

ガンテツパイル (鋼管ソイルセメント杭工法)

掘 切 節・昇 健 次

大都市部を中心とした建設活動に伴う大量の建設発生土が問題となっており、基礎杭工法においても建設発生土の少ない工法、あるいは建設発生土が有効に活用し得る合理的な工法が求められている。ガンテツパイルは、このような要求に応えるべく開発した基礎杭工法である。

ガンテツパイルは、地盤中に造成したソイルセメント柱（固化体）と外面突起付き鋼管から構成される、低排土の杭基礎工法である。また、高い支持力を有しているため、杭本数の削減とフーチング規模の縮小が可能となり、コスト縮減にも寄与できる。

本稿では、ガンテツパイルの施工法、施工管理手法および特徴的な施工事例について述べる。

キーワード：杭基礎、鋼管ソイルセメント杭、低排土、建設発生土、環境、高支持力、施工管理、外面突起付き鋼管

1. はじめに

ガンテツパイルは、環境への配慮から生じた建設発生土低減への社会的要求、基礎の耐震性能と建設コスト縮減への要求、施工品質向上への要求などに対する回答として、基礎施工会社と鋼管材料メーカーが共同開発した基礎杭工法である。

平成9年頃から道路橋基礎を中心に採用が増加し、平成14年道路橋示方書には新しい杭基礎工法（名称：鋼管ソイルセメント杭）の一つとして取り上げられている。

本稿では、ガンテツパイルの施工法を中心に、施工管理方法や施工事例について報告する。

2. ガンテツパイルの概要

(1) ガンテツパイルの構造

ガンテツパイルは、セメントミルクを地盤中に注入攪拌することにより造成したソイルセメント柱（固化体）と、外面突起付き鋼管を一体化させた基礎杭である。杭構造を図1に示す。ソイルセメント柱の強度は、杭一般部においては、ソイルセメント柱と外面突起付き鋼管との付着力がソイルセメント柱と地盤との摩擦力を上回るように、また、杭先端部においては、鋼管の押し抜きに対するソイルセメントの抵抗が杭先端地盤の極限支持力より大きくなるように決定する。一般には、表1に示す一軸圧縮強度をソイルセメ

ント柱の標準強度としている。写真1に杭先端部を掘り起こし、切断した状況を示す。

外面突起付き鋼管は図2に示すように、突起高さは2.5mm、突起間隔は40mm、管軸直角方向に対

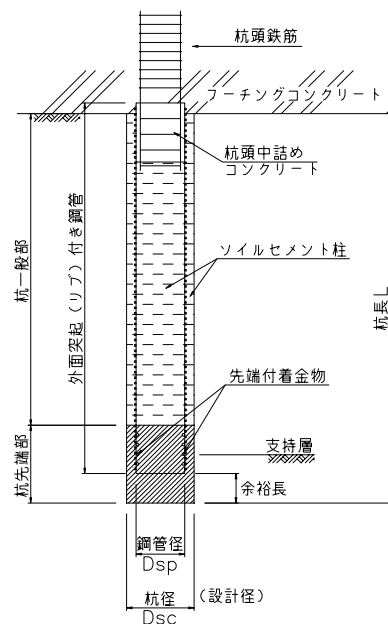
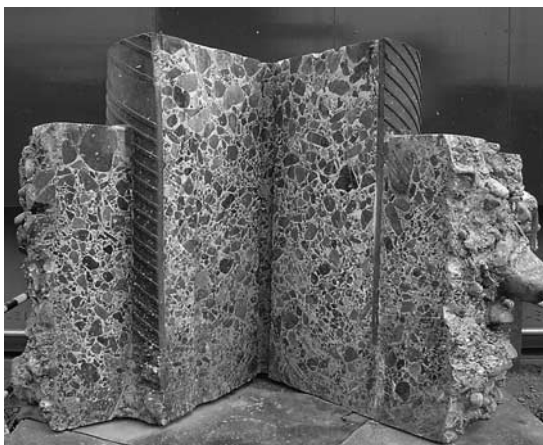


