

液状化対策工事における施工管理手法について

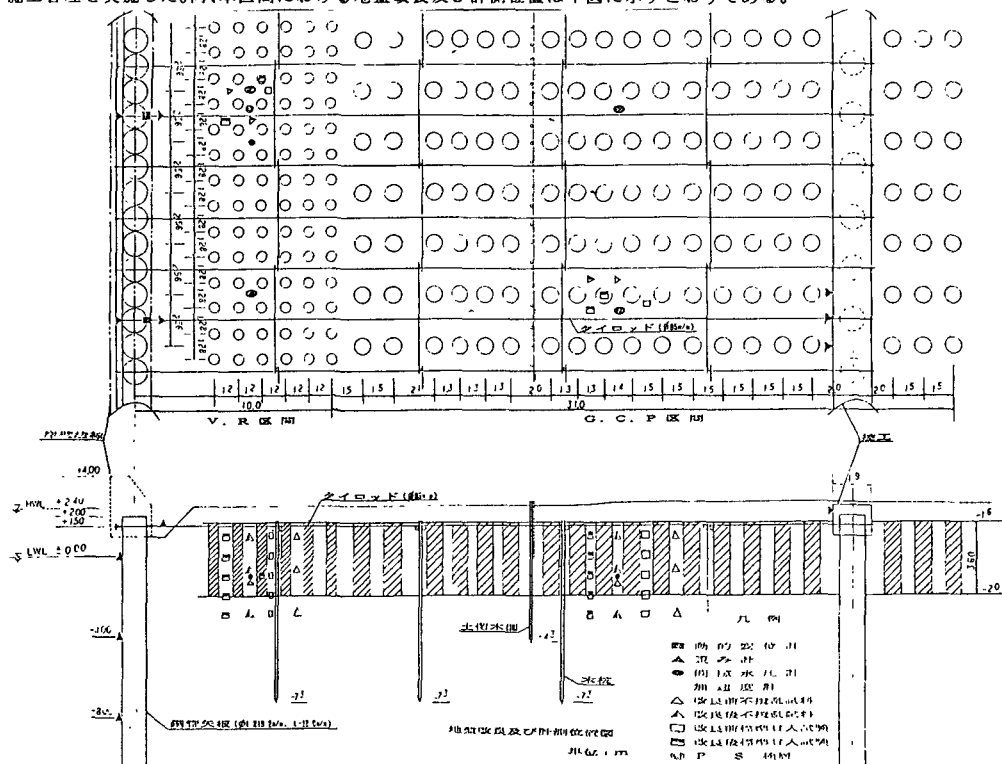
運輸省第五港湾建設局 衣浦港工事事務所 正 員 遠 藤 博  
 " " " 〇 田 辺 義夫  
 " 設 計 室 堀 口 健一

1. まえがき

本報告は、Ⅲ-36「係留施設の液状化による被害予測と対策」で紹介した液状化対策工事において実施した施工管理の手法と結果について述べるものである。

2. 施工管理概要

本工事は液状化対策として、グラベルコンパクションパイル工法(G・C・P)、振動棒締固め工法(V・R)の2工法を用いて地盤改良を実施したものであり、今後の液状化対策工事に今回の成果を反映させる意味から、締固めによる改良効果及び既設構造物への影響を種々の面からチェックすることを目的とし最初の工事区間において以下の項目について施工管理を実施した。尚、本区間における地盤改良及び計測位置は下図に示すとおりである。



| 施 工 管 理 項 目   | 内 容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 改 良 効 果 の 確 認 | <p>N 値 改良前後のN値を計測し、N値の増分量及び目標N値に達しているかを確認する。(これについては、一般の施工区域においても計測した。)</p> <p>P・S 検 層 改良前後のP波、S波を計測し、速度の増分量により改良効果を確認する。</p> <p>密度及び相対密度 改良前後の密度及び相対密度を計測し、各々の変化量により改良効果を確認する。</p> <p>振 動 三 軸 試 験 改良前後でサンドサンプリングを行い、振動三軸試験により液状化強度の増分量を確認する。</p> <p>加 速 度 及 び 間 隙 水 圧 改良前後の地盤において起振機による加速度及び間隙水圧の上昇を計測し間隙水圧の上昇がどれだけ低減されたか等を確認する。</p> |

