

# 低残土・低騒音・低振動鋼管杭工法“ガンテツパイル工法”

New Steel Pipe Pile Method, “Gantetsu Pile Method”, with Low Surplus Soil, Noise and Vibration

寺崎 滋樹<sup>(1)</sup>  
Shigeki TERASAKI  
木下 雅敬<sup>(3)</sup>  
Masanori KINOSHITA

佐藤 光一<sup>(2)</sup>  
Koichi SATO  
原田 稔<sup>(4)</sup>  
Minoru HARADA

鳥崎 肇一<sup>(1)</sup>  
Keiichi TORIZAKI  
小林 正治<sup>(4)</sup>  
Masaharu KOBAYASHI

岡 扶樹<sup>(1)</sup>  
Tomomi OKA  
片山 猛<sup>(5)</sup>  
Takeshi KATAYAMA

## 抄 録

“ガンテツパイル工法”は、建設残土の少ない、低騒音、低振動の鋼管杭工法である。本鋼管杭工法の開発は基礎工法においても建設残土問題への対応が近い将来必須になると考え、開発のコンセプトの一つとして低残土をすえ着手したものである。建設残土低減への取り組みの背景、開発コンセプトとその実現化のための基本技術の考案、組み合わせを中心に紹介した。

## Abstract

The "Gantetsu pile method" is a steel pipe pile method with few surplus construction soil and low noise and vibration. The development of this steel pipe pile method focused on "few surplus soil" as chief development concept by considering that the disposal of surplus soil from the construction of foundations would become a pressing issue in the near future. The background for the initiative taken in reducing the volume of surplus construction soil, the development concept involved, and the basic technology and ideas employed to achieve the objective are described.

## 1. 緒 言

“ガンテツパイル工法”は、建設残土の少ない、低騒音、低振動の鋼管杭工法である。本鋼管杭工法の開発は、約11年前、1988年頃に着手したが、開発当時は“建設残土問題”が行政で取り上げられ始めた時期でもあった。場所打ちコンクリート杭などのような地下に孔を掘り掘削土砂を排出する基礎工法は建設残土の一つの発生源となる。建設残土発生量の全体に占める割合は大きくないにせよ、基礎工法においても建設残土問題への対応が近い将来必須になると考え、新日本製鐵では“低建設残土”型の基礎工法の開発に着手した。

ガンテツパイル工法は、1995年国土開発技術研究センターにおいて一般土木工法・技術審査証明を取得し、また1998年建築分野で建設大臣認定を取得している。最近では低コスト工法、耐震性に優れた工法としても認知され、橋梁基礎を中心とする土木基礎及び建築基礎に普及し始めている。

本技術は既に報告<sup>1)</sup>されているので、本報では建設残土低減への取り組みの背景、開発コンセプト、その実現をはかるためどのような基本技術を考案し組み合わせたかを中心に紹介する。

## 2. 建設残土低減への取り組みの背景

1980年代前半頃より建設残土問題が建設行政課題の一つとして取り上げられ、行政としての取り組み、技術開発が始まった(表1参照)。新日本製鐵では、このような社会・技術動向に応えるため、基礎分野でも建設残土への対応を模索し、1988年頃ガンテツパイル工法に着手した。

建設残土問題とは、建設残土が本来再利用可能な資材でありながら、建設工事で場外に排出される土量が公共工事、民間宅地造成工事などで再利用される量を大幅に上回っているため、慢性的に供給過剰状態にあり、その内陸部受け入れ地の確保が困難になりつつあるとともに時には不法投棄が行われ環境問題を引き起こすことを指すことが多い。図1に示すように、1993年度の建設残土発生量は437百万m<sup>3</sup>にも達し、発生残土全体の概ね2/3が再利用されず、山砂、砂利などの採取跡地や谷地などの内陸部受け入れ地に搬出されている。最近では場外搬出のためのトラック輸送が建設現場周辺道路の交通渋滞を引き起こすことを問題視することも多く、場外搬出つまり建設残土発生そのものが建設残土問題としてみなされることが多くなってきた。

