

## III-128

## 超高压噴射置換工法による既設H鋼杭の支持力増強について

その1 補強の考え方、室内付着強度試験、試験施工によるコアサンプリング

建設省川崎国道工事事務所

山川 朝生

建設省川崎国道工事事務所

吉川 吉明

建設省川崎国道工事事務所

正員○和田 祐二

(財) 国土開発技術研究センター

正員 柄川 伸一

## 1. まえがき

東京湾岸道路の羽田地区は東京国際空港のほぼ中央部に大断面の半地下形式で計画されており、そのうち羽田第2トンネルは供用中のB滑走路下を通過するという特殊条件下にある。滑走路の建設時に上スラブ、土留鋼矢板と仮設H鋼杭が埋設されている(図-1)が、当初計画のトンネル断面の変更等により滑走路下の掘削時にH鋼杭の支持力不足が懸念された。

このため、補強対策として、あらかじめ滑走路上より超高压噴射置換工法により、掘削底面以深におけるH鋼杭の周囲地盤を改良して支持力を高める方法について検討を行い、室内付着強度試験と原位コアサンプリングにより、この工法の適用性が確認された。

本報文は、超高压噴射置換工法による既設H鋼杭の支持力増強の考え方と上記試験に基づいた改良仕様の決定方法について報告するものである。

## 2. 土質概要

本トンネルの建設地点は、多摩川河口の埋立地で以前は水深1~3m程度の海面であり、昭和45年までに埋め立てが行われた。分布する地層は、埋立土層B<sub>s</sub>、沖積砂層A<sub>s</sub>、沖積粘土層A<sub>c2</sub>、洪積砂層D。の順となっており、土質条件は表-1に示すとおりである。

## 3. 既設H鋼杭の補強方法

図-2に示すように既設H鋼杭は、I断面に近い先端支持力は小さいと予想され、かつトンネル内部掘削時にA<sub>c2</sub>層への根入れ長が短くなるため、支持力不足が懸念される。この対応策として、H鋼杭の周囲地盤を改良することにより、H鋼杭の荷重が改良体を通じて支持層へ伝達できれば、滑走路に支障のない小さな沈下量で荷重支持が可能となる。このような補強方法は、H鋼杭と改良体間の付着により荷重伝達が行われることにより、成立するものである。

(1) H鋼杭と改良体間の付着強度試験 改良体の一軸圧縮強度と鋼材の付着強度との関係を調べることに着目し、室内付着強度試験を実施した。試験の結果、改良体の一軸圧縮強度 $q_u$ と鋼材との付着強度 $f_c$ の関係はほぼ $f_c = \frac{1}{20} \cdot q_u$ ……(1)で表されることがわかった(図-3)。試験は現場より採取したA<sub>c2</sub>層にセメントと水を練混ぜた改良土と鋼管を用いて押込み荷重を載荷し、荷重~変位関係を測定する方法によった。

(2) 目標改良強度 H鋼杭と改良体が一体となるための改良体の一軸圧縮強度は、改良体中の杭の支持力 $R_s$ 〔(2)式〕と作用荷重 $P$ を等値して求め、目標改良強度を $q_u = 50 \text{ kgf/cm}^2$ とした。 $R_s = \frac{1}{F_s} (q_u \cdot A_p + U \cdot l \cdot f_c)$ ……(2) ( $F_s$ : 安全率、 $q_u$ : 改良体中の杭の先端極限支持力度 $= 3 \cdot q_{u4}$ 、 $A_p$ : 杭の純断面積、 $U$ : 杭の周長、 $l$ : 改良体中の杭長、 $f_c$ : 改良体と杭の付着強度 $=$ (1)式)

(3) 改良方法 改良工法はA<sub>c2</sub>層中での固結強度が $50 \text{ kgf/cm}^2$ 以上で改良径が大きく、また上スラブへの穿孔径が小さいものが要求され、可能性がある工法として超高压噴射置換工法に着目した。この工法は、超高压噴流水とエア(圧力 $400 \text{ kgf/cm}^2$ )により地盤を切削してその空隙に注入剤を填充するもので、標準的な施工仕様では一軸圧縮強度は $10 \sim 50 \text{ kgf/cm}^2$ 程度、生成径は $2 \text{ m}$ 程度である。<sup>1)</sup>

