 正会員 安田 進  
 不動産建設 〇 正会員 原田 健二  
 同上 正会員 新川 直利

1. はじめに

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震により、神戸港内の人工島である<sup>ホ</sup>-トアイランド<sup>ホ</sup>及び六甲アイランド<sup>六</sup>では大規模な液状化が発生し、平坦部では地盤沈下、沿岸部では地盤の側方移動による港湾施設の被害、パイプ等の埋設管の被害、橋脚の損傷等の被害が見られた。<sup>ホ</sup>-トアイランド<sup>ホ</sup>、六甲アイランド<sup>六</sup>の各施設では荷重による沖積粘性土層の圧密沈下対策、埋立土層の支持力増強等を目的として各種地盤改良が施工されているが、地盤改良区域では無処理区域と比較すると沈下等の被害は軽微であった。本報告では、各種地盤改良工法の(液状化対策工法以外のものも含む)液状化に対する効果について、既往文献による調査、及び実測沈下量を基に考察を行ったものである。

2. 地盤概要<sup>1), 2), 3)</sup>

<sup>ホ</sup>-トアイランド<sup>ホ</sup>及び六甲アイランド<sup>六</sup>の代表的な土質柱状図を図-1に、粒径加積曲線を図-2に示す。<sup>ホ</sup>-トアイランド<sup>ホ</sup>の埋立土層は六甲山からの搬入土(マサ土)で、一部残土も用いられている。その下部は厚さ約13mの沖積粘性土層、厚さ30mの粘性土層と砂質土の互層があり、さらに洪積粘性土層が約20mと続いている。六甲アイランド<sup>六</sup>の埋立材料の多くは六甲山地に分布する神戸群層の凝灰岩等であり、土質は粘土混じり砂礫を主体とし、転石も含んでいる。N値は5~20程度で層厚は22~25mである。その下部に層厚10~20mの沖積粘性土層、層厚30~40mの砂・砂礫・粘土の互層が続いている。両地区の粒径加積曲線を比較すると、六甲アイランド<sup>六</sup>のほうがやや細粒分が多いことが分かる。

3. 既往文献による調査<sup>4), 5), 6), 7)</sup>

<sup>ホ</sup>-トアイランド<sup>ホ</sup>、六甲アイランド<sup>六</sup>では、沖積粘性土層の圧密沈下対策、埋立土層の支持力増加等を目的として各種地盤改良工法(フローティング工法、サトドレーン工法、振動締固め工法等)が施工されているが、これら各種地盤改良地盤のN値の分布状況について、既往文献による調査を行った。

図-3に各工法のN値の分布を示す。同図中のSDとはサトドレーン+プレート<sup>SD</sup>の場合も含んでおり、締固めは、ロッドコンパクション<sup>ロッド</sup>工法とサトコンパクション<sup>サト</sup>工法を含んでいる。同図