\*<sup>(1)</sup> 建材開発技術部 マネジャー  
東京都千代田区大手町2-6-3 ☎100-8071 ☎(03)3275-7746  
\*<sup>(2)</sup> 北海道支店 マネジャー

\*<sup>(3)</sup> 鉄鋼研究所 鋼構造研究開発センター 主任研究員  
\*<sup>(4)</sup> 建材営業部マネジャー  
\*<sup>(5)</sup> 建材開発技術部 グループリーダー

表1 行政レベル、技術開発での建設残土問題への取組み例(開発着手時)

行政レベル	時期	取組み例
行政レベル	1983年	総合的建設残土対策研究会の設置(建設省)
	1990年	首都圏建設資源高度化センター設立 (東京都等が出資する建設発生土の受入れ地確保・搬入管理会社)
技術開発(建設省)	1981~85年度	建設事業への廃棄物利用技術の開発
総合プロジェクト	1992~96年度	建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発

出典：総合的建設副産物対策平成8年度版(建設副産物リサイクル広報推進会議)

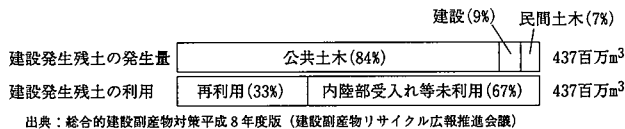


図1 建設発生残土の発生量及びその利用状況(1993年度)

### 3. 開発コンセプトと実現化基本技術

#### 3.1 開発コンセプト

建設副産物対策の基本は、発生の抑制、再利用の促進、適正処理の徹底の三つである。ガンテツパイル工法の実現においては、基礎工法においても建設残土問題への対応が近い将来必須になると考え、上記基本対策の内建設残土発生の抑制を基本コンセプトの一つに据えた。

したがって、表2に示すようにガンテツパイル工法は改善目標を残土発生量の多い場所打ちコンクリート杭工法と位置づけ、開発コンセプトを低建設残土施工に低騒音・低振動施工、低コスト、高品質”を加え、環境にやさしく低コスト、高品質の鋼管杭工法の実現を目指した。

#### 3.2 実現化基本技術

上記のコンセプトを全部満足することは非常に困難であった。実現化のキーワードはソイルセメントの利用と杭材への活用である。

##### 3.2.1 低建設残土施工、低騒音・低振動施工の基本技術

ソイルセメントとは、現地盤中にセメントミルクを注入、現地土と攪拌し、現地土を骨材として杭施工現場で築造されるセメント系の固化体である。施工中は柔らかく、固化すると硬くなる性質がある。そのため現地盤をソイルセメント化することにより、(1)施工中の残土発生が少なくでき(低残土)、(2)鋼管杭の埋設施工時の地盤抵抗

表2 ガンテツパイル工法の実現化基本技術

開発コンセプト	実現化のための基本技術
低建設残土施工	・現地土の固化、ソイルセメント化
低騒音・低振動施工	・現場土のソイルセメント化による施工時の貫入抵抗の低減
低コスト	・現場造成ソイルセメント柱の杭材としての活用 ・現場造成ソイルセメント柱と外面突起付き鋼管との複合杭化(高耐力、残土低減)
高品質	・テノコラム工法と外面突起付き鋼管利用(品質) ・同時埋設工法の採用(施工精度) ・施工管理システム(支持層管理、施工データ保存、ほか)

抗を小さくすることができるので、従来の低騒音・低振動施工機械(アースオーガー・圧入施工など)で鋼管杭埋設施工が可能(低騒音、低振動)となる。

##### 3.2.2 低コスト、高品質化のための基本技術

また低コスト化を実現するため、施工時に現場造成したソイルセメント柱(固化体)を施工後の杭材として積極的に活用することを着想した。つまりこれまで事例のなかったソイルセメント柱と鋼管杭の現場造成複合杭とし、高支持力かつ鋼管杭よりひとまわり(直径で200~400mm程度)大きな大径杭を目指すことにした(図2参照)。そのため実現化技術として、(1)ソイルセメント柱の高品質化技術、(2)複合杭化のための鋼管杭外面付着力向上技術、(3)鋼管杭とソイルセメント柱の芯ずれ防止施工技術の三つが必要となった。

