

低空頭、狭隘地で活躍する 軽量小型の地中連続壁掘削機の開発

MPD-TMX 工法

小林 貴 史

地中連続壁工法は国内において強固な基礎だけでは無く、その止水性や正確性において他の工法の追随を許さない安定した土木・建築技術として幅広く普及してきたが、その性質が故に大きな設備を要してきた。『MPD-TMX 工法』（以下「本工法」という）は、その様な従来型の大型連壁機の有用性を狭隘地で生かせないかとの市場の要求に応えるため、鉄道狭隘地施工を対象とした地中連続壁掘削機として設計され世界最小・最軽量を実現した。その特徴と機能、効能を紹介する。

キーワード：低空頭、軽量小型、狭隘地、機械配置の自由度、地中連続壁、水平多軸式、MPD-TMX 工法、揺動カッタ

1. はじめに

国内における地中連続壁工法は1959年、海外より導入され、垂直多軸式掘削機と共に急速に普及、発展してきた。地層・地質の変化に対応し、且つ、大深度・大断面に適用できる掘削機として水平多軸式掘削機として変遷・進化した、「東京湾横断道路 川崎人工島基礎工事」に代表される大型公共事業工事の主流になっていたが、工事規模の巨大化に伴い掘削装置も大型化していく。掘削機の吊下げ能力が100,000～150,000 kgのクローラークレーンが必要とする大型の地上設備となっていた（写真—1）。



写真—1 クローラ搭載 水平多軸式掘削機

以降、様々な大型土地開発に地中連続壁工法が普及していくが、既存施設の付近や路下・狭隘地、また、空頭高さ制限下の施工現場では、大型装置から、小型の連続壁機の需要が高まり最低高さ5 m、クローラ式の走行装置を備えた低空頭槽台車装置が開発された（写真—2）。



写真—2 MRD型低空頭槽台車搭載 水平多軸掘削機

水平多軸式掘削機本体は重量が約30,000 kgと巨大なので、掘削機を支持する地上装置も巨大な装置が必要となる。そのため、工事の安全性・正確性を確保する為にはその30,000 kgの掘削機を支持する大型重機が移動できる強固な表層改良を施す準備工が必要だった。既存施設の付近や路下・狭隘地、また地盤が脆弱な場所などでも地中連続壁工法の需要があったが、巨大な装置設備と広大な作業敷地と準備工が必要不可欠で、莫大な費用と時間を要するこの地中連続壁工法



写真—3 MPD 型ベースマシン搭載 水平多軸掘削機

は、実施できる条件が限られていた。この問題点を打開し 2008 年に世界最軽量最小の地中連続壁掘削機 MPD-TMX 機（以下「本機」という）を開発した（写真—3）。

2. 本工法の概要

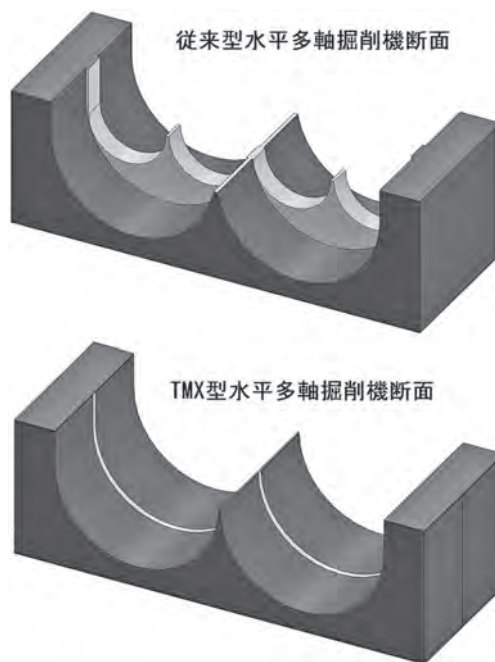
鉄道近接の狭隘地や路下、住宅地などの既存建物が多くあり、環境に配慮の必要な施工現場において低振動・低騒音は無論の事、更に外観の圧迫がない事も要求され、地中連続壁機の小型化は土木・建築などの各方面より熱望されていた。

