

# 岩盤における鋼管杭の押込み・引抜き抵抗に関する室内試験及び杭の鉛直載荷試験 その1

東亜建設工業(株) 正会員 ○田口 博文 山田卓生 (株)大林組 正会員 嶋田 洋一 稲積 一訓  
JFEスチール(株) 正会員 辰見 ター (株)ガンケン 正会員 中島 通宏  
東京理科大学 フェロー会員 菊池 喜昭

## 1. はじめに

筆者らは、特殊バイブロハンマと岩盤穿孔時に発生する岩粉の洗浄機能としての低圧の水ジェットを併用した岩盤杭打ち工法(以下はガンパイル工法)によって岩盤に直接打設・貫入された鋼管杭について、岩盤根入れ部で周面抵抗力が発揮できる施工法と岩盤における杭の押込み・引抜き抵抗力の評価方法の確立を目指している。本稿ではガンパイル工法の概要、その施工法を確立する目的で実施した室内試験および施工法について報告する。

## 2. 岩盤杭打ち工法の概要

通常の杭打工法で施工困難な岩盤への杭打工事では岩盤の「削孔」と杭の「建込」の二段構えの施工が必要である。ガンパイル工法はこれらの手間を省くために強度の大きい鋼杭を穿孔棒として基盤岩へ直接打設する方法である。図-1に特殊バイブロ機と工法の原理を示す。長時間の運転に対応するために専用の特殊バイブロ機を用いて打設する。打撃効率を上げるために杭の先端部から噴出する低圧の水ジェットで岩砕粉を洗浄除去(すり磨き作用)しながら鋼杭・鋼矢板を打設・貫入させる工法である。また、杭と岩部の隙間にグラウトを注入することにより杭の引抜き抵抗力を発揮できる。対象とする岩盤の一軸圧縮強さは、 $5 \text{ MN/m}^2 \leq q_u \leq 100 \text{ MN/m}^2$  である。

## 3. 室内試験

### (1) グラウト配合試験

この工法で用いるグラウトには、流動性がよく、グラウトの材料分離を起こさないものが要求される。そこで、グラウトの配合試験を行った。グラウトの構成は水道水(W)、普通ポルトランドセメント(C)、膨張材(低添加型コンクリート膨張材:B)、増粘材(ベントナイト:D)である。表-1に配合計画表を示す。グラウトは各材料をソイルミキサーで攪拌して作製した。水、セメントを入れ1分間攪拌した後、膨張材、増粘材を入れ4分間攪拌して製造した。グラウトの流動性はフロー試験

(JHS313-1999、フロー値の目標 50~75 cm以上)とPロート試験(JSCE-F521-1999、Pロート値の目標 15秒以下)で確認した。また、材料分離性はブリーディング試験(JSDE-F522-2013、ブリーディング率の目標 15%以下)と固化したグラウトの一軸圧縮試験(28日養生)で確認した。表-2に試験結果を示す。流動性、材料分離防止の双方に良好なケースは④-1であることから、グラウトの基本配合は④-1に設定した。

### (2) 充填確認試験

本試験はグラウトが杭と岩の隙間に実際の注入法で確実に充填されるかを確認するために行った。試験装置の土槽は縦 1200mm×横 1200mm×高さ 1500mmで、図-2に試験装置を上方から見た平面図を示す。土槽内にはガンパイル工法で岩に施工した際にできる隙間を模擬したφ400とφ500(h1000)のボイド管を2重に設置し、外側と内側に砂を充填した。2重管の中間にφ450mm×h1000mmの鋼管杭を設置した。グラウト(配合④-1)はボイド管の外管と内管の隙間に充填した。充填3日後にボイド管を解体してグラウトの充填状況を目視で確認した。また、杭体のグ