図1 ガンテツパイルの構造

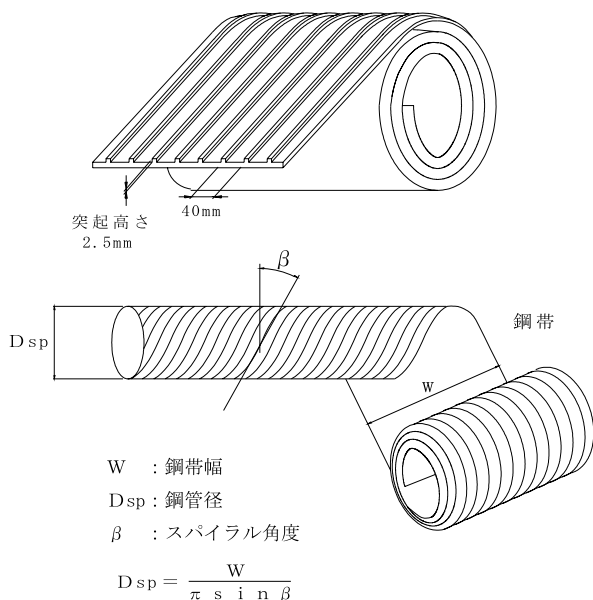
表1 ソイルセメント柱の標準強度

杭の部位	地盤	q_u (kN/m ²)
杭一般部	砂質土	1,000
	粘性土	750
杭先端部	砂・砂れき	15,000



写真一 杭先端部の造成状況（砂礫地盤）
（現場造成杭を掘り起こし後に切断し断面を撮影）

する突起の角度（スパイラル角度）40度以下を標準としている。また、杭先端部には鋼管内部でもソイルセメント柱との一体性を保つため、鋼管内面に付着金物を設けている。



図一 外面突起付き鋼管の仕様

(2) ガンテツパイルの特長

(a) 環境に優しい工法

- ①現地盤の土を有効に活用してソイルセメント柱を造成するため、建設発生土が少ない（杭体体積の50%以下）。また、その建設発生土はセメント改良土として、同一現場内で盛り土や埋め戻し土に転用可能である。

- ②低騒音・低振動で施工できる（リバース工法と同レベル）。

(b) 地盤を緩めない施工方法

杭の施工において、現地土を積極的に排出せず現地

土とほぼ同比重のソイルセメントが常時満たされており液圧として孔壁に作用するため、杭周辺地盤を緩めない。これにより、

- ①周面摩擦力、先端支持力ともに安定した性能が得られる。摩擦杭としての適用性も高い。
- ②高い被圧水下でも特別な対策を講じることなく施工可能である。

(c) 高い支持力特性

- ①外面突起付き鋼管とソイルセメント柱が一体挙動するため、鋼管径より200～400mm大きなソイルセメント柱径を設計径として支持力を評価できる。
- ②じん性が高い鋼管を応力材として使用しているため、耐震性能に優れている。

(d) 高品質・高能率施工

- ①独自の施工管理システムにより施工状況（セメントミルク注入量、掘進速度、支持層への到達状況など）を確認しながら施工することができる。
- ②長尺杭を施工する場合でも、ソイルセメント柱と鋼管の心ずれを防止する独自のスタビライザーを用いることで、鋼管外周のソイルセメント柱厚さを確保できる（同時沈設方式）。