ソイルセメント柱の高品質化技術は、それまで地盤改良工法として品質に定評のあったテノックス社開発技術であるテノコラム工法をソイルセメント造成基本技術に組み込むことで解決した。一般常識としてソイルセメントの品質確保のためには、一方向一軸回転攪拌方式ではソイルセメント中に土塊が残るなどの品質低下が発生するため、正逆二軸反転攪拌方式により攪拌するのがよいことが分かっている。ただし正逆二軸反転の攪拌方式では攪拌ロッドが二重管になるなど機構が複雑になるので、施工上故障が発生しやすい、ロッド現場接続に時間を要するなどの技術課題が生じる。

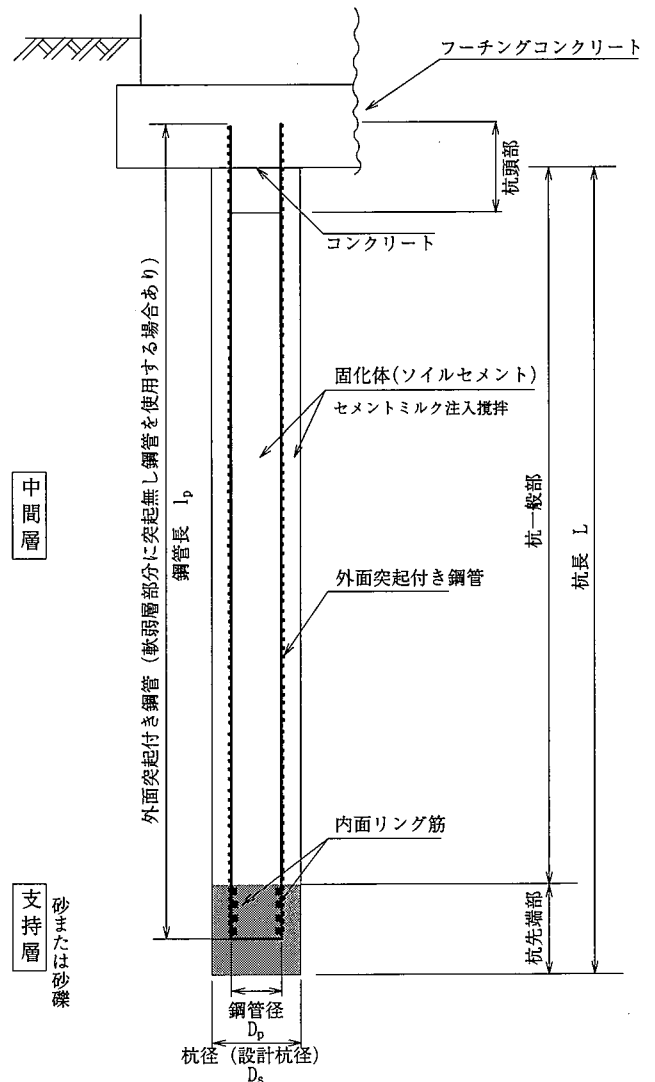


図2 ガンテツパイルの模式図

テノコラム工法は図3に示すように、回転ロッドに固定されていない共回り防止翼(施工中は地山に食い込み回転しない)を掘削混合装置の一翼に設けることにより、一軸回転方式でありながら正逆二軸反転の攪拌方式の品質が確保できる工法であり、これによりソイルセメント柱の高品質化と施工の簡素化が同時に達成できるようになった。

第2番目の技術課題である複合杭化のための鋼管杭外面付着力向上技術は、それまでにコンクリート中詰め合成杭で使用していた突起付き鋼板を利用し、外面突起付き鋼管として使用することにより解決した(図4参照)。合成化に必要なソイルセメント柱と鋼管杭との付着力の確保は、付着力がソイルセメントの一軸圧縮強度の関数であることから、ソイルセメント柱の一軸圧縮強度を目標強度以上にするようセメントミルク濃度の配合を決定することで解決した。

