DX・i-Construction 建設技術展示館

－国土交通省 関東地方整備局 関東技術事務所－

［シリーズ No.1］

インプラント工法®による国土強靱化 ～粘り強い構造「インプラント構造®」～

株式会社技研製作所 グローバル戦略部 柳弘（やなひろ） 直人（なおと）

本シリーズでは，「建設技術展示館」（2024 年 4 月号掲載）の展示技術の中から，研究開発の着眼点，現場実装に向けた工夫点など，技術者だけではなく学生への情報発信等の視点に立ってご紹介していきます。

1. はじめに

四方を海に囲まれた島国である我が国は，海のプレートである太平洋プレート・フィリピン海プレート，陸のプレートである北米プレート・ユーラシアプレートのプレート境界に位置する。これら複数のプレートが複雑に力を掛け合うことで世界でも有数の地震多発地帯となっており，南海トラフを震源とする M8 ～ 9 クラスの地震が今後 30 年以内に 70 ～ 80% の確率で発生すると予想されている。

本年 1 月 1 日には石川県能登地方で「令和 6 年能登半島地震」が発生し，震度 7 の揺れを観測した。気象庁が地震に名称を定めるのは 2018 年 9 月の「平成 30 年北海道胆振東部地震」以来であり，そのことからも被害の甚大さを計り知ることができる。

また，近年では地球温暖化による気候変動により，台風やゲリラ豪雨などによる洪水，土石流やがけ崩れによる被害が日本各地で頻発している。2019 年 10 月に降水量が 1,000 mm を超える記録的な大雨により，関東地方，甲信越地方，東北地方に甚大な被害をもたらした「令和元年東日本台風」は記憶に新しい。

こういった災害に対し，より安全で豊かな国土を維持するためには，インフラの耐震補強や事前防災・減災といったハード対策が火急の課題である。

本稿では，従来のような土構造やコンクリート構造とは打って変わり，鋼矢板や鋼管杭などの部材を地中に連続して打ち込むことにより構築する粘り強い構造「インプラント構造®」について記述する。

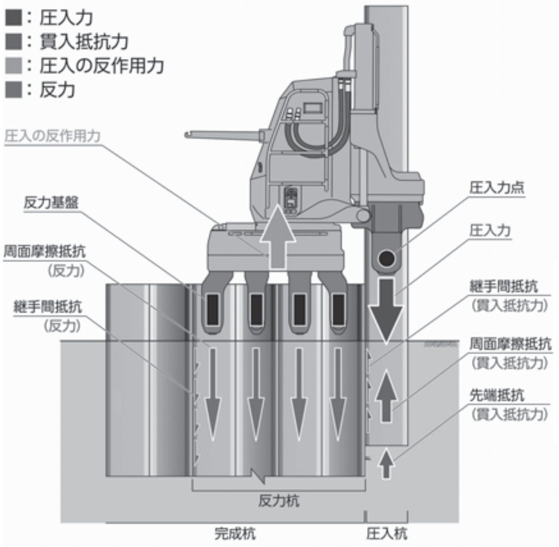
2. 圧入工法の概要

インプラント構造の構築に用いる圧入工法は，圧入機がすでに地中に押し込まれた鋼管杭 / 鋼矢板を複数つかみ，その「杭が引き抜かれまいとする力」を反力とし，油圧の力により静荷重で次の杭を地面に押し込み施工を行う工法である（図－ 1）。

3. 圧入時に得られる施工データの利用

粘り強い構造を構築するに当たり，必要な性能を有する設計や施工の正確性が重要となる。

しかし一般に，鋼管杭 / 鋼矢板を用いた構造物



図－1　圧入のメカニズム

の設計や施工は，数十メートルから百メートル程度の間隔で実施された地盤調査の結果より得られる地下情報に基づいて行われるため，現実の地盤条件には局所的な変動が見られることが多々ある。例えば地層構造が水平方向に均一でないことによる層厚の違いや局所的に存在する軟弱層，転石などである。このような地盤に関する事前情報との差異は，構造物の設計や施工の正確さを低下させる要因となっている。