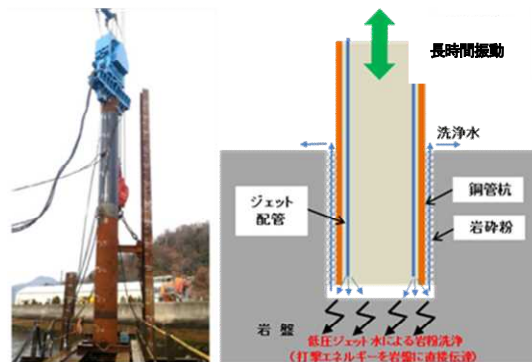


図-1 特殊バイブロ機と工法の原理

表-1 配合計画表

| No. | W/C (%) | W (g) | C (g) | D (g) | B (g) | 備考           |
|-----|---------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| ①   | 100     | 1500  | 1500  |       |       |              |
| ②   | 100     | 1500  | 1350  | 150   |       | 膨張材:10%置換    |
| ③   | 50      | 1500  | 2700  | 300   |       |              |
| ④-1 | 100     | 1500  | 1350  | 150   | 75    | 増粘材:セメントの5%  |
| ④-2 | 100     | 1500  | 1350  | 150   | 150   | 増粘材:セメントの10% |
| ④-3 | 100     | 1500  | 1350  | 150   | 300   | 増粘材:セメントの20% |

表-2 グラウト配合試験結果

| No. | フロー値 (cm) | Pロート値 (秒) | ブリーディング量 (CC) | 一軸圧縮強さ (Mpa) |
|-----|-----------|-----------|---------------|--------------|
| ①   | 65        | 7"97      | 129(32%)      | —            |
| ②   | 65        | 8"03      | 118(30%)      | —            |
| ③   | 24        | 27"71     | 12(3%)        | 37.9         |
| ④-1 | 54        | 9"15      | 53(13%)       | 9.4          |
| ④-2 | 41.5      | 11"31     | 24(16%)       | 7.1          |
| ④-3 | 18        | NG        | 5(1%)         | 1.9          |

キーワード 岩盤, 鋼管杭, ガンパイル工法, グラウト, グラウト配合試験, 充填確認試験, 付着強度試験  
連絡先 〒163-1031 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パークタワー31F TEL03-6757-3861

ラウト固化部から上中下の3箇所て固化体をサンプリグして、重量・体積を計測して密度を算出した(表-3)。目視より、グラウトは確実に充填されており、密度試験結果から、上段ではやや密度が小さくなっているが、全般にグラウト固化体の品質にばらつきが少ないことが確認された。

(3) 付着強度試験

付着強度試験は、小型の試験体を作製し、鋼管とモルタルとの付着強度を確認するために行った。図-3に試験体概要を示す。鋼管杭と岩を模擬するため、2重管(鋼管と塩ビ管)の隙間にグラウトを充填したものとした。また、鋼管杭を模擬するため内管には125Aの鋼管を、外側には岩を模擬した塩ビ管(VU250)を用いた。表-4に試験ケースおよびグラウトの配合を示す。付着試験はグラウトを打設してから28日後に行った。鋼管に溶接した底板(厚さ9mm)を下向きに押すことで、鋼管とグラウトの付着強度を求めた。グラウト配合表のW/Bは水粉体比、Wは水道水、B=C(セメント)+膨張材である。

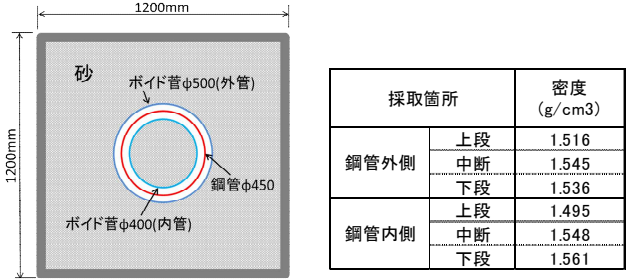


図-2 試験装置平面図

表-4 試験ケースとグラウトの配合

| 試験ケース | W/B (%) | W (kg/m <sup>3</sup> ) | C (kg/m <sup>3</sup> ) | B (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ①     | 100     | 760                    | 760                    | -                      |
| ②     | 60      | 655                    | 1092                   | -                      |
| ③     | 100     | 760                    | 684                    | 76(10%置換)              |