最後の鋼管杭とソイルセメント柱の芯ずれ防止施工技術であるが、これはソイルセメント柱の造設と鋼管の埋設施工を同時に行う同時埋設施工により解決した(図5参照)。同時埋設施工の最大の技術課題は、掘削混合翼の拡張機構の決定であった。ソイルセメント柱の外径が鋼管径より200~400mm大きいので、掘削混合翼が鋼管径より大きくなるので、同時埋設施工の場合、鋼管を所定の支持層深さまで埋設後、掘削混合翼を折りたたんで引き上げる必要がある。油圧あるいはねじなどを使用した機械式では拡張機構が複雑になり、正反回転方向で拡張する機構はソイルセメント柱の施工径の保証ができないなどの課題がある。

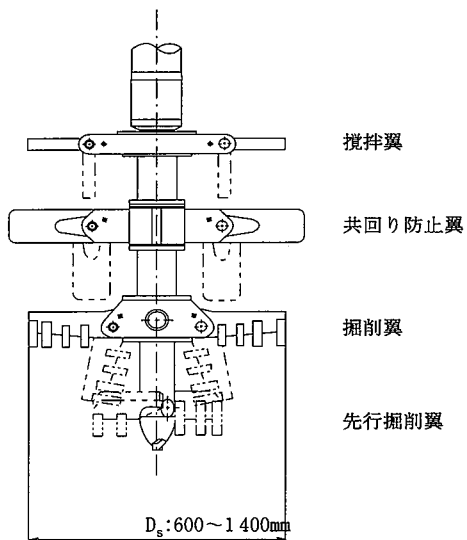


図3 掘削・混合装置

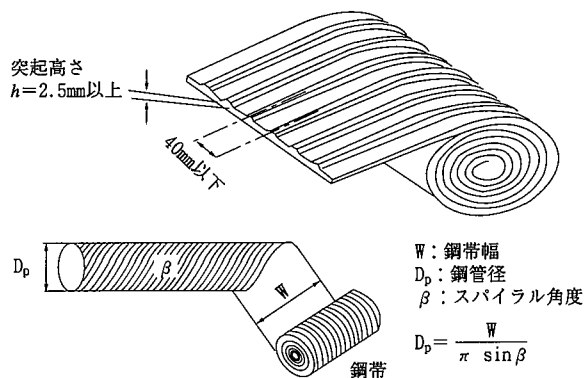
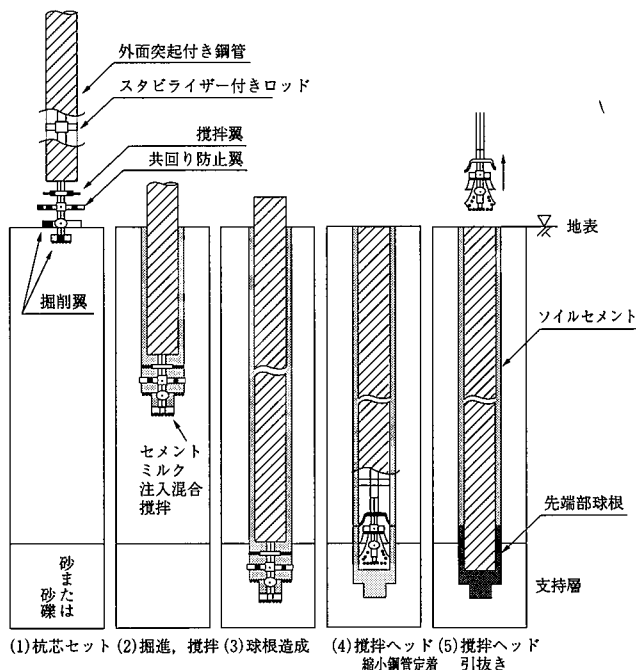