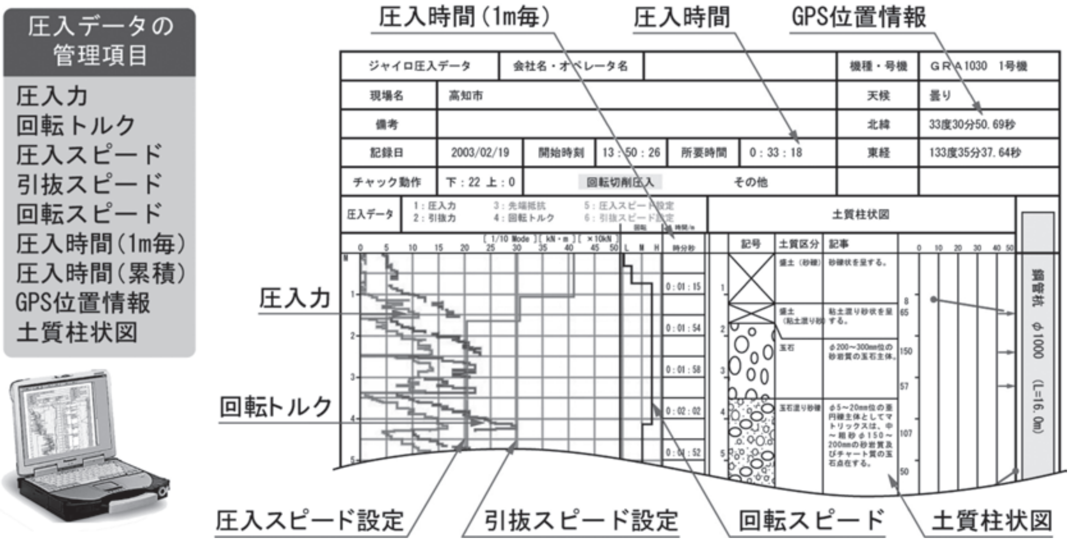
圧入機による圧入工法では杭の挙動を油圧で制御するため，杭を地中に押し込む過程で，施工中の圧入力，引抜力，杭の貫入深さ，施工時間などの施工データをリアルタイムに自動計測・取得することができる。これらのデータは，杭が所定の支持層へ到達したかの確認をはじめ，圧入力を利用した地盤構成の推定や，施工地盤に適した圧入条件の設定など施工管理に活用でき，施工データから全数の鋼管杭／鋼矢板に対するある一定以上のレベルの品質保証を可能とする。圧入時に取得可能なデータの例を図－2に示す。

4.　インプラント構造®の概要

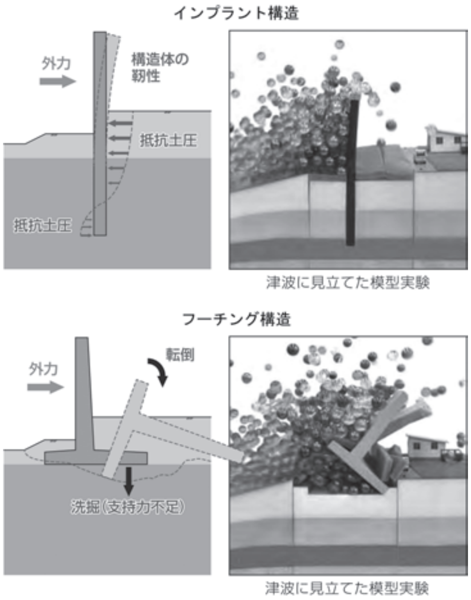
インプラント構造は，鋼管杭／鋼矢板を地盤に圧入することにより，地球にしっかりと支えてもらう構造である。

「鋼管杭／鋼矢板の剛性」と「地盤への貫入深さ」で水平荷重や鉛直荷重を受け止める構造で，鋼管杭／鋼矢板の一本一本が地球に支えられ集合体として高い耐力を発揮する。そのため地震動による地盤変位や津波などの外力に対して，崩壊せずその場に耐えとどまる“粘り強い”防災インフラとして機能する。

インプラント構造と一般的なフーチング構造の概念図を図－3に示す。



図－2　圧入施工で取得したデータの例



図－3　インプラント構造とフーチング構造の概念図

5.　インプラント構造物の紹介

(1)　インプラント堤防®

インプラント堤防は，鋼管杭／鋼矢板などを地中に連続して打ち込むことにより構築される堤防である（図－4）。インプラント構造の連続杭が，地震動による液状化・地盤沈下・側方流動や津波などの外力に粘り強く耐え，堤防機能を維持する。地震や津波・台風などの被害が想定される海岸や河川に構築（または既存堤防を補強）することで，被災時の堤体損壊を防ぎ，人的被害と経済損失を最小限に食い止める。

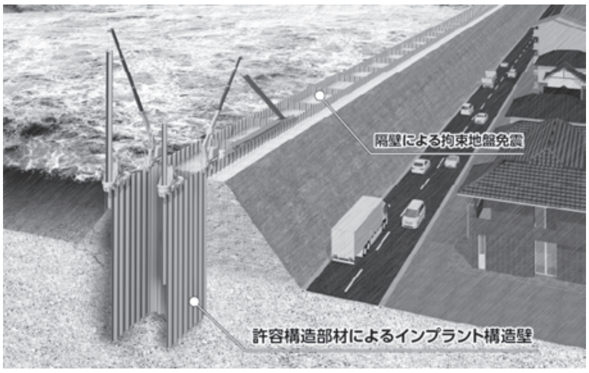
鋼管杭／鋼矢板が支持層に根入れされていることから，地震時に堤体の沈下が生じた場合でも鋼管杭／鋼矢板は沈下せずに堤体高さを保つことができる。また，津波の外力に対しても，越流などで堤防の法面が流出した場合も鋼管杭／鋼矢板の靭性・強度に優れる特長から形態が保たれ，堤防機能を維持することができる。