効率良く地中連続壁を行うために掘削機は大断面であり、且つ、高トルクで大深度の施工を可能とすることが必要なので、小型・軽量化を実現するために掘削機の構造を根本的に見直した。従来型の水平多軸回転式掘削機は矩形を効率的に掘削する為、複数のドラム式回転カッタを掘り残しが無い様に複雑な配置で用いた。しかし複雑な動力伝達機構により機械効率が低下する問題があった（図—1）。

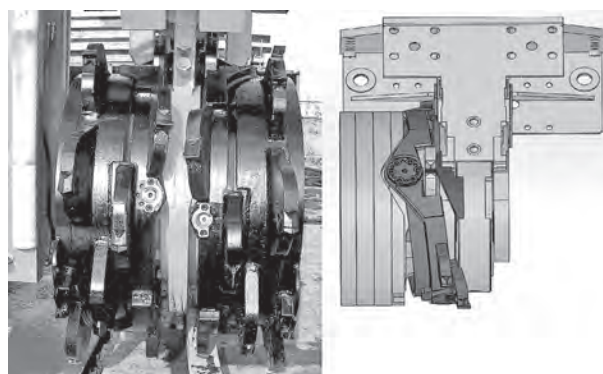
複雑な動力伝達構造は回転式カッタの駆動効率を低下させる高トルクを実現するため大型化していった歴史がある。小型化にはこの問題を解決する特殊な回転ドラム式揺動カッタの完成が必要だった（写真—4）。

従来の水平多軸掘削機の駆動方式は、歯車伝達機構にて個別の回転カッタを駆動させていたが、新たに開発された回転ドラム式揺動カッタは、掘残し部分無くす為に回転カッタの歯先である一部を揺動転移させることで全断面掘削を可能としている。この歯先の揺動転移させる機構は別動力を必要とせず、ドラムの回転力のみを利用し、リンクとカム機構で掘り残しのない全断面掘削を実現している。

この機構により従来の歯車伝達構造を廃止、駆動系の内部構造を単純化（モータダイレクトドライブ）す



図—1 掘削断面比較写真



写真—4 揺動カッタ

ることに成功。現在の世界最軽量小型化を実現した。

この小型化の恩恵は様々な効果をもたらしたので次に紹介する。

3. 本工法の特徴

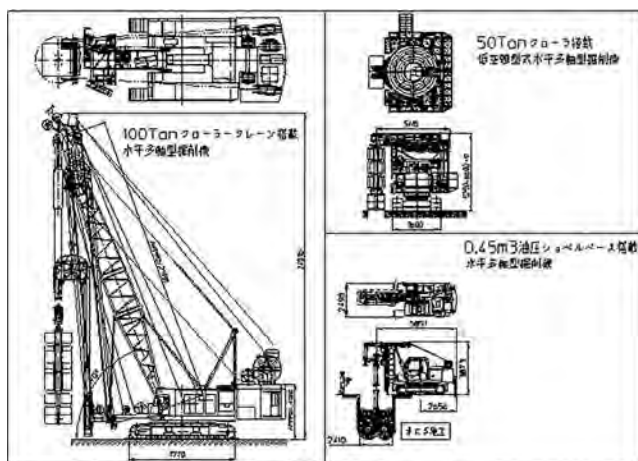
(1) 世界最小最軽量地中連続壁機

掘削深度 70 m、壁厚 1,000 mm × 幅 2,400 mm、施工能力同等を基準にした場合、従来の地中連続壁掘削機本体重量は約 30,000 kg、本工法用掘削機本体重量は約 7,000 kg 程度の小型軽量化を実現した。

この掘削機の開発により掘削機を動かす為の地上設備の簡素化を実現する事が出来る様になった（図—2）。

(2) 機械配置の自由度向上

従来型の水平多軸掘削機は、重厚長大であり、掘削



図—2 外形比較図

機を支持するには大型クローラークレーンや特殊な櫓型ベースマシンが必要で、共に地上装置を含めた総重量は約 100,000 kg にも及んだ。しかし TMX 型掘削機は小型・軽量化の為、支持する専用ベースマシンは 0.45 m³ の油圧ショベル相当の設備で実現し総重量が 25,000 kg 程度に小型軽量化に成功した。

この機械設備が小型軽量化する事で、機動性が大幅に向上、付帯設備や掘削機等、配置の自由度が増し、狭隘地の作業現場においても効率的な作業現場（ヤード）を展開することが出来るようになった(写真—5)。