3. 施工方法

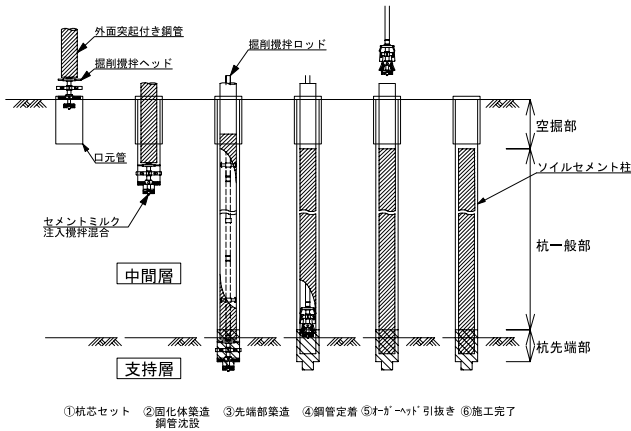
ガンテツパイルの施工方法は、①ソイルセメント柱の築造と同時に鋼管を沈設する「同時沈設方式（Type I）」と、②ソイルセメント柱築造後に鋼管を沈設する「後沈設方式（Type II）」の2方式がある。

(1) 同時沈設方式

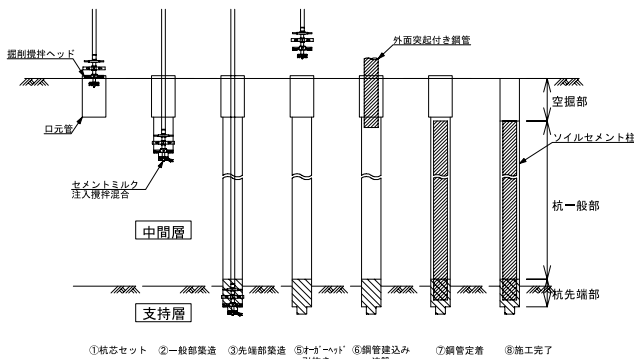
同時沈設方式は、口元管を地盤内に圧入などにより設置した後、外面突起付き鋼管とその中に挿入されているロッドを吊込み、駆動装置に接続してからロッド先端に拡開・縮閉可能な掘削攪拌ヘッドを取付け、杭心にセットする。地盤を掘削しながら、ヘッド先端より杭一般部に用いる配合のセメントミルクを注入攪拌してソイルセメント柱を造成し、同時に鋼管を回転沈設する。継杭の場合は、下杭の施工完了後、クレーンでスタビライザー付きロッドを挿入した中杭もしくは上杭の建込みを行う。掘削深度が支持層付近（一般部下端）に達したら、杭先端部に用いる配合のセメントミルクを注入しながら掘削攪拌を行い、杭先端部ソイルセメント柱を造成する。最後に所定深さに鋼管を定着する。図一3に同時沈設方式の施工手順概要を示す。

(2) 後沈設方式

後沈設方式は、セメントミルクを注入しながら地盤



図一三 同時沈設方式の施工手順



図一四 後沈設方式の施工手順

を掘削攪拌する。ソイルセメント柱の造成方法は同時沈設方式と同様に行い、その後、ソイルセメントがまだ固まらないうちに鋼管を所定深さに沈設し杭体を築造する。図一四に後沈設方式の施工手順概要を示す。

4. 施工機械

ガントツパイルで使用する施工機械は、①施工機本体（装備重量 80～135 t 級）、②杭の吊り込み等の補助作業を行うクローラークレーン、③セメントミルクの作製および注入作業を行うセメントミルクプラント等のプラント設備、④整地や余剰土の処理等を行うバックホウ、⑤施工管理機器等により構成される。