| 既設構造物への影響 | 施工管理項目    | 内 容                                                  |
|-----------|-----------|------------------------------------------------------|
|           | 鋼管頭部の動的変位 | 鋼管矢板の頭部に加速度計を設置し加速度を積分することによって杭打設に伴う変位を計測する。         |
|           | 鋼管頭部の静的変位 | 鋼管矢板の頭部の変位をトランシット測量し、鋼管矢板の頭部の静的な変位を計測する。             |
|           | 鋼管側面歪み    | 鋼管矢板の側面に歪みゲージを取り付けておき、杭打設に伴う鋼管側面の歪み量を計測し、応力増分量に換算する。 |
|           | 控え工側面歪み   | 控え工の側面に歪みゲージを取り付けておき、杭打設に伴う控え工の歪み量を計測し、応力増分量に換算する。   |
|           | タイロッド歪み   | タイロッドの側面に歪みゲージを取り付けておき、杭打設に伴う控え工の歪み量を計測し、応力増分量に換算する。 |
|           | 加速度及び間隙水圧 | 鋼管矢板の近傍に加速度及び間隙水圧計を設置し、杭打設時の加速度及び間隙水圧の上昇量を計測する。      |

### 3. 施工管理の結果

#### (1) 改良効果の確認

1) N 値……………改良前のN値及び目標N値は下表に示すとおりである。

| 工 法 |             | G . C . P |       |       | V . R |      |      |
|-----|-------------|-----------|-------|-------|-------|------|------|
| N 値 | 位 置         | 杭 間       | 杭 際   | 杭 芯   | 杭 間   | 杭 際  | 杭 芯  |
|     | 改 良 前 の N 値 | 2.5       | 2.5   | 2.5   | 2.75  | 2.75 | 2.75 |
|     | 改 良 後 の N 値 | 14.63     | 16.17 | 24.38 | 16.88 | 16.0 | 10.5 |
|     | 目 標 N 値     | 14        | 14    | --    | 14    | 14   | --   |

2) P・S 検層……………改良深度の範囲においては、施工前で  $V_p = 170\text{m/sec}$ 、 $V_s = 110\text{m/sec}$   
 施工後で  $V_p = 550\text{m/sec}$ 、 $V_s = 220\text{m/sec}$ 、であった。  
 全体的に  $V_p$  速度、 $V_s$  速度とも施工後に増加している傾向がある。

3) 密度及び相対密度……密度は、 $0.06\sim 0.145\text{g/cm}^3$ 、相対密度は、 $15.3\sim 48.1\%$ 増加した。  
 各々の試験結果は、下表に示すとおりである。

| 施 工 前   |                                            |                        | 施 工 後   |                                            |                        | 改良前後の増分                                |              |
|---------|--------------------------------------------|------------------------|---------|--------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|--------------|
| 試 料     | 平均乾燥<br>密度 $\rho_d$<br>( $\text{g/cm}^3$ ) | 相対密度<br>D <sub>r</sub> | 試 料     | 平均乾燥<br>密度 $\rho_d$<br>( $\text{g/cm}^3$ ) | 相対密度<br>D <sub>r</sub> | $\Delta \rho_d$<br>( $\text{g/cm}^3$ ) | $\Delta D_r$ |
|         |                                            |                        |         |                                            |                        |                                        |              |
| G N02 1 | 1.249                                      | 52.7                   | G N01 1 | 1.394                                      | 68.0                   | 0.145                                  | 15.3         |
| 2       | 1.237                                      | 21.8                   | 2       | 1.297                                      | 68.5                   | 0.060                                  | 46.7         |
| 3       | 1.247                                      | 63.6                   | 3       | 1.359                                      | 92.5                   | 0.112                                  | 28.9         |
| V N02 1 | 1.297                                      | 50.2                   | V N01 1 | 1.451                                      | 98.3                   | 0.154                                  | 48.1         |