図－4　インプラント堤防のイメージ

インプラント堤防は，東日本大震災で甚大な被害を受けた岩手県の沿岸部や，南海トラフ巨大地震への備えが早急に求められる高知県の沿岸部など，全国各地で導入が広がっている。

(2)　インプラントロック堤防®

インプラントロック堤防は，既存の堤防をそのままに，内部に鋼矢板による二重連続壁と隔壁をコアとして急速構築して補強するものである（図－5）。大規模な工事は不要で，鋼矢板を打ち込むだけで完了する。巨大津波にも耐える自立した壁体は，盛土が越水や浸食で崩れても堤防機能を保つ。地震時には地盤を囲った壁体が液状化層の流動を抑えて地盤沈下を抑止。あらゆる破堤要因に粘り強く耐える。



図－5　インプラントロック堤防のイメージ

(3)　インプラント防水壁®

インプラント防水壁は，建物の周囲に鋼矢板壁を設けることで外からの水の流入を防ぎ，豪雨による建物の浸水被害を防ぐ（図－6）。事前にインプラント防水壁を社屋や工場の周囲に設置することで，水害時に重要な事業を中断させない，または中断しても可能な限り短い期間で復旧させる。さらに，浸水している社屋や工場の周りを鋼

図－6　インプラント防水壁のイメージ

矢板で囲み，鋼矢板締切内部の排水を行うことで，事業の早期復旧を可能とする。

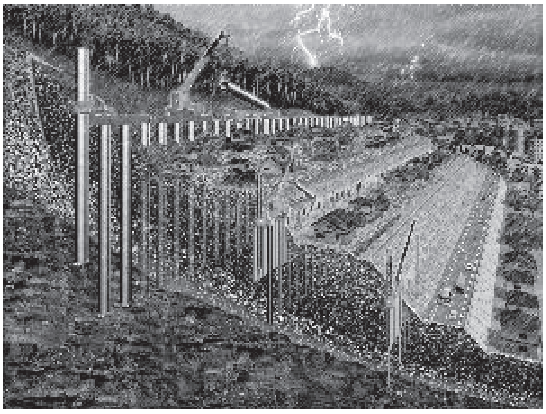
鋼矢板の継手部には水膨張性止水材による加工を行い，止水性を確保。また，地中深くまで根入れした鋼矢板により浸透流入を防ぎ，発電所や化学プラントなどの重要な生産施設を浸水から守る。

部材を地中へ押し込むだけで壁体を構築する急速施工を実現し，災害が起きても事業の継続を可能とする「企業防衛」を図る。

(4)　インプラント地すべり抑止杭

インプラント地すべり抑止杭とは，安定地盤にまで打ち込むことで土塊を固定する杭のことである（図－7）。間隔を空けて杭を設置することで降雨により急激に増加する地下水を通しながら，土塊の移動で発生する地すべりを防ぐ。

また，すでに地すべりが発生している場所に施工することで，さらなる地すべりによる被害の拡大も防ぐことができる。土留めと地すべり抑止杭の機能を兼ねることが可能で，例えば道路擁壁と兼用した地すべり抑止杭を施工することで，必要な工期を短縮し，住民生活の早期復旧と事前対策の両方を実現できる。



図－7　インプラント地すべり抑止杭のイメージ

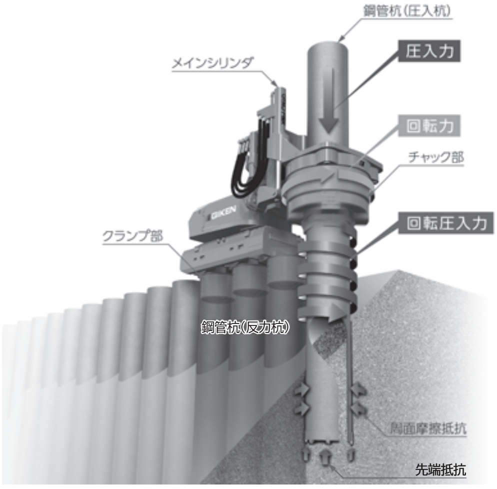
地すべり抑止杭は埋込み杭が主流であるが，埋込み杭工法は杭を埋め込む前に大口径ボーリングマシンで地盤を掘削するため，地形が複雑なケースでは大規模な整地や杭周辺への仮設構台の設置が必要となる。圧入工法を用いて構築するインプラント地すべり抑止杭は，大規模な作業用仮設栈橋を必要としないため，不安定な地盤を乱さないという特徴がある。