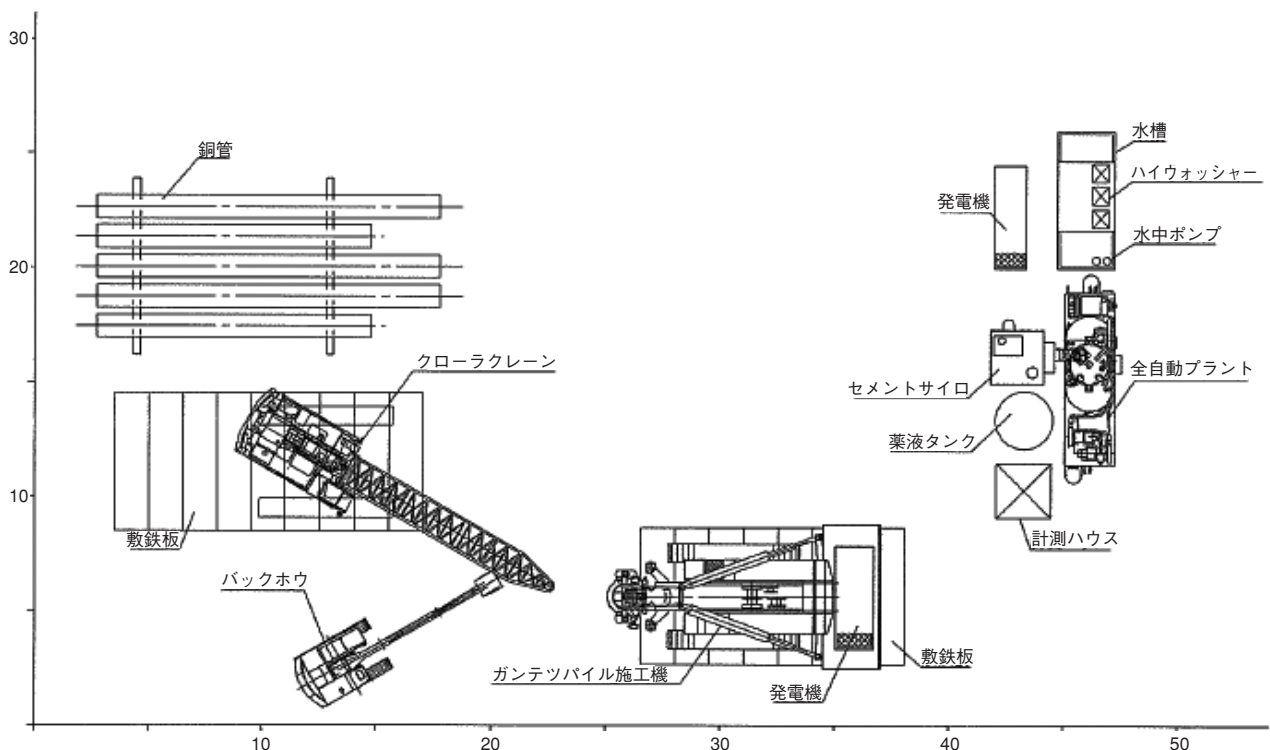
図一五にガントツパイルの施工機械を示す。

(1) 同時沈設方式施工機

同時沈設施工機は、原位置地盤を掘削攪拌でき、同時に鋼管を回転沈設できる能力が要求される。

リーダ部分には、ガントツパイル専用の掘削装置が装備されている。ガントツパイルの掘削装置は、掘削攪拌ロッド・ヘッドを回転駆動する電動オーガ（110～150 kW）、鋼管を回転沈設するための鋼管回転装置（油圧駆動 340 kN・m）および、鋼管を上下動、圧入できる油圧シリンダが一体型で装備されている。

また、施工機ベースマシン（120 t 級以上）は、電



図一五 ガントツパイルの施工機械

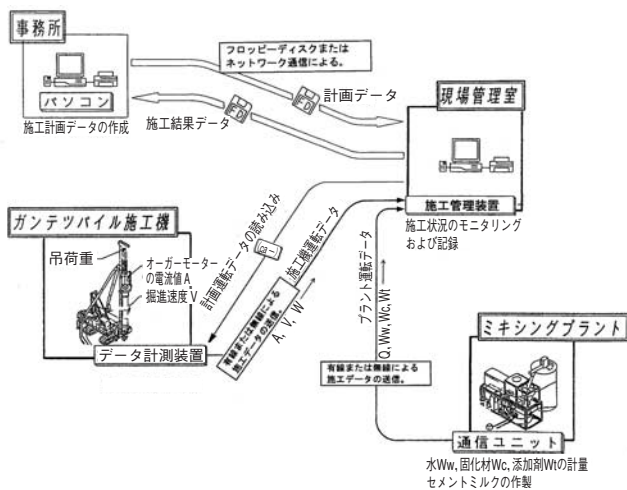
動オーガや鋼管回転装置の回転トルクに耐え得るようリーダ・ステー部の補強や各種油圧駆動装置への油圧源取出しのための専用改造がなされている。