写真—5 配置の自由度

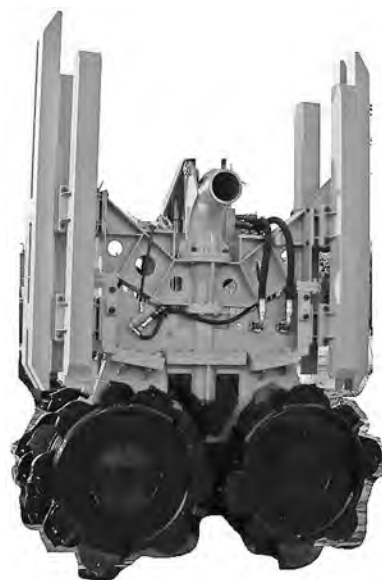
(3) 組立解体作業の合理化

0.45 m³ クラスのマルチパイルドライバー MPD 型ベースマシン本体の最小分解重量は約 17,500 kg (写真—6) で、エンジン搭載式により、自走で搬送トラックにも移動も出来る。

掘削機本体の重量は壁厚 1,000 mm 時には約 7,000



写真—6 自走式 MPD 型ベースマシン



写真—7 TMX 型水平多軸掘削機

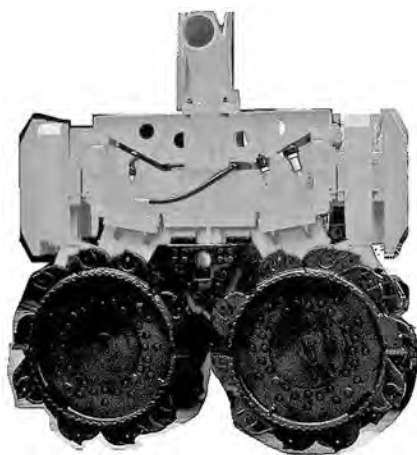
kg (写真—7) なので 17,000 kg 程度の吊り能力しかない小型の伸縮クレーンでも組立・解体が可能。

(4) 保守管理の簡素化

掘削機本体の駆動系は歯車伝達機構を廃止し、また水中サンドポンプも搭載しない。極限まで構造を簡素化し分解メンテナンスを減らす事により保守管理費の低減にも役にたっている (写真—8)。

(5) 施工現場の表層改良の簡略化

掘削機が軽量化されると搭載する地上装置も 0.45 m³ 程度の油圧ショベル相当で工事を行うことが出来る。その結果、施工区分における接地面圧力が低減されるため、大型重機が必要とする様な強固な表層改良は不要なので、連続壁施工の連続壁には必ず必要となるガイドウォールも簡易的なもので可能になった。



写真—8 TMX 型水平多軸掘削機マタギ仕様

(6) 施工方法の多面化

吊り下げる掘削機が軽量化することで搭載するベースマシンへの負担が軽減される効果を持ち方向自在の掘削機吊下げ方式を実現した。つまりベースマシンの走行方向に対し斜方向や垂直方向に掘削機を自在に回転させることができ、矩形や狭隘地の様な様々な施工ヤードの形状により効率的な施工方法を選択できるようになった。その施工方法の例を次に示す。

(a) 直打式施工 (写真—9)

