

各種排水工事における 新技術を用いた施工事例 —既製杭機械式継手・COMPASS工法—

鉄建建設株式会社 土木本部 土木設計部 課長

高山 真揮

1 はじめに

建設業にとって、建設技能者の高齢化・担い手不足といった課題を抱えるなか、社会資本整備の担い手としての役割を果たすためには、生産性向上を図ることが必要不可欠である。本稿では、排水機場工事建設で採用した既製コンクリート杭機械式継手、及び排水路新設工事で採用した小断面非開削工法の、工法概要と施工事例について報告する。

2 既製コンクリート杭機械式継手

2-1 工法概要

既製杭の現場接合の方法としては、従来から現場溶接継手が多く用いられている。その一方で、気象条件の影響を受けやすいことや溶接作業および検査に必要な有資格者が高齢化により不足しているといった課題が存在する。これらの課題を解決するため機械式継手が開発され、主に建築分野の既製コンクリート杭での採用から始まり、土木分野においても平成二十九年に土木研究センターの建設技術審査証明の取得、令和二年度杭基礎設計便覧への掲載と普及が進みつつある。

機械式継手（T・Pジョイント）の概略図を図1に示す。あらかじめ杭の上下端部に取り付けられた継手部材を現地で嵌合させる構造であり、溶接継手と比較し、以下の特長が挙げられる。

①気象条件の影響を受けにくく品質が

安定し、施工時に特殊な技能者を必要としない。
②接続に要する作業時間が短い。
③高止まりなどが発生した際に継手解除が容易であり、杭の再利用が可能である。

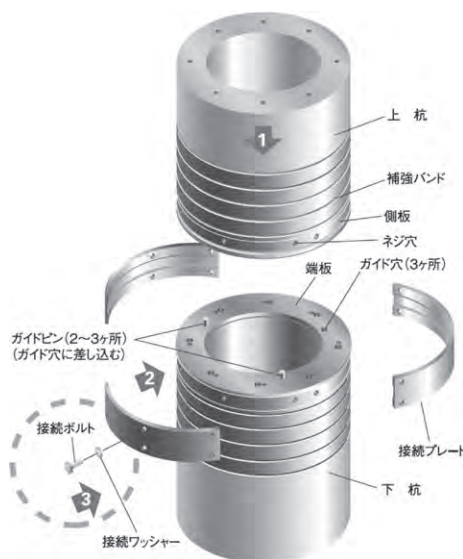


図1 機械式継手（T・Pジョイント）の概略図



写真1 潟端南排水機場全景

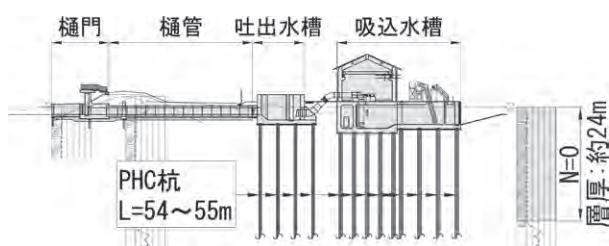


図2 排水機場概要図

表1 作業時間の比較

継手種別	杭沈設および 運搬時間	継手接続時間	作業時間
溶接継手	60分	(継手溶接27分+検査5分) × 4箇所=128分	188分 (3:08)
機械式継手	60分	(継手嵌合5分 × 4箇所=20分)	80分 (1:20)