D<sub>r</sub>は、各試料の  $\rho_d$  の平均値とそれぞれの  $\rho_{d\max} \rho_{d\min}$  によって計算した。

4) 振動三軸試験……改良前後の液状化強度、 $R_{\ell 20}(\tau/\sigma'_{\nu})$ は、G・C・P工区では、0.125から0.22へ向上し、V・R工区では、0.138から0.257へ向上した。

5) 加速度及び間隙水圧

G・C・P打設時の加速度、間隙水圧の経時変化の記録から次のことが観察された。

- ① 加速度は、改良前と改良後を比較すると改良後の方が最大加速度で2倍程度の値となる。
- ② 改良後は、改良前に比較して、間隙水圧の上昇は極めて小さくなり、改良効果が明らかに認められる。
- ③ 間隙水圧の上昇は加速度発生よりやや遅れて進行する。

V・R打設時の加速度、間隙水圧の経時変化の記録から次のことが観察された。

- ① 加速度は、G・C・P工法の場合と同様に、改良後の方が大きな値(約1.6倍)となる。
- ② 過剰間隙水圧の発生状況については、改良前と改良後では明確な相違は認められない。

また、加速度と間隙水圧比との関係は、同じ加速度比に対して改良後の方が間隙水圧比の上昇量が低く、改良効果のあったことがわかった。

(2) 既設構造物への影響

- 1) 鋼管上部の動的変位……起振機の振動による動的変位は、杭1本につき、最大で、0.10mm程度でほとんど鋼管矢板に影響しなかった。
- 2) 鋼管上部の静的変位……砕石の裏込土への圧入に伴う静的変位は、海側に最大6.10m、平均40mm程度であった。
- 3) 鋼管側面歪み………全体的に鋼管側面歪みは、振動源の鋼管からの水平距離が近くなるに従い、増大する傾向が認められる。最大歪みは、許容応力度に比較して小さな値となっている。又 鋼管歪みの経時変化から、杭貫入及び打戻し時に歪みは増大し、引抜き時には、歪みは減少する傾向が認められる。
- 4) 控え工側面歪み………杭打設時の歪みは、極めて小さな値となっていることから、地盤改良工事の施工による控え工に対する影響は殆どないと考えられる。
- 5) タイロッド………タイロッドの歪みは、振動源の鋼管からの水平距離が近くなるに従い増加する傾向が全体的に認められ、水平距離が10m以内になると歪み量は急激に増加する。最大歪み量を引張応力に換算すると許容応力度の1/5程度となる。又歪みは、杭の打設に伴い急激に上昇し、杭の引抜き時には減少する傾向が認められる。
- 6) 加速度及び間隙水圧……振動源の鋼管からの水平距離と間隙水圧比の関係では、5m以内においては、G・C・P工区、V・R工区共に間隙水圧の急激な上昇がみられるが10m以上離れると間隙水圧の増加はみられない。又両工区共に、改良後の間隙水圧の低下がみられる。  
振動源の鋼管からの水平距離と加速度の関係では、G・C・P工区、V・R工区共に、5m以内になると、加速度の増大する傾向がみられる。10m以上離れると、50gal以下に減少している。

4. あ と が き

- (1) 港湾における液状化対策事例は、実施例が数少ないため、調査・観測・解析時に、既存データをあまり活用することができなかった。今回の対策工事で、今後の液状化対策の設計にとって有用なデータを得ることができたが、更に土質条件、施工条件、改良諸元等の要因についての施工データの蓄積に努める必要があると考えられる。
- (2) 既設岸壁の液状化対策工事においては、改良効果及び既設構造物への影響をいかに管理するかということが重要な課題である。

N値等の土質定数は杭打設後しか測定できず、迅速性が期待できない面があり、また、間隙水圧計及び加速度計はコスト高となる。このため、今後、杭打設中に容易に計測ができ、しかも即時に計測値を評価できる効果的な施工管理の検討が必要であると考えられる。