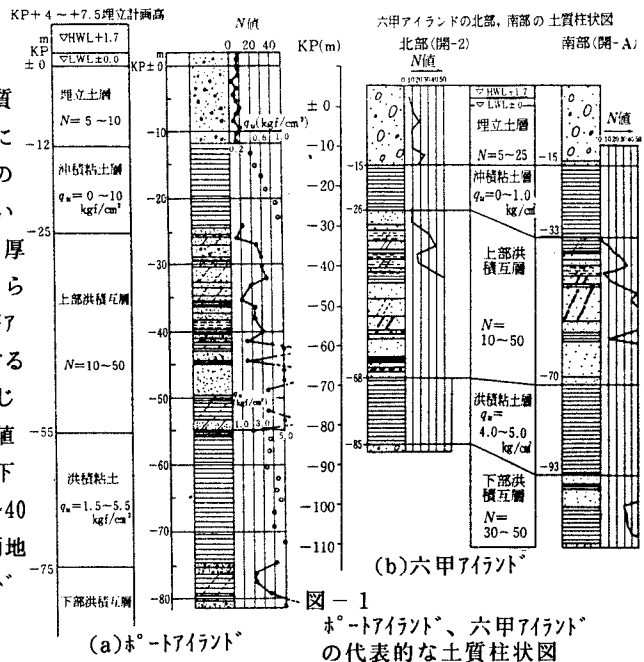


図-1 <sup>ホ</sup>-トアイランド<sup>ホ</sup>、六甲アイランド<sup>六</sup>の代表的な土質柱状図

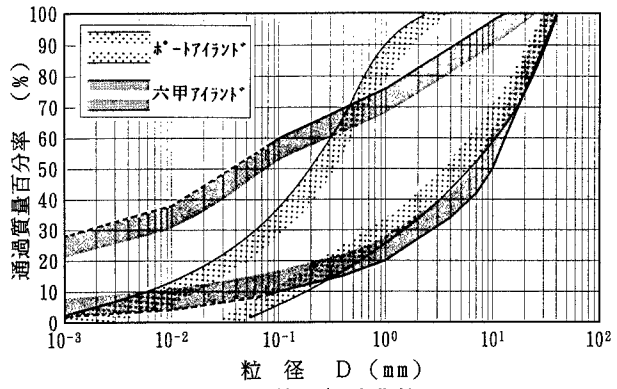


図-2 粒径加積曲線

より、改良後N値は当然のことながらサトドレーン工法より振動締固め工法のほうが大きくなっている。しかし、本来N値の増加を見込まないサトドレーン工法で、N値の増加量が10程度になっているケースがある。これはサトドレーンの杭長が長かったこと、及び貫入途中で硬い層（ $N > 30$ ）があり、そこを打ち抜くために通常より貫入時間が長くなり、パイプの振動により締固まるという、副次的な効果があったものと考えられる。また、ポートアイランドと六甲アイランドのデータを比較すると、各地点でのデータ数が少ないため明言はできないが、ポートアイランドのほうがN値の増加量は大きくなる傾向が見られる。これは前述したように六甲アイランドのほうが細粒分含有率が大きかったことに起因するものと考えられる。

#### 4. 沈下量測定結果

次に、ポートアイランド、六甲アイランドの各地盤改良区域について、地震後の沈下量の測定を行った。沈下の測定は、地震前の各地点での標高が明確でないため、杭基礎で施工されている主要な建家は沈下していないものと仮定して、その周辺部の相対沈下量で評価した。図-4に各工法の沈下量測定結果を示す。同図より無処理区域では、40～50cm程度の沈下がみられるのに対し、サトドレーン改良域では15～18cm、振動締固めではほぼ沈下なしという結果が得られた。

#### 5. まとめ

阪神大震災後の大規模人工島の液状化について、既往文献の調査、沈下量の測定から考察を行った結果、以下のことが明らかになった。

- ①サトドレーン工法でN値が大きく増加しているのは、貫入途中の硬い層を打ち抜くために要した時間により原地盤が締固まるという副次的な効果があった。
- ②六甲アイランドでN値の増加量が小さいことは、細粒分含有率が大きいことに起因するものと考えられる。
- ③各地盤改良工法ごとの沈下量の測定結果より、地盤改良による液状化に対する効果を実証された。
- ④各工法において沈下量に差が出たのは、液状化層厚の違いと液状化程度の違いに起因するものと考えられるが、その定量的な検討を今後進めたい。

最後に、本報告をまとめるにあたり沈下計測等でご協力いただいた方々に謝意を表す。

《参考文献》 1)渡辺：神戸ポートアイランドの開発と基礎工，基礎工，1981.1. 2)久徳，豊田，瀬川，角：神戸六甲アイランドにおける超高層建物の基礎設計，基礎工，1989.9. 3)松本，久保，木村：下水道管の基礎工，基礎工，1992.5. 4)谷林，小堀：埋立地に建つ高層住宅団地における地盤改良と各種杭試験，基礎工，1981.1. 5)堯天，福井，水畑，小堀，福住：神戸ポートアイランドにおける地盤改良工事に伴う振動試験報告，日本建築学会近畿支部研究報告集，1981.6. 6)中島，福井，谷本：新交通車両基地の基礎工，基礎工，1992.5. 7)棚橋，福井，内田，川村：埋立地盤における各種基礎形式を有する建物の沈下測定，日本建築学会近畿支部研究報告集。

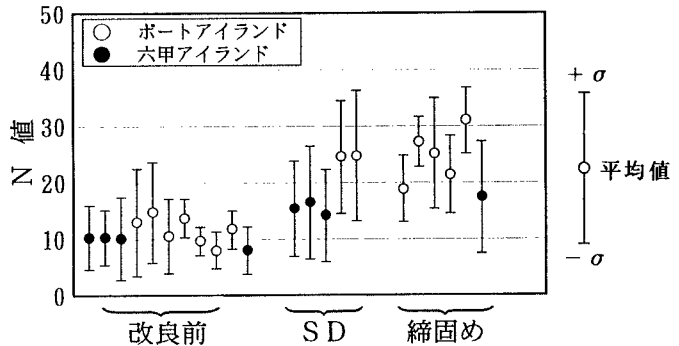


図-3 各工法のN値の分布

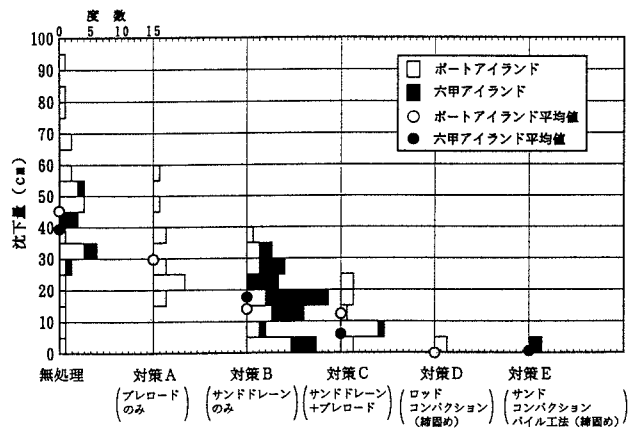


図-4 対策工法と沈下量の関係