(2) 後沈設方式施工機

後沈設施工機は、同時沈設方式と比較して汎用的な施工機（80 t級以上）が適用でき、リーダ部分には掘削攪拌ロッド・ヘッドの回転駆動と鋼管を回転沈設するための電動オーガ（60～150 kW）を装備する。また、後沈設方式では小型の施工機械が適用できることから地盤条件によっては狭隘なヤードでの施工が可能である。

5. 施工管理

施工は、所要の性能を発揮できるように、掘削・沈設、支持層、注入量など、十分な施工管理を行う必要がある。図—6にガンテツパイルの施工管理システムの概要を示す。



図—6 施工管理システムの概要

施工管理システムは、施工機に装備したデータ計測装置、現場内に設置した施工管理装置を主として構成されている。データ計測装置は、ソイルセメント築造時の深度、速度、セメントミルクの注入量やオーガ負荷等のデータを施工管理装置に送信する。施工管理装置では、これらのデータを処理・記録し画面表示することで支持層への杭先端根入れ状況等、施工状況をリアルタイムで確認することができる。また、セメントミルクプラントから、水・セメント・添加材料の計量値等、セメントミルクの作製状況を施工管理装置に送信することもできる。

以下に、各施工段階における管理方法を記す。

(1) 施工着手前の管理

施工前に施工機器の性能を確認・照査する（キャリブレーション）。

確認項目は、掘削攪拌翼の長さ（ソイルセメント柱径）や深度計、速度計、プラント計量器、流量計などの計器精度がある。

(2) 掘削・沈設の管理

(a) 杭心の精度

杭心の精度を確保するために、杭打設位置の施工基盤面に口元管を設置する。口元管は、あらかじめ杭心から直角2方向に逃げ心を設け、逃げ心からの距離を測定し設置する。次に、掘削攪拌翼先端の軸心を同様に所定の杭心に合わせる。鋼管沈設時には、写真—2に示すような心出し装置を用いて施工精度を確保する。



写真—2 心出し装置

(b) 杭の鉛直精度

杭の鉛直性は、施工機械の鉛直度検出装置やトランシットなどを用いて、施工機械および鋼管の鉛直度により管理する。

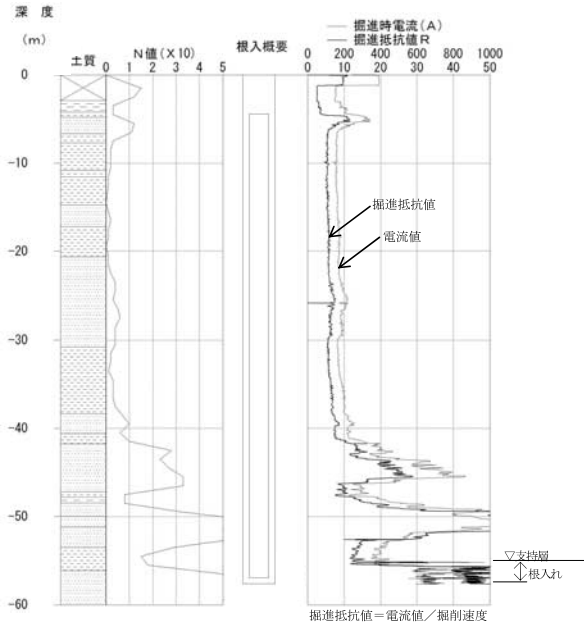
(3) 支持層の管理

支持層の管理は、事前の土質調査と掘削深度データをもとに掘削攪拌軸のトルク（電流値、油圧値）などの掘削抵抗の変化を管理計で測定しながら行う。支持層付近の深度に達した際に、セメントミルクの配合・注入量を杭先端部用に切り替え、掘削速度をできるだけ一定に保ち、支持層への到達および根入れを確実に進行。支持層の管理例を図—7に示す。