6.　圧入技術の紹介

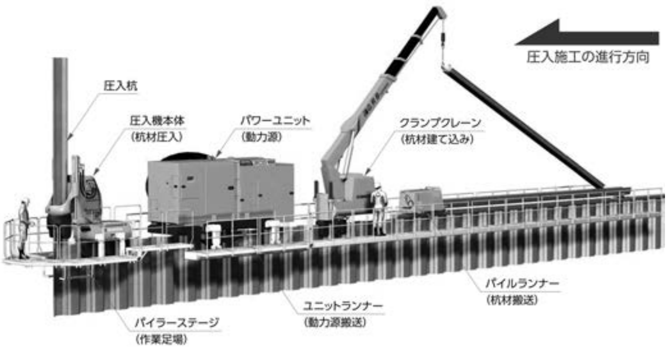
(1)　ジャイロプレス工法®

ジャイロプレス工法は，回転切削圧入機「ジャイロパイラー®」を用いて，すでに地中に押し込まれた鋼管杭を数本つかみ，その引抜抵抗力を反力としながら先端リングビット付き鋼管杭を回転切削圧入する工法である（図－8）。

玉石層や岩盤などの硬質地盤に対応できるほか，転石や既設の鉄筋コンクリート構造物といった地中障害物を残置したまま杭の圧入が可能で，既設構造物の撤去などに関わる工種を減らすことができる。



図－8　ジャイロプレス工法のイメージ



図－9　GRB システムの概要図

写真－1　GRB システムの適用例

⑵　GRB®システム

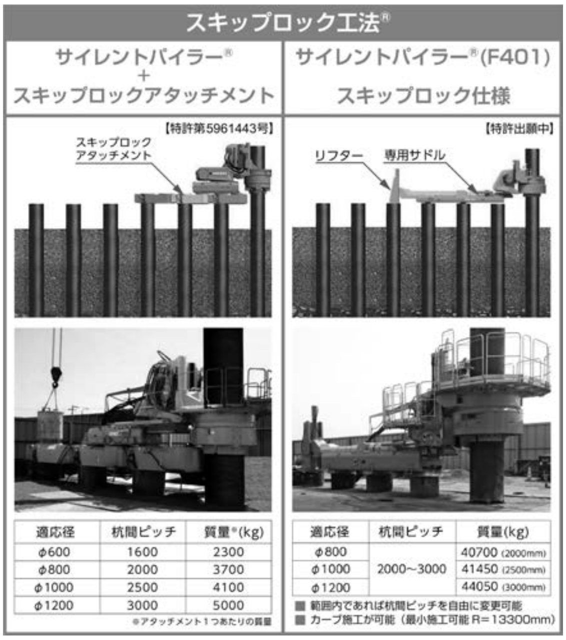
GRB システムとは従来の施工方法と異なり，杭上を自走するクランプクレーンを用いることにより，杭の搬送・建て込み・圧入という連続作業を全て杭上で行う施工方法である（図－9，写真－1）。これにより杭施工に必要な仮設桟橋などの仮設を使用しない仮設レス施工が可能となる。

GRB システムは，次の特徴を有する。

①　圧入施工機器全てが杭の天端を作業軌道として進んでいくため，水上（河川，港湾）や傾斜地（法面）においても仮設桟橋の設置などの仮設工事を行うことなく，杭の打ち込み工事だけを合理的に実施することができる。そのため，仮設工事に関わる工期･工費の削減が可能である。

②　システムは軽量・コンパクトであり，従来工法では施工が困難な，交通量の多い幹線道路での拡幅工事や，災害復旧などの人・機械が立ち入れないような厳しい現場条件下での施工が可能である。

③　圧入機本体およびクランプクレーンなどのシステム機器は，杭をしっかりとつかむ機構のため，転倒の危険性がない。



図－10　スキップロック工法の概要図

⑶　スキップロック工法®

スキップロック工法は，圧入原理の優位性を維持したまま飛び杭施工を実現する工法である。専用の「スキップロックアタッチメント」の場合と，専用サドルによる「スキップロック仕様の圧入機」を用いて行う方法がある（図－10）。

7.　おわりに

本稿では，頻発，激甚化する災害に対するインプラント構造による事前防災の対応手法を紹介した。昨今，これまでに経験したことのない自然災害が頻繁に発生しており，事前防災対策やインフラ施設の更新，被災した土木構造物の災害復旧など，インプラント構造の採用は年々増加傾向にある。

当社はこれからも事前防災をはじめ，建設のさまざまなニーズに対応した圧入機と工法の開発をさらに進め，時代に必要とされる工法，構造物の提案に努める所存である。