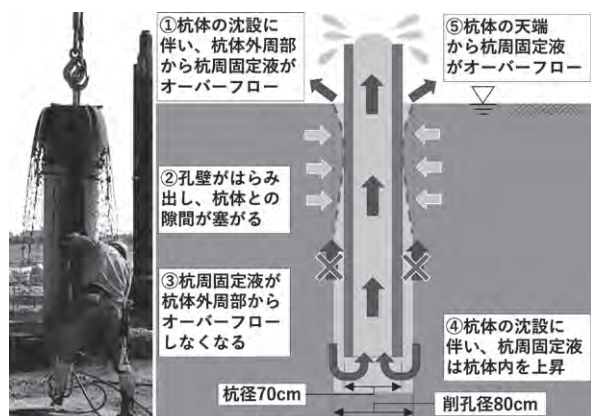


図3 オーバーフローの概念図



写真2 機械式継手の施工状況

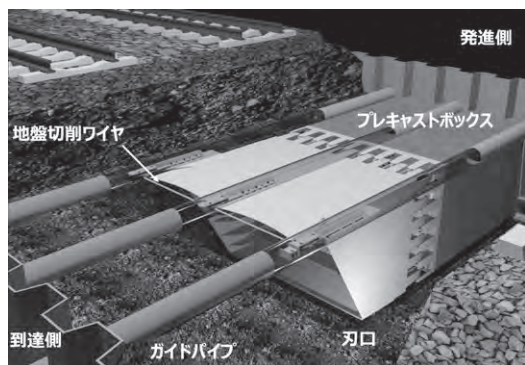


図4 COMPASS工法の概略図

COMPASS工法の概要図を図4に示す。本工法の特長として、以下の点が挙げられる。

①刃口のルーフ先端に装備した地盤切削ワイヤを回転させ地盤や支障物を切断しながら掘進し（以下、地盤切削機構）、地盤切削ワイヤの切削溝に刃口より突出したルーフを先行して地盤に貫入する。これにより、支障物の過

延が懸念されたが、天候に左右されことなく施工が進められ、計画工程から約三〇%工期を短縮することができた。また、一日あたりの作業時間の削減により、残業時間の解消にもつながった。

なお、杭施工完了後令和六年能登半島地震（津幡町・震度五弱）が発生したが、機械式継手を採用した基礎杭および排水機場に顕著な変状は見られなかった。

3 COMPASS工法

（地盤切削・函体推進タイプ）

3.1 工法概要

従来の非開削工法は、大断面の車道などを対象としていたことにより、人道や水路等の小断面構造物（内空三・五m程度）に適用した場合、構造物規模に対し防護工が過大となり合理的でない計画となっていた。そこで、小規模な構造物を構築する非開削工法として、COMPASS工法（COMPACT Support Structure method）（地盤切削・函体推進タイプ）を開発した。

機械式継手を採用した結果、基礎杭五五本中五三本はトラブルなく施工を完了した。支障物が原因と考えられる高止まりが発生した杭については、速やかに引抜き後日再施工を行った。杭及び継手の再利用が可能であったため、工期への影響は些少であった。基礎杭の施工時期が梅雨時期であったため、雨天による工程遅

た場合の作業時間（杭沈設および杭接続時間）の確認と、経時変化による孔壁の変形量について二次元FEM解析による検証を行った。作業時間の比較を表1に示す。作業時間は溶接継手で一八八分、機械式継手で八〇分であった。また、二次元FEM解析の結果、杭沈設開始から約六〇分後に孔壁と杭体が接触するはらみ出しが発生することが想定された。また、実際の試験杭施工でも孔壁のはらみ出しが想定される事象（杭内部からの杭周固定液のオーバーフロー）を確認したため、協議により機械式継手を採用することとした。オーバーフローの写真と概念図を図3、機械式継手の施工状況を写真2に示す。

これら二点から、杭の高止まりが懸念された。そこで、従来の溶接継手と機械式継手を採用し

①杭長が長尺であり継手が四箇所配置されているため、杭の接続作業に時間を要する。

②軟弱粘性土地盤での施工のため、時間経過とともに杭孔の内側に地盤が変位するはらみ出しが想定される。

③杭長が長尺であり継手が四箇所配置されているため、杭の接続作業に時間を要する。

④軟弱粘性土地盤での施工のため、時間経過とともに杭孔の内側に地盤が変位するはらみ出しが想定される。

⑤杭長が長尺であり継手が四箇所配置されているため、杭の接続作業に時間を要する。

⑥軟弱粘性土地盤での施工のため、時間経過とともに杭孔の内側に地盤が変位するはらみ出しが想定される。

⑦杭長が長尺であり継手が四箇所配置されているため、杭の接続作業に時間を要する。

⑧軟弱粘性土地盤での施工のため、時間経過とともに杭孔の内側に地盤が変位するはらみ出しが想定される。

⑨杭長が長尺であり継手が四箇所配置されているため、杭の接続作業に時間を要する。

⑩軟弱粘性土地盤での施工のため、時間経過とともに杭孔の内側に地盤が変位するはらみ出しが想定される。

2.2 適用事例

今回、機械式継手を採用した潟端南排水機場の全景を写真1、概要図を図2に示す。地盤条件の特徴として、標高〇〜二四m付近にN値が〇の軟弱粘性土地盤が堆積し、その下層には粘土・シルト・砂が互層に分布することが挙げられる。そのため、杭長L=五四〜五五mの長尺のPHC杭（以下、基礎杭）が計画された。基礎杭はプレボーリング杭工法で計画されていたが、

