

経済的な立体交差構造物 の開発



有光 武* 藤沢 一** 野澤伸一郎***

鉄道線路や道路の下を交差する横断構造物の施工方法は、すでに数多くの工法が開発されているが、それらは内空縦5m×横10m程度以上の車道の断面に対応した工法である。内空3m×3m程度の小断面の横断構造物のニーズは人道用地下道はじめ多くあるものの、この断面に適した工法がない。このため、ワイヤーで地盤を切削し、その薄溝に鋼板を挿入して、地盤を4辺の鋼板で囲み、その中を掘削して横断構造物を施工する方法を考えた。特に、ワイヤーによる地盤切削、鋼板挿入方法、4辺鋼板内の地盤掘削、高流動コンクリートを用いた構造物施工を検討し、実地盤において試験施工した。その結果、従来工法に比べて約20%コストダウンが可能で、軌道変状の少ない小断面の立体交差構造物が開発できた。

●キーワード：小断面、線路下横断構造物、地盤切削ワイヤー、鉄板挿入

1 はじめに

鉄道線路や道路の下を交差する横断構造物（以下、線路下横断工と言う）の施工は、線路（レール、マクラギ、バラスト、路盤）や路面（舗装、路盤）を支持しながら構造物を構築しなければならない。施工法を大別すると、工事桁や路面仮覆工による開削工法と路盤下の地盤内に既製コンクリート函体等を推進する非開削工法に分けられる。工事桁による開削工法は、工事桁を用いてマクラギ等を支持し、その下を掘削して横断構造物を施工する。路面仮覆工による方法も覆工板で路面を構築してその下を掘削し、横断構造物を施工する。これらの工法は工事桁や覆工板を設置する線路保守間合いがある場合に用いられる。一方、線路保守間合いや路面仮覆工の時間がない場合は、非開削工法が用いられる。この工法は、当初は小径の既製暗渠を設置するための方法として用いられてきた。我が国での施工は、1948年に兵庫県尼崎市の国鉄線下を施工したのが最初であるとされている。この施工技術が大きく進歩したのは、1960年代後半から70年代にかけて下水管渠に使用されるようになってからであり、特にシールド工法の技術開発が進められるようになってから、長足の進歩をしている¹⁾。一方、管渠とは別の箱型断面の施工技術も開発され発展してきている。西ドイツでは1957年に幅2.5m、高さ2.4mの人道用鉄筋コンクリートラーメンボックスを線路下に推進しており、日本では1960年に京阪神急行電鉄線の下に内空1.8m、内幅2.3m、

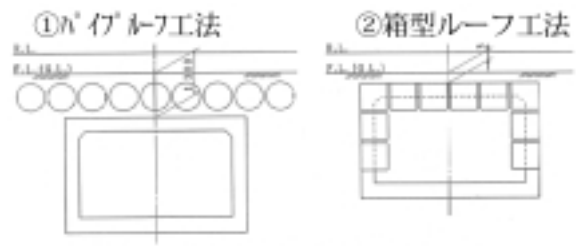


図1：箱型横断構造物の施工断面

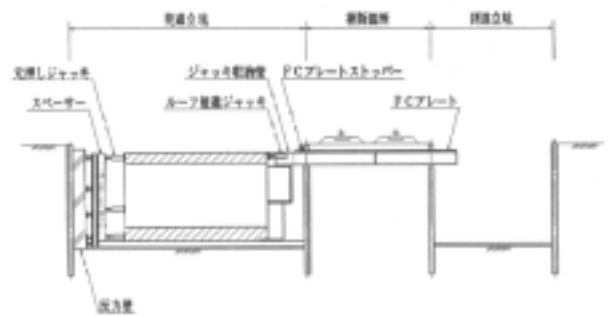


図2：箱型ルーフ工法施工横断

長さ15mのPCボックスを推進したのが最初である²⁾。この箱型断面を有する工法は、日本において1970年代以降、各種の工法が開発されてきている。その箱型断面の大きさは車道を対象とした大きさであり、その施工法は図1に示す2種類に大別される。1つは①パイプルーフ工法のように線路や路面をパイプ（鋼管、プレストレスコンクリート管）で支持してから、線路下、道路下を掘削し構造物を施工する方法である。もう1つは、②箱型ルーフ工法³⁾のように、箱型断面の外縁に合致するように箱型のルーフを設置して、施工は図2に示すように、あらかじめ推進した箱形ルーフで線路を支持してボックスコンクリート内を掘

削し、ボックスコンクリートの推進と箱型ルーフの押し出しを交互に行いながら施工する工法である。また、最近は図4に示す鋼製エレメントを接合して線路下横断工を構築するHEP&JES工法が開発され、軌道変状が少なく経済的であることから工法の主流になっている。

このような工法を小断面の線路下横断工に適用する場合、コストの問題がある。小断面の線路下横断工の延長は、10～20m程度が多く、下水管渠に用いるシールド工法では、推進機械、立坑設備などの固定設備費が高く、割高になる。また、図1、2に示す箱型断面の工法では、①の工法の場合、掘削土量と取付け道路長が増大する。②の工法の場合、図3に示すように、最終的に必要な部材厚より大きい断面で箱型ルーフを掘削推進するために施工費が割高になる。また、HEP&JES工法では、エレメントの大きさが縦850×横850mmのため、小断面線路下横断工の必要以上の部材厚になり、やはりコスト高となる。