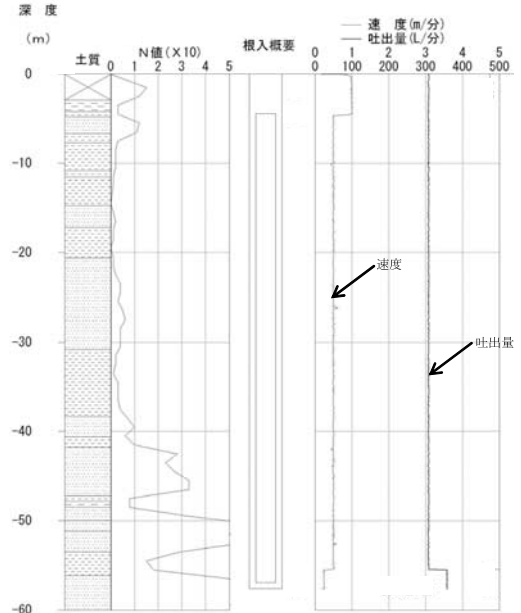
(4) 注入の管理

(a) セメントミルクの配合

セメントミルクの配合は、施工試験や施工実績より



図一七 支持層の管理例



図一八 セメントミルクの注入管理例

定めた、ソイルセメントの品質を確保できる標準的な配合条件を基本とする。表一 2 に標準的な配合条件を示す。ただし、杭一般部を構成する地盤に腐植土を多量に含むなどソイルセメントの品質に影響を及ぼすと考えられる場合には、施工に先立ち原位置土を用いた室内配合試験を行い、実施配合を決定する。

水、固化材および添加材料などの各材料は、ソイルセメント柱が所定の品質を得られるように、プラントの計量器などで質量または容積を計測し、併せてセメントミルクの比重を適宜測定することで管理する。

(b) セメントミルクの注入量

注入量は、プラントで作成したセメントミルクの混練量の確認を行うとともに、掘削攪拌時のセメントミルク吐出量が配合条件より設定される値を満足していることを流量計で確認する。なお、注入に使用するグラウトポンプは、杭一般部および杭先端部の配合条件や掘削速度に応じた設定が可能となる吐出量可変型を用いる。図一 8 に注入管理記録例を示す。

(c) 掘削攪拌

掘削速度は、施工方法、土質条件、掘削攪拌翼の回転数、セメントミルクの注入条件などを踏まえ、ソイ

ルセメントの品質を確保できる値に設定し、掘削深度計や掘削速度計などで管理する。標準的な掘削速度は、杭一般部で 1.0 m/分以下、杭先端部で 0.25 m/分程度である。

ソイルセメント柱の強度を確認するために、各現場で 1～2 回の頻度で、杭一般部では施工時に未だ固まらない状態のソイルセメント試料を採取し、所定材令での一軸圧縮試験を行う。杭先端部では、プラントより採取したセメントミルクの供試体を用いて一軸圧縮強度試験を行う。

(5) 鋼管接合部の管理

鋼管接合部は、現場溶接継手を基本とするが、施工時間や施工条件（空頭高さ）の制約などから、機械式継手を用いる場合もある。

現場溶接継手の場合、溶接品質を確保するため、事前に溶接部付近の外表面突起を切削除去しておく。現場溶接部の品質確認は、外観検査を基本として良否を判断する。また、超音波探傷試験などで検査を行う場合もある。