図4 外面突起付き鋼管用鋼帯と製造方法



(1)杭芯セット (2)掘進, 攪拌 (3)球根造成 (4)攪拌ヘッド縮小鋼管定着 (5)攪拌ヘッド引抜き

図5 ガンテツパイルの施工手順

ガンテツパイル工法では、掘削攪拌翼の途中に2本のピン(構造用主ピンと施工時補助ピン)で支持するピン構造を設け、施工中は2本のピンで固定、拡張し、施工後は鋼管の先端を支点として2本の内1本のピン(施工時補助ピン)を切断し縮小する単純な機構をもつ掘削混合翼の考案により、単純かつ確実な施工法を実現した(図3参照)。なお高品質化のため、支持層の管理、施工データを保存する施工管理システムも考案し組み込んでいる。

#### 4. 開発コンセプトの実現レベル

##### 4.1 低建設残土

ガンテツパイル工法(実測値)と場所打ちコンクリート杭との排出土量の比較データ(杭体積を基準とした排出土量率で表示)を図6に示す。本工法の排出土量は、同じ杭体積の場合、場所打ちコンクリートの1/3~1/4程度と小さいことが分かる。実際の設計では、ガンテツパイルの杭先端面積は先端支持層の大きさの違いから場所打ちコンクリート杭の1/2程度に小さくできることから、同一の設計条件では排出土量が1/6~1/8程度に小さくなり、低建設残土が実現できていることが分かる。なお、残土ゼロにできない理由は、ソイルセメント柱造成にセメントミルクを注入するので、セメント

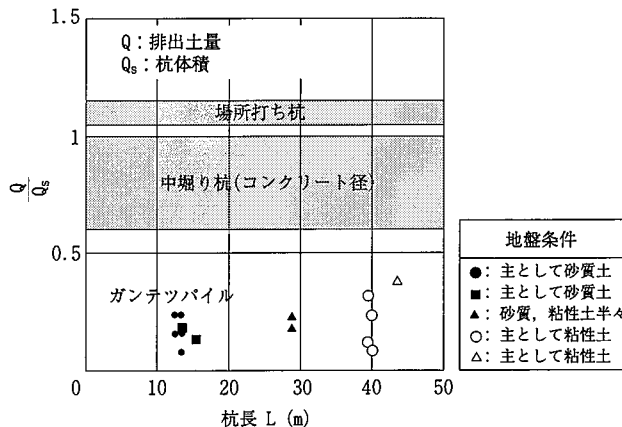


図6 排出土量/杭体積の比と杭長の関係

ミルク注入量程度の土砂排出が生じるためである。

4.2 低騒音, 低振動

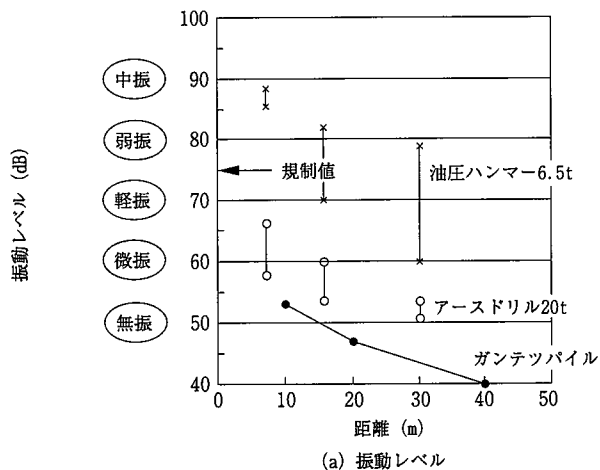
図7に騒音, 振動の現場での測定例を示す。ガンテツパイル工法の騒音, 振動は, 規制値は当然のことながら, 場所打ちコンクリート杭(アースドリル工法)以下に抑制できていることが分かる。