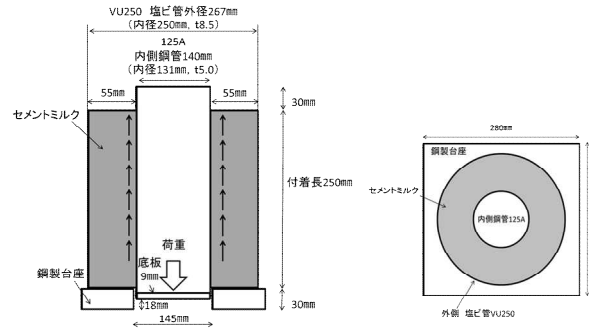


図-3 試験体概要

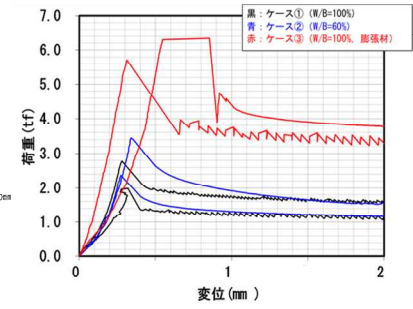


図-4 各ケースの荷重-変位関係

表-5 付着強度試験結果

| 実験ケース | 最大荷重 (t) | 付着面積 (mm <sup>2</sup> ) | 付着強度 (kN/m <sup>2</sup> ) | 平均付着強度 (kN/m <sup>2</sup> ) | 一軸圧縮強度(平均) (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------|----------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| ①     | 1.96     | 109,956                 | 176.47                    | 213                         | 22.1                            |
|       | 2.8      |                         | 249.55                    |                             |                                 |
| ②     | 2.4      | 109,956                 | 213.9                     | 268                         | 34.9                            |
|       | 3.47     |                         | 309.27                    |                             |                                 |
| ③     | 6.33     | 109,956                 | 564.17                    | 537                         | 22.5                            |
|       | 5.75     |                         | 509.81                    |                             |                                 |

図-4に各ケースの荷重-変位関係を、表-5に付着強度試験結果を示す。試験結果より、グラウトの圧縮強度が大きいほど付着強度が大きくなるが、その違いよりも、ケース3のように膨張材を混合した場合には、膨張材を添加していないケース付着強度が2倍以上も大きくなることが確認された。

4. 引抜き抵抗が期待できる施工法

ガンパイル工法では、杭が岩盤を破碎しながら施工するので、杭と岩に隙間ができる。本工法では、杭と岩部の隙間にグラウトを注入して、グラウトが固化することで付着力を発揮する。そこで、鋼管杭打設後、隙間にグラウトを確実に充填できる施工法が重要となる。図-5にグラウト注入手順を示す。グラウト注入量(注入量は隙間部体積(50mm)の10%割増しを基準とする)、グラウト注入時間、鋼管杭引上げ速度、鋼管杭再打設速度(1.0m/分)を管理項目としてグラウト注入施工を行ことで、クリアランス部に確実にグラウトを注入できるようになる。

グラウト注入開始 → 鋼管杭引上げ・グラウト注入 → グラウト注入終了 → 鋼管杭再貫入 → 鋼管杭設計深度到達

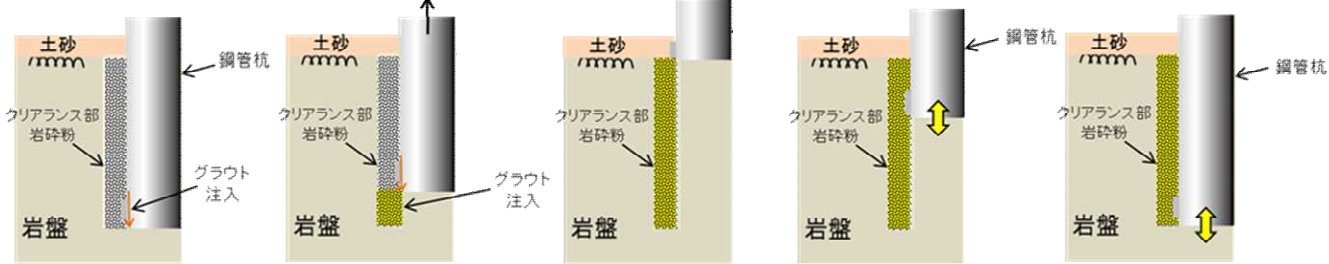


図-5 グラウト注入手順

5. おわりに

グラウトの配合試験、充填確認試験、付着強度試験の基礎実験を行い、杭と岩部の隙間にグラウトを確実に注入し、杭の引抜き抵抗を発揮できるグラウトの基本配合を決定した。また、引抜き抵抗が期待できるグラウト注入法を示した(その2の載荷試験で確認)。