

III-282

事前混合処理地盤の現場振動実験

運輸省第一港湾建設局 正会員 塩澤俊彦 赤澤勝
 日本国土開発（株） 正会員 池田 真 芳沢秀明
 正会員 二宮康治

1. はじめに

埋め立て地盤の液状化対策方法の1つに事前混合処理工法¹⁾がある。本工法は埋め立てに用いる砂質土に予め少量の安定材を混合し、埋め立てと同時に安定した地盤を造成することを目的とした工法である。本工法で造成された地盤は安定材の固結効果が付加されるため地震動による土粒子骨格の崩壊を起こし難く、液状化を招く程の過剰間隙水圧は発生しないとされている。今回、新潟空港拡張に伴う液状化対策において事前混合処理工法が検討され、その中で処理地盤と未処理地盤を比較対象とした現場振動実験がおこなわれた。本文では現場振動実験の方法と実測データをもとにした事前混合処理地盤の改良効果について報告する。

2. 実験方法

実験は、表-1に示す3ケースの材料を用いて海水槽を埋め立てる方法により、図-1の形状に造成した地盤で造成後4週目に実施した。埋め立てに使用した砂は、新潟東港から採取したもので、その物理特性は表-2に示すものである。振動実験時の測定は振動レベルと過剰間隙水圧の発生状況を調査する目的で図-1の位置に予め埋設しておいた計器により、地中加速度と間隙水圧および地表面沈下について実施した。試験地盤の加振方法は、振動棒（ $\phi=400$ 、 $l=5$ mの鋼管あるいはH-400鋼、 $l=5$ m）をインバータで制御できるバイプロハンマに取付け10Hzで振動させた状態で試験地盤に徐々に貫入させる方法を用いた。このとき振動棒に発生する加速度は約2000galとなることから、地盤の距離減衰を考慮して計器埋設位置から3m離れた位置で最初の加振を行い、間隙水圧の上昇と振動レベルを測定し、例えば2m、1mと段階的に加振位置を近づけた。この時、振動棒の貫入速度は振動棒とバイプロハンマを吊っているクレーンのオペレータが吊りワイヤの荷重を見て一定速度となるよう管理した。

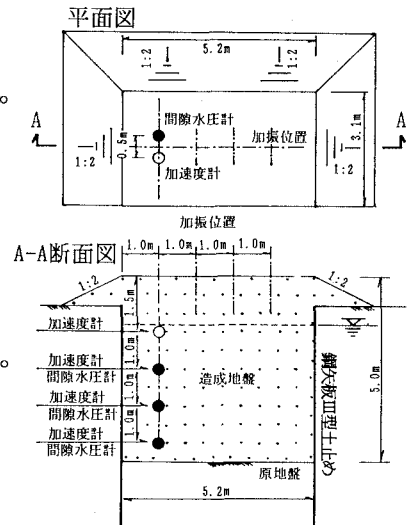


図-1 試験地盤の形状と計器設置位置

3. 実験結果および考察

(1) 試験地盤の土質調査結果

表-3は振動実験に先立ち、造成後約4週目に実施した各試験地盤の標準貫入試験

とP-S検層試験および密度測定の結果である。少量のセメントの混合によりN値は顕著な増加傾向を示し、セメンテーションによる固結が付加されたことが確認され、これに伴い弾性波速度も増大している。未処理地盤における V_s 、 V_p とN値の相関は既往の測定結果²⁾に合致しているが、処理地盤の V_s 、 V_p は同じN値の自然地盤に対して若干大きい範囲に位置する。乾燥密度において処理地盤の密度が高い原因はセメントの混合による密度増加であり、混合したセメント分を補正すると各試験地盤ともほとんど同じ乾燥密度である。

(2) 振動試験結果

処理地盤の加振位置は3m、2m、1mとしたが、未処理地盤においては振動加速度の距離減衰が著しいため加振位置を3m、

表-1 造成材料のケース

CASE	未処理土	2%処理土	4%処理土
砂質土	新潟東港で採取した砂		
高炉たけなB種	0 kg	2 %	4 %
分離防止剤	0 mg	75mg/kg(砂乾燥重量)	

*：砂の乾燥重量に対する重量

表-2 砂質土の物理特性

土粒子の比重	2.664
砂分 75 μ m $\sim$ 2m(%)	100
均等係数 U_c	1.8
曲率係数 $U_{c'}$	1.3

表-3 試験地盤の土質調査結果

	未処理地盤	2%処理地盤	4%処理地盤
平均N値	5	15	18
乾燥密度(g/cm ³)	1.368	1.423	1.459
弾性波速度 (m/s)	V_s	110 $\sim$ 180	270 $\sim$ 400
	V_p	200 $\sim$ 480	550 $\sim$ 770
		550 $\sim$ 770	770 $\sim$ 1050