表一 2 標準的な配合条件

部位	土質	固化材 C (kg)	ベントナイト, 増粘剤 B (kg)	水 W (kg)	水・固化材比 W/(B+C) (%)	硬化遅延剤 固化材重量比 (%)
空掘部	—	150	適宜	150 ~ 225	100 ~ 150	0 ~ 5.0
一般部	砂質土 粘性土	300 ~ 400	〃	300 ~ 600	100 ~ 150	0 ~ 5.0
先端部	砂・砂礫	1,000	〃	600	60	0 ~ 1.0

(原位置土 1 m³ あたり)

6. 施工事例

(1) 施工例 1

[作業構台上での施工例]

施工地：三重県

杭明細：φ 1000/800 L = 31.5 m

施工状況：養殖池内での杭施工

杭打設範囲の外周を鋼矢板で一次閉切り後、作業構台上で長尺の口元管を使用してガンテツパイルの施工を行った。杭施工に伴い発生する発生土は、バキューム車による吸引を行い処理した(図-9, 写真-3)。

(2) 施工例 2

[鉄道営業線に近接した施工例]

- ・最も近接した杭は、列車軌道中心より 3.9 m。
- ・地盤性状は、GL から - 30 m 付近まで軟弱な粘性土が堆積する(中間砂礫層を挟む)状況。
- ・鉄道営業線に有害な変状等を与えることなく完了。

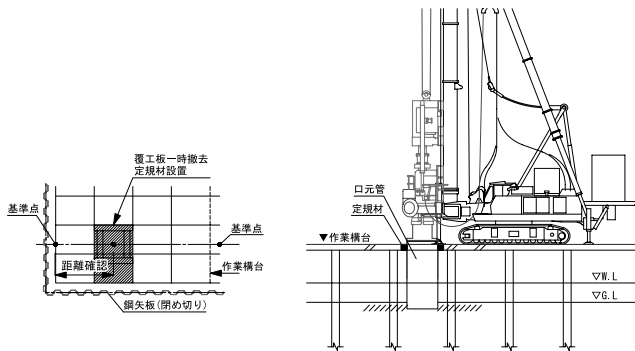


図-9 施工例 1 構台施工状況



写真-3 施工例 1 構台施工状況

- ・杭明細：φ 1200/1000 L = 34.0 m ~ 38.0 m (図-10, 写真-4)