改良体の平面的な配置形状は、改良体とH鋼杭の付着効果が最も高くなるような配置とした<sup>5)</sup>。また、改良深度に、改良体の支持力と沈下を考慮し支持砂層へ $2 \text{ m}$ の根入れを行うものとした(図-2)。

## 4. コラムジェットグラウトの施工仕様の決定

標準的な施工仕様(表-2のA-1案)では、目標とする改良強度が得られないと予想されるため、2次注入(表-1のA-2仕様)により強度を高める方法をとって、試験施工を行い、コアボーリングにより品質、強度および生成径を確認した。図-4に改良体の平面形状とボーリングコアの採取位置、表-3にコアの採取状態と一軸圧縮強度の分布を示す。この結果、A-2仕様の改良方法によれば、H鋼杭の周囲には均質で目標強度以上の改良体の造成が可能であることが確認された(表-3)。

## 5. まとめ

ここで得られた主要な結論をまとめると次のようになる。1) 室内付着強度試験による改良体と鋼材の付着強度の関係は、 $f_c = \frac{1}{20} \cdot q_u$ となる。2) 超高压噴射置換工法による2次注入(A-2仕様)では、 $q_u = 50 \text{ kgf/cm}^2$ の改良が可能である。なお、この結果に基づき、本報文(その2)で実物大の鉛直載荷試験により支持力特性の確認を行った。<sup>5)</sup>

最後に、本検討は「羽田道路施工検討委員会」の審議に基づいて実施されたものであることを追記し、検討をいただいた関係者各位に謝意を表します。

参考文献 1) ジェットグラウト研究会: ジェットグラウト工法技術資料 1982、2) 近藤他: ソイルセメント中のH形鋼の摩擦力補強に関する基礎的実験、第20回土質工学研究発表会、3) 土質工学会編: 土質基礎工学ライブラリー6、第6章、4) 日本道路協会: 道路橋示方書・下部構造編、第8章、5) 岡田他: 超高压噴射置換工法による既設H鋼杭の補強について(その2)、土木学会第43回年次学術講演集

表-1 土質条件

| 柱状図              | 平均<br>N値 | $\gamma_t$<br>(tf/m <sup>3</sup> ) | C<br>(tf/m <sup>2</sup> ) | $\phi$<br>(°) |
|------------------|----------|------------------------------------|---------------------------|---------------|
| B <sub>s</sub>   | 7        | 1.8                                | —                         | 26            |
| A <sub>s</sub>   | 8        | 1.9                                | —                         | 27            |
| A <sub>s</sub> ' | 3        | 1.65                               | 5.0                       | —             |
| A <sub>s</sub>   | 15       | 1.8                                | —                         | 30            |
| D <sub>s</sub>   | 37       | 1.9                                | —                         | 40            |

表-2 施工仕様一覧表

| タイプ | 1 次 注 入                                   |                                              |                                                  |         | 2 次 注 入                                         |         | A <sub>s2</sub> 層<br>目標速度<br>q <sub>u</sub> |
|-----|-------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------|---------|---------------------------------------------|
|     | 超高压水                                      | エアー                                          | 注入材                                              | 引揚速度    | 注入材                                             | 引揚速度    |                                             |
| A-1 | 300<br>~400kg/cm <sup>2</sup><br>70 l/min | 6~7kg/cm <sup>2</sup><br>1000~<br>3000 l/min | 20~40kg/cm <sup>2</sup><br>180 l/min<br>W/C=100% | 20min/m | —                                               | —       | —                                           |
| A-2 | "                                         | "                                            | "                                                | "       | 20~40kg/cm <sup>2</sup><br>180 l/min<br>W/C=50% | 10min/m | 50kg/cm <sup>2</sup>                        |