4.3 低コスト

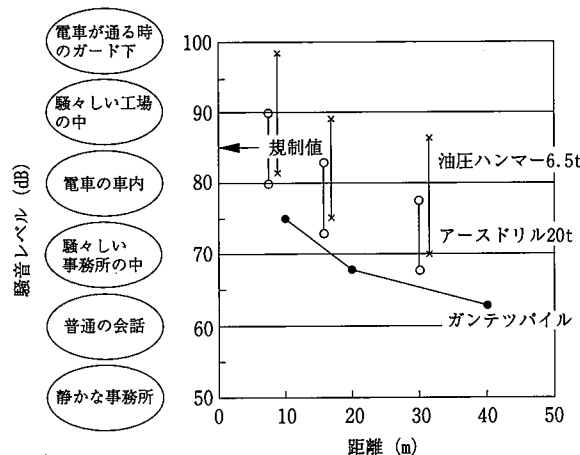
図8に土木橋梁基礎に使用した場合の場所打ちコンクリート杭(リバース工法)及び鋼管中掘工法(参考)と比較した経済比較例を示す。ガンテツパイル工法は場所打ちコンクリート杭に対し, 杭工事費(材料及び施工)で8%, フーチング工事費込み(材料及び施工)で17%程度経済的になっている。これは主として, (1)杭先端設計支持力度がガンテツパイル工法の場合砂で最大7 500kN/m<sup>2</sup>(砂礫の場合最大10 000kN/m<sup>2</sup>)であるのに対して, 場所打ちコンクリート杭は最大でも3 000kN/m<sup>2</sup>であり, ガンテツパイル工法の方が杭本数が少なくできること, (2)そのためガンテツパイル工法の方がコンクリートフーチングを小さくできるためである。

4.4 高品質

ソイルセメント発現強度の一例として, 14現場(砂地盤, 砂礫地盤)で造成した杭の杭先端部ソイルセメントの平均コア強度(一軸圧縮強度)を表3に示す。同表によれば杭先端部ソイルセメントの平均コア強度は砂地盤で24.1N/mm<sup>2</sup>, 礫地盤で22.5N/mm<sup>2</sup>であり, 複合杭化に必要な杭先端部の一軸圧縮強度15~16N/mm<sup>2</sup>を十分満足していることが分かる。写真1は砂礫地盤の現場で造成し掘り起こした杭先端部の断面写真(掘り起こし後切断)である。ソイルセメントが分離せず外面突起付き鋼管に十分付着し, 複合杭として機能していることが見てとれる。

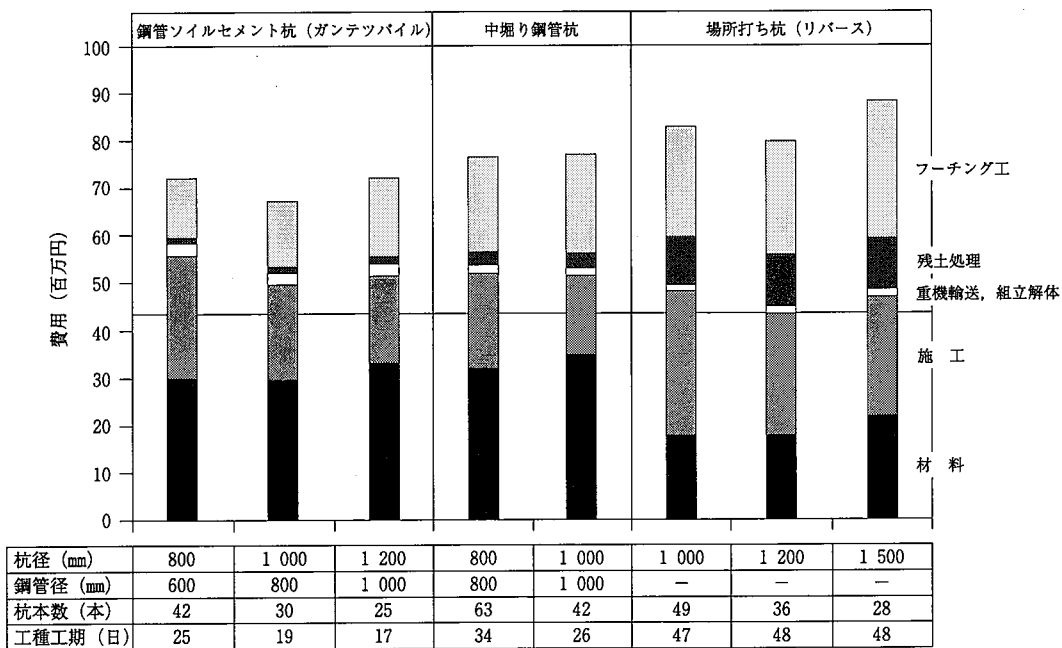


(a) 振動レベル



(b) 騒音レベル

図7 ガンテツパイル施工時の振動・騒音レベル



(軟弱地盤, 杭長25m橋脚下端作用力: 垂直方向=55 000kN, 水平方向=15 000kN, モーメント=14 000tkN・m)