1m, 0.5mとし、各試験地盤の振動レベルが等しくなるように努めた。図-2は未処理地盤での測定例であるが、このように一定の地中加速度を与えることは困難であった。したがって、実験データの整理は最大加速度と過剰間隙水圧のピーク値についてまとめている。図-3は鉛直方向最大加速度と過剰間隙水圧比 u/σ_v （過剰間隙水圧/有効上載荷重）のピーク値の対応を示すものである。通常 $u/\sigma_v = 1.0$ において完全液状化状態とされるが、 $u/\sigma_v < 1.0$ においても噴砂などの発生を伴う場合があり、 u/σ_v による液状化の判定は明確ではないことから液状化に対する抵抗性の大小と言う観点から3ケースの地盤を比較すると処理地盤は抵抗性が非常に高いことが確認できる。図-4はX軸に水平方向最大加速度(X, Yの2成分の内大きい値)を入れて図-3と同様に整理したものである。図-3と同じ性状であることから、水平方向の振動についても十分な抵抗性を持っていることが確認された。図-5は鉛直方向と水平方向の最大加速度の対応を整理した図である。振動棒の振動方向が鉛直方向であるため、水平方向の加速度は鉛直方向の加速度より若干小さいが、水平方向についてもかなり大きな値であったことは興味深い。振動試験後に未処理土で14cm~20cmの表面沈下を確認したが、処理土については沈下は確認されていない。

4. おわりに

事前混合処理工法により安定材を少量混合した処理土は、未処理土に比較して液状化に対する抵抗性が著しく増大することが実規模の試験地盤で確認された。また、新潟地震の最大加速度(170gal)の数倍の加速度を与えても処理地盤では液状化や地表面沈下は発生しないことが確認された。今後更に本工法の有効利用について調査研究を続ける予定である。なお、本試験は運輸省第一港湾建設局・新潟港工事事務所発注の新潟空港液状化対策試験工事の一部として行ったもので、運輸省港湾技術研究所・動土質研究室・善室長の指導のもとに事前混合処理工法共同開発グループ(五洋建設(株)、東亜建設工業(株)、東洋建設(株)、大林組、日本国土開発(株))の協力を得て行った。ここに深く謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 善：液状化対策としての事前混合処理工法の開発、土と基礎、vol. 38, NO. 6 P. 27~32(1990)
- 2) 今井他：軟弱地盤における弾性波速度と力学特性、土と基礎、vol. 18, NO. 1 他

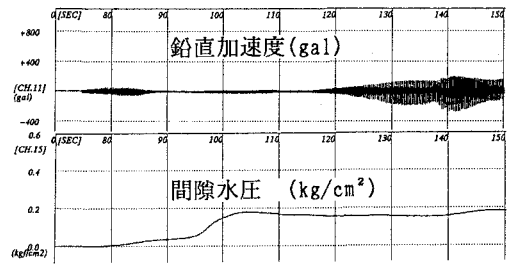


図-2 未処理地盤での測定例

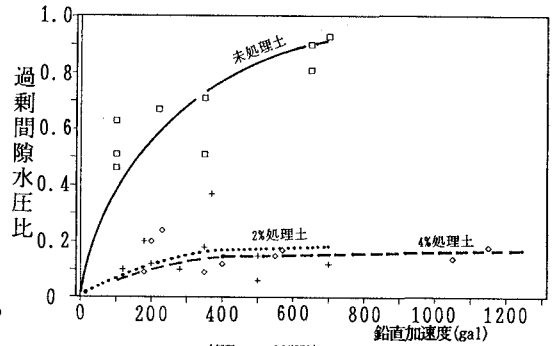


図-3 鉛直方向最大加速度と u/σ_v

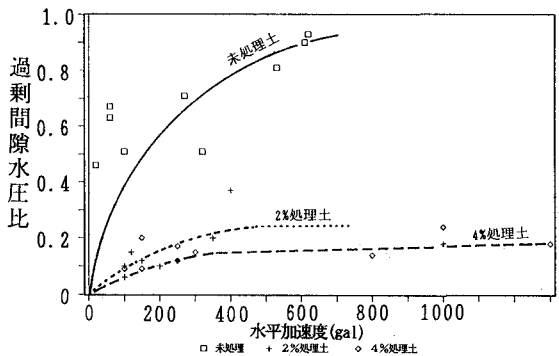


図-4 水平方向最大加速度と u/σ_v

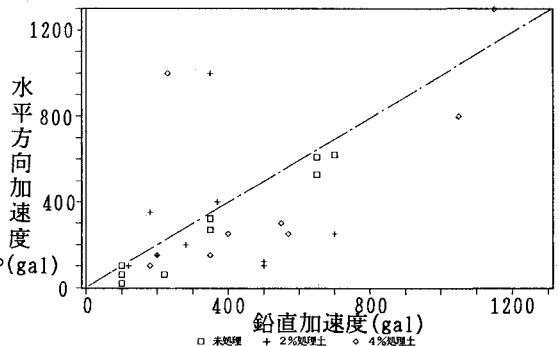


図-5 鉛直・水平加速度の関係