

III-305

重錘・振動棒・強制排水を併用した液状化防止対策工法による大型土槽実験

東洋建設(株) 正会員 久富 真悟
 " " 三宅 達夫
 " " 赤本 弘文

1. まえがき

近年、ウォーターフロント開発の進展により、臨海部の埋地地盤に大規模な構造物を建造するプロジェクトが多く計画されている。しかし、ほとんどの埋地地盤は、土砂が緩く堆積していることから、地震時の地盤の液状化が、最も重要な問題となっている。この問題を解決するために、数多くの液状化対策工法が提案されているが、今回我々は、その中の一つの振動棒工法の発展型として地表面に載荷板を載せ、吸水ポンプで強制的に排水させながら振動棒を貫入し、地盤をより締め固め、地盤の液状化強度を上げる工法を開発した。そこで、大型の土槽内での実験を行い、地表面沈下(平均密度変化)、コーン強度特性から、締め固め効果を判定した。

2. 実験試料

今回の実験に使用した試料は、表-1に示すような物理的性質をもつ能登産の砂である。図-1に示す粒径加積曲線では、粒度分布は、「特に液状化の可能性あり」の範囲内¹⁾に入っており、液状化しやすい砂ということが分る。

表-1 砂の物理的性質

砂 分 (%)	98.0
シルト分以下 (%)	2.0
最大粒径 (mm)	9.5
均等係数 U_e	2.62
曲率係数 U_c	1.30
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.646
最大密度 (g/cm^3)	1.527
最小密度 (g/cm^3)	1.252

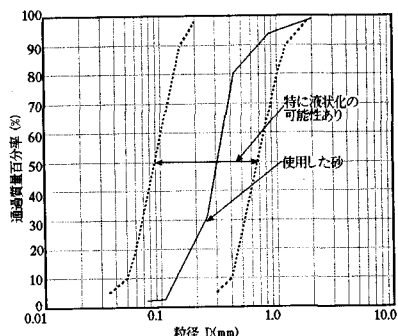


図-1 試料の粒度分布

3. 実験方法

今回の実験は、幅6.0m、奥行6.5m、深さ4.3mの大型土層において行われた。まず実験前の地盤の状態を把握するために地盤の高さを計測し、また、図-2に示す地点で電気式静的コーン貫入試験を行い、コーン指数 q_c を求めた。この測定後、地表面に縦2m横2m厚さ33cmで中央に直径50cmの穴の開いた重さ約3tの載荷板を載せ、この穴に図-3に示す重さ約900kgの振動棒をパイプロハンマーを使い振動させ貫入させた。この振動棒は、先端部に排水孔が有り、内部に表面をメッシュで覆った玉砂利が入っている構造となっ

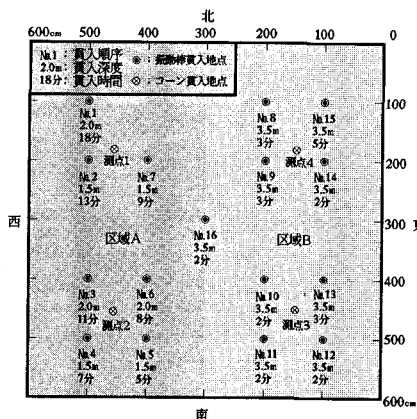


図-2 貫入地点

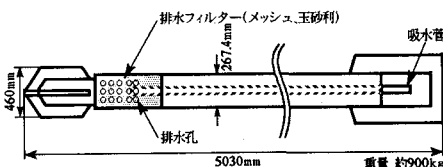


図-3 振動棒概略

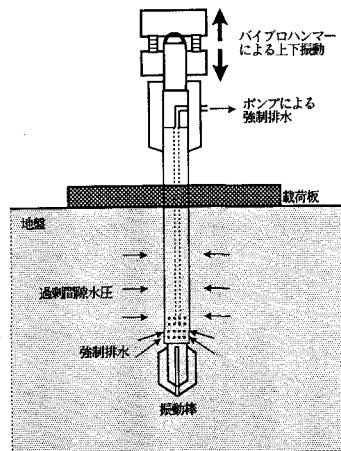


図-4 実験概略

ている。貫入後しばらく放置し過剰間隙水圧を消散させた後、同様に振動させながら振動棒を引き抜いた。この作業の間、吸水ポンプにより、強制的に排水させ過剰間隙水圧の消散を早めている。この一連の作業を、1工程として図-3に示す16点においてこの工程を行った。その後、改良効果を調べるために、実験前と同様に、地盤の高さを計測し、コーン貫入試験を行った。尚、図-4に工法の概念図を示している。