図8 ガンテツパイルの経済性検討例

表3 杭先端部ソイルセメントの平均コア強度

先端地盤種別	砂	砂礫
データ数(個)	78	24
平均コア強度(N/mm <sup>2</sup> )	24.1	22.5

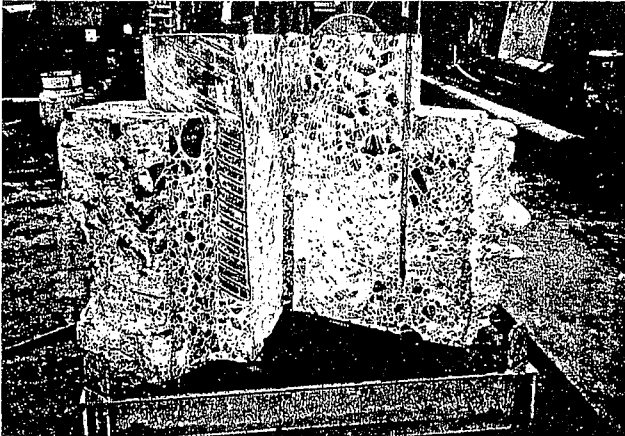


写真1 ガンテツパイルの先端部の造成状況(砂礫地盤)  
現場造成杭を掘り起こした後に切断して断面を撮影

## 5. 施工実績及び採用理由

ガンテツパイル工法は、第二名神高速道路基礎(写真2参照)などで採用され、1998年6月現在で土木分野で9件9000t強、建築分野で24件16000tの実績がある。大半はガンテツパイル工法が低騒音・低振動工法で低コストであることによる採用である。低建設残土が主要因となって採用された実績はまだ建築基礎の敷件に限られるが、近年、都市部近郊で内陸部処分場の確保が困難になってきたため残土処分費が高騰するプロジェクトも増加傾向にあり、それにとともに低建設残土工法であるガンテツパイル工法の引き合いが急増しつつある。またガンテツパイル工法により排出されたソイルセ

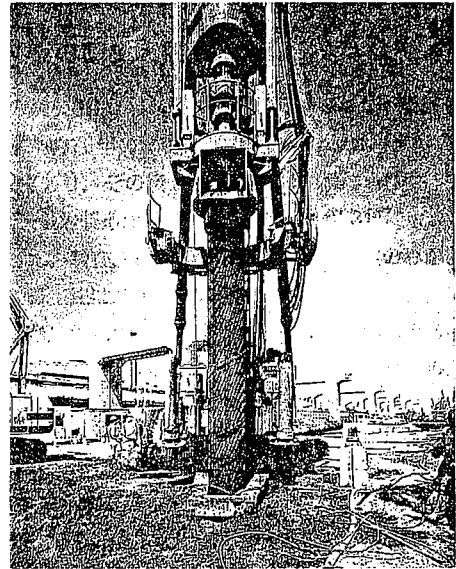


写真2 第二名神高速道路における施工状況

メントは良質な改良土であることが着目され、杭施工現場あるいは近傍工事の盛り土材などに活用できるなどのメリットもあわせて評価されつつある。

## 6. 結言

ガンテツパイル工法は、低残土、低騒音、低振動と環境に優しい工法として開発したが、今後もコストダウン、適用拡大のための技術開発をはかり、改善、改良を進めていく予定である。

なお、開発にあたっては、住宅都市整備公団、クボタ、テクノックスを始め日本道路公団など多数の関係者の指導、協力によるところが大きい。感謝の念を表したい。

### 参考文献

- 岡 ほか:鋼管ソイルセメント杭(ガンテツパイル)の開発と商品化. 新日鐵技報. (368), 11(1998)