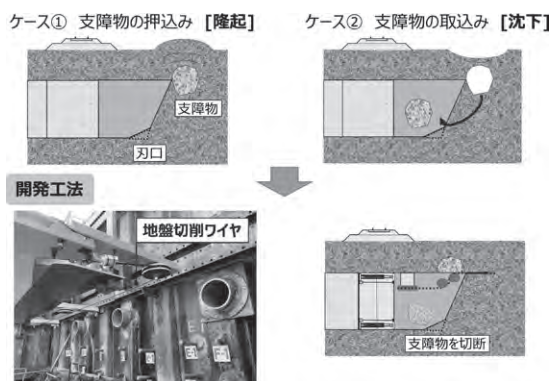


図5 掘進に伴う地中内障害物の影響

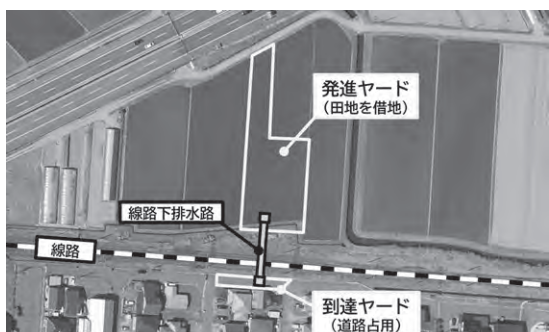


写真3 排水路全景

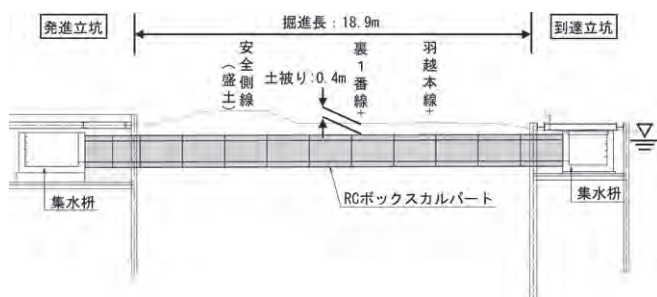


図6 施工横断面



写真4 切削した玉石



写真5 刃口の分割回収状況

度の取り込みによる地表面の陥没や、刃口が支障物を押し込むことによる地表面の隆起を回避することができ、掘進に伴う地中内障害物の影響を図5に示す。

②刃口本体に地盤切削機構を設置することで、施工延長を無制限化した。

③刃口および姿勢制御アダプターを分割解体可能な構造とすることで、到達立坑の大きさに制限がある場合においても刃口の回収を可能とした。

3・2 適用事例

本工法を採用した西鶴岡信号所構内排水路新設工事は、宅地化が進んだ水田地帯において、局所的豪雨により発生する道路冠水被害を防ぐため、軌道直下に排水路函渠を施工するものである。排水路の全景を写真3、施工横断面を図6に示す。函体延長は一八・九m、内空断面は高さ一・〇m×幅一・五m、最小土被りは〇・四六六mである。

交差箇所の軌道は緩和曲線を含むため、従来の工事桁を用いた開削工法は不適であると判断され、非開削工法が採用された。また、非開削工法は開削工法と比較し、掘削土量が少なくCO₂などの排出量を抑えることが可能な点や、軌道切替作業に伴う多数の軌道工の確保が不要な点などから有利といえる。

地盤条件は切羽面の上部にφ四〇〜二五〇mm程度の玉石層が存在したが、掘進時に地盤切削ワイヤで玉石を切断することにより、玉石を押し上げることで取込みによる空隙の発生を防ぎ、列車運行に支障するような軌道変位を発生させずに掘進を完了することができた。掘進中に切削した玉石を写真4

に示す。また、到達立坑は占用面積の関係上、刃口全体を

4 おわりに

搬出するスペースを確保できなかったが、順次分割しながら、クレーンを用いて回収を行った。刃口の分割回収状況を写真5に示す。

本報告では、基礎杭の現場接合方法である機械式継手と小断面非開削工法であるCOMPASS工法（地盤切削・函体推進タイプ）の概要と施工事例について報告した。継手数の多い長尺杭の施工に当たっては、高止まり発生リスク（工事費増高及び工期遅延）の低減を図るため、機械式継手の採用が有効であり、今後、同種工事への参考となることが期待される。COMPASS工法は地表面に変状を与えないことでリスク低減が図れることから、鉄道工事にかかわらず同種のリスクを抱える非開削工法による小断面のアンダーパス工事に適用が可能である。

今回報告した技術が、社会資本の構築における生産性向上の一助になれば幸いである。