4. 実験結果

実験前半の区域Aにおいては、表-2に示す、起振力5.5t、重量729kgのバイプロハンマーで振動させ振動棒を貫入させたが、思った程貫入せず、結局、最高2m程度しか貫入しなかった。このため区域Bでは、起振力が2倍の11t、重量1320kgのバイプロハンマーにより貫入させた。この結果、図-3の振動棒貫入時間を見ても分かるように、区域Aでかかった貫入時間よりも、半以下の時間で地盤の最深部まで貫入できた。また、引き上げ時において区域Bでは、地盤をより締固めるために、50cm引き上げる毎に振動させながら、引き上げを30秒間停止している。

図-5は、実験終了後の地盤の沈下量を示しているが、全体で平均7.21cm、区域Aで平均7.95cm、区域Bで平均6.76cm沈下している。また、図-6に実験前と実験後のコーン貫入試験結果を示している。起振力が大きいバイプロハンマーを使用した区域Bより、区域Aの方が沈下量が大きく、 q_c の最大値も大きくなった。また両区域において、振動棒が貫入した最深部においてコーン指数 q_c が最大となり、その後、また小さくなっている。そこで、締固めエネルギー式²⁾

$$E' = a(w + P/2) \times (\text{周波数}) \times (\text{施工時間}) / d^2$$

a: 両振幅 w: 施工機重量 P: 起振力 d: パイルピッチ

によって締固めエネルギーを算定した。結果、区域Aの北で $1.4 \times 10^7 \text{ kg} \cdot \text{cm} / \text{m}^2$ 、南で $1.1 \times 10^7 \text{ kg} \cdot \text{cm} / \text{m}^2$ 、区域Bの北で $1.4 \times 10^7 \text{ kg} \cdot \text{cm} / \text{m}^2$ 、南で $1.6 \times 10^7 \text{ kg} \cdot \text{cm} / \text{m}^2$ となり、区域A、区域Bとも大きな違いはなかった。従って、この区域Aと区域Bの地盤沈下量とコーン指数 q_c の違いは、締固めエネルギーの他にも原因があると思われる。

今後は、施工サイクル、振動棒の貫入力、振動時間（貫入速度、停止時間、引抜き速度）、初期地盤密度等の検討を続けて行く予定である。

【参考文献】 1) 社団法人 日本港湾協会：港湾施設の技術上の基準・同解説

2) 佐藤、渡辺、奥山、荻野：高周波型サンドコンパクションパイル工法の砂質土盤への適用性

表-2 バイプロハンマーの仕様

機 種	A	B
モーター出力 (kW)	7.5	15
偏心モーメント (kg·cm)	300	700
振 動 数 (cpm)	1300	1200
起 振 力 (ton)	5.5	11.1
振 幅 (mm)	4.6	6.4
重 量 (kg)	729	1320
使用された区域	区域A	区域B

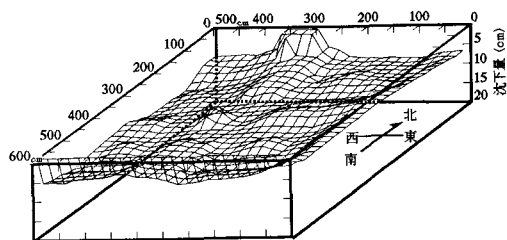


図-5 実験後の地盤沈下量

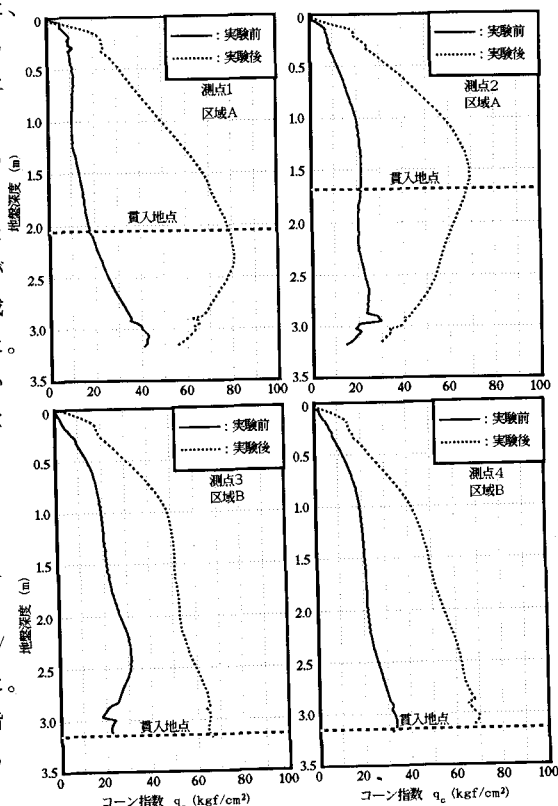


図-6 コーン貫入試験結果

第25回土質工学研究発表会 H2.6