通常の地中連続壁工法はベースマシンと掘削機が直角に配置されており、連続壁の造成と移動を最も効率的に行うことの出来るこの施工方法を標準としている。



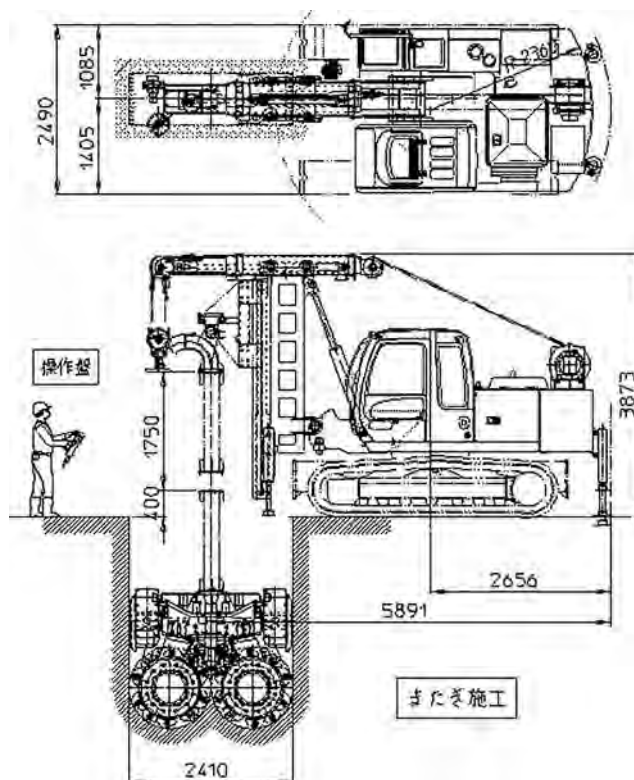
写真—9 直打式施工

(b) 斜打式施工 (写真—10)

矩形の連続壁を造成する場合、直行したコーナー部などの施工を、既に造成されたガイドウォールをまたがずに、ベースマシンと掘削機を斜めに配置し角部を施工する方法であり、安全に工事を行うことが出来る。



写真—10 斜打施工 姿写真



図—3 マタギ施工 姿図

(c) マタギ施工 (図—3)

ベースマシンと掘削機が完全に平行に配置されガイドウォールをベースマシンがまたぎながら施工する方法で、最も連続壁作業帯を小さく行うことが出来る。但し、ガイドウォールの崩壊にならないようにコンクリート強度に注意が必要となる。

4. おわりに

本機 MPD-TMX 機の施工は平成 19 年より路下や狭隘な施工現場を中心に実績を重ねてきた新しい地中連続壁工法である。

地中連続壁工法は低振動、低騒音、高機能、高精度

であるが、高コストという欠点があった。しかしこの本工法『MPD-TMX 工法』は軽量小型を実現する事により大型重機に耐えられる様な強固な表層改良など、準備工を省略できると共に保守管理の容易化、作業コストの削減等で欠点を埋める事が出来る様になった。また、低空頭掘削機は掘削精度が心配されるところであるが、従来機の掘削精度(1/300～1/500)に対し(1/400)程度を確保して従来機と遜色なく施工できる事が実証されてきた。

今後の課題としてはエンジン式ベースマシンを採用しているためCO₂の削減。また施工中のサイクルタイムの大半を占めるロッドの接続時間短縮の改良を進めていく予定である。

JCM A

《参考文献》

- 1) 報文：土木学会第65回年次学術講演会(平成22年9月)小田急建設(株)、鹿島・奥村・フジタJV、鹿島技術研究所、(株)東亜利根ボーリング「TMX工法による狭隘箇所並びに路下部連続壁実績」
- 2) 報文：(社)日本建設機械化協会 (株)大林組、小田急東北沢JV「都市部における鉄道線増連続立体交差工事の一例」
- 3) 資料名：土木学会年次学術講演会講演概要集「MPD-TMX 連壁掘削機の開発」ケンキョー工業、小田急電鉄(株)、小田急・戸田・東急JV、(株)東亜利根ボーリング

主な施工実績(仮設山留)

2015 年

渋谷駅街区東棟新築工事：東急電鉄

南北線六本木1丁目連絡入り口改良工事：六本木3丁目開発組合

2013 年

圏央道桶川北本地区函渠その1工事：国土交通省

代々木上原駅・梅ヶ丘駅間線増連続立体交差工事：小田急電鉄

2012 年

小田急下北沢駅立体交差工事：小田急建設

2011 年

小田急下北沢駅立体交差工事：小田急建設

京葉線船橋・新習志野間湾岸船橋IC交差部工事(第3工区)：東京都・

小田急電鉄

2009 年

代々木上原駅・梅ヶ丘駅間線増連続立体交差工事(第3工区)：東京都・

小田急電鉄

丸の内二丁目計画：郵便局

2008 年

代々木上原駅・梅ヶ丘駅間線増連続立体交差工事(第3工区)：東京都・

小田急電鉄

2007 年

代々木上原駅・梅ヶ丘駅間線増連続立体交差工事(第3工区)：東京都・

小田急電鉄

その他：相鉄・東急・JR 直通線新横浜駅鋼製地中連続壁工事 etc. …

[筆者紹介]

小林 貴史(こばやし たかし)

(株)東亜利根ボーリング

製販技術部設計部