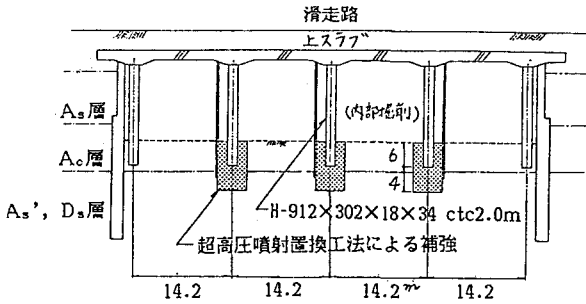


図-1 超高压喷射置換工法による支持力増強断面図

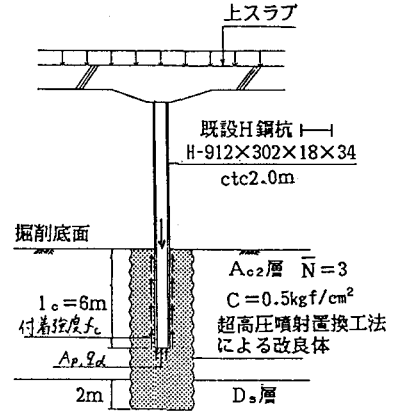


図-2 支持力補強杭の支持機構（概念図）

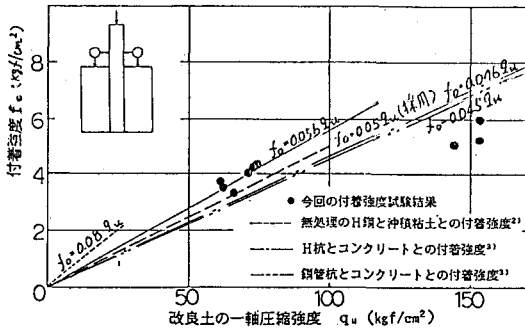
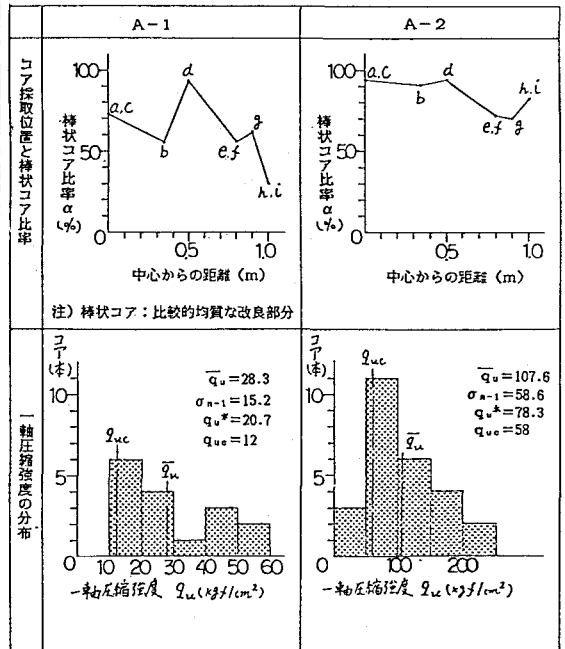


図-3 付着強度  $f_a$  と一軸圧縮強度  $q_u$  の関係

表-3 コアの採取状態と一軸圧縮強度の分布



注) ・a, b, ……i は図-4の平面位置を示すものである。

・ $\bar{q}_u$ : コア強度、 $q_{uc}$ : 改良体の強度  $= \alpha \cdot (\bar{q}_u - \frac{1}{2} \sigma_{n-1})$ 、

$\alpha$ : ボーリングコア中における良質な棒状コアの比率

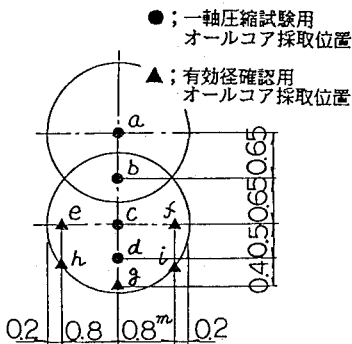


図-4 改良体の平面形状とコア採取位置