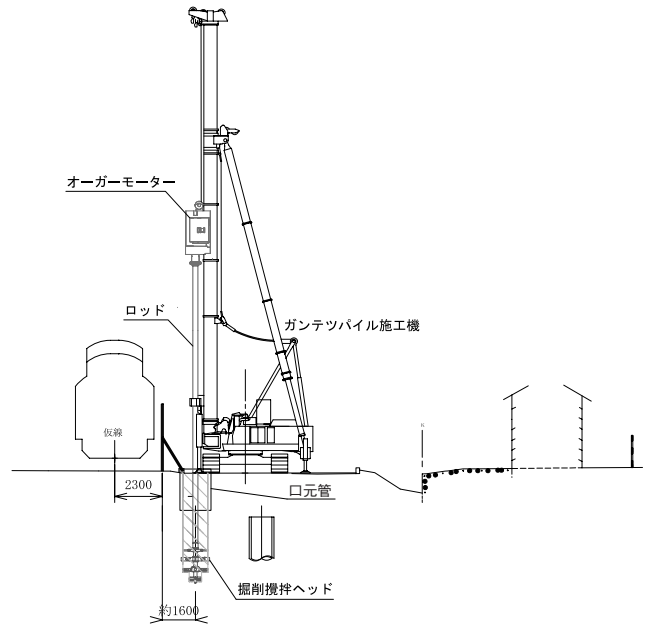


図-10 施工例 2 近接施工状況

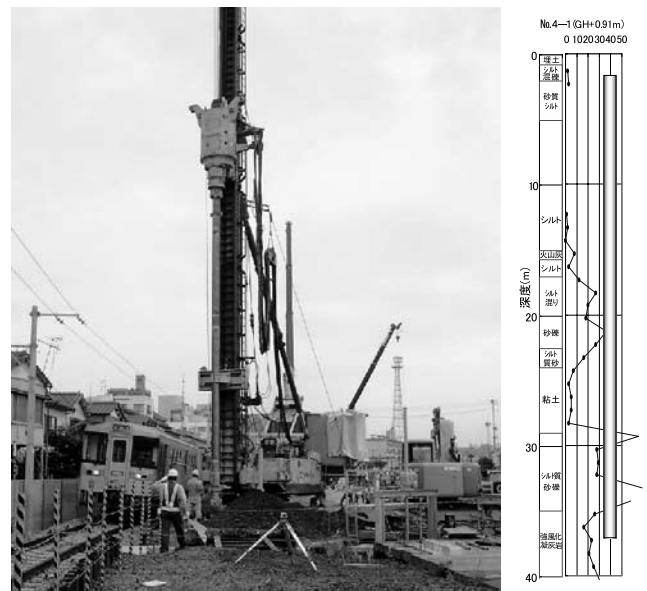


写真-4 施工例 2 近接施工状況

7. おわりに

本稿では、ガンテツパイルの施工技術を中心に述べたが、建設コスト縮減への要求に対しては、ガンテツパイルの特長を十分に生かした合理的な設計を行うことが重要である。例えば、支持層が深い場合には、ガンテツパイルの高く、安定した周面摩擦力を活かして摩擦杭仕様を検討すること、あるいは、設計条件に応じた鋼管径とソイルセメント柱径の最適な組み合わせ仕様を検討することなどが挙げられる。また、建設発

生土の低減に対する要求に対しては、参考文献3)に発生土の現場活用方法について詳しく述べているので参照されたい。

今後も、社会、ユーザーの要求に回答すべく、本工法の改良、改善にも努めていきたい。 JCM A

《参考文献》

- 1) (財)国土技術研究センター：ガントツパイル（鋼管ソイルセメント杭工法）、一般土木工法・技術審査証明報告書（2006.1）
- 2) (社)日本道路協会：杭基礎施工便覧，pp203-216（2007.1）
- 3) 加藤・山路：鋼管ソイルセメント杭の発生土の有効活用と評価事例，基礎工，pp78-82（2004.8）
- 4) 昇・山口：新しい鋼管杭基礎工法－鋼管ソイルセメント杭，基礎工，pp56-60（2006.12）
- 5) 堀切・田中：鋼管ソイルセメント杭工法の施工管理例，基礎工，pp62-64（2007.10）

【筆者紹介】

堀切 節（ほりきり たかし）
 (株)テクノックス
 工務部
 工務一課長



昇 健次（のぼり けんじ）
 (株)クボタ
 鋼管技術部
 土建技術グループ長



建設の施工企画 2006年バックナンバー

平成18年1月号（第671号）～平成18年12月号（第682号）

1月号（第671号）
夢特集

5月号（第675号）
施工現場の安全特集

10月号（第680号）
情報化施工とIT特集

2月号（第672号）
環境特集 温暖化防止に向けて
（大気汚染防止・軽減）特集

6月号（第676号）
リサイクル特集

11月号（第681号）
ロボット・無人化施工特集

3月号（第673号）
環境特集 環境改善（水質浄化・土壌浄化）

7月号（第677号）
防災特集

12月号（第682号）
基礎工事特集

4月号（第674号）
特集 品確法 公共工事の品質確保

8月号（第678号）
標準化特集

■体裁 A4判
 ■定価 各1部840円
 （本体800円）

9月号（第679号）
維持管理・延命化・長寿命化特集

■送料 100円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>