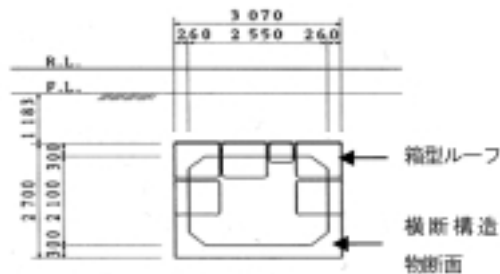


図3：小断面の箱型ルーフ工法の施工例

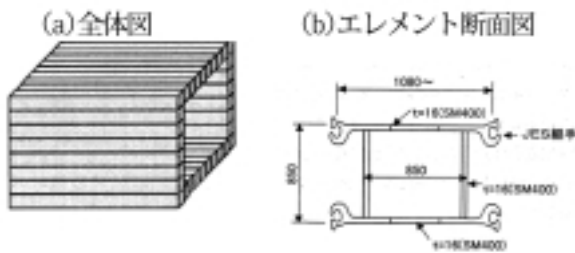


図4：HEP&JES工法

2 開発した工法の概要

図5に地盤切削ワイヤーにより切断した土中の礫を示す。この優れた地盤切削技術を応用して地盤内に鋼板を挿入する技術を開発した。開発した工法の施工順序図を図6に示す。施工順序は以下のとおりである。①水平ボーリングによりガイドパイプを地盤内に設置する。②ガイドパイプ内を通じた地盤切

削ワイヤーを回転させながら到達側より地盤内に引き込むことにより地盤を切削、切削により生成した薄溝に鋼板を挿入する。③地盤内に挿入設置した鋼板を土留板として、移動式支保工を兼ねた掘削用刃口を用いて鋼板内部を掘削し、刃口後部に鋼製支保工を建込む。④防護用の鋼板で囲まれた内部を、スライド刃口を用いて掘削しながら支保工を建て込み、その支保工を巻き込んでコンクリートを打設する。

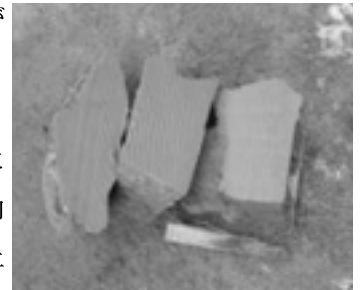


図5：地盤切削ワイヤーで切断した礫

このような施工方法と構造により、立坑を小さくし、反力設備等を簡素化して、ボックスコンクリートの部材厚を構造上必要な寸法としたことによりコストダウンした。また、地盤を地盤切削ワイヤーにより切削し、その薄溝に鋼板を挿入し、その鋼板を支保工で支持することにより軌道、路面の変状の抑えることとした。

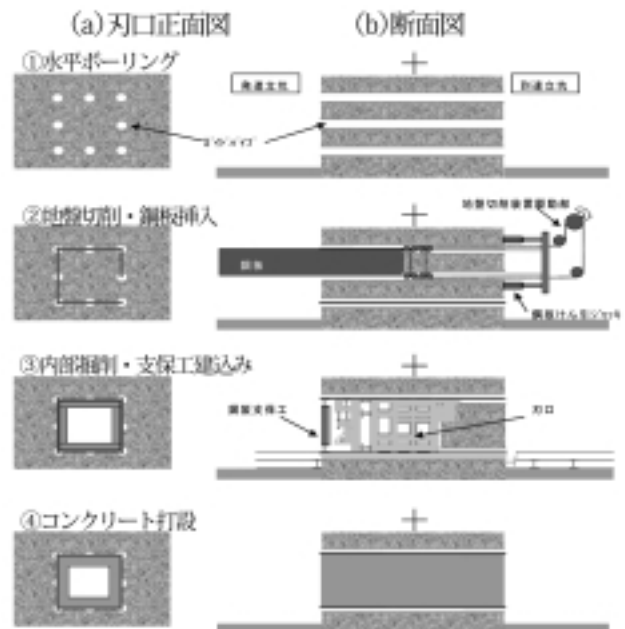


図6：施工順序

3 地盤切削と鋼板挿入の方法

地盤切削ワイヤーによる地盤切削機構を図7～9に示す。ガイドパイプ内に設置したガイドレール(H-100)上を走行する台車に取り付けられたガイドプリーに巻かれた切削ワイヤーを

到達側に設置した駆動部で回転させながら、駆動部の移動によりガイドプリーを進行させ、地盤切削を行う機構である。図7のように $\phi=11\text{mm}$ 地盤切削ワイヤーを2段に巻きつけることにより切削厚22mmを確保している。切削厚22mmは鋼板の構造上の必要厚から決定している。鋼板の挿入は、図8に示すようにガイドプリーとは別の台車に取り付けられた鋼板をPC鋼棒を介して到達側に設置したジャッキによりけん引することにより、地盤内に鋼板を挿入する仕組みである。

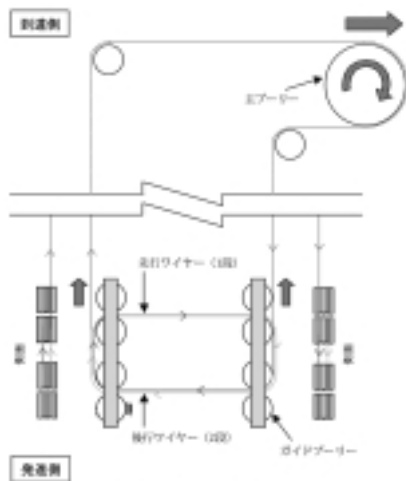


図7：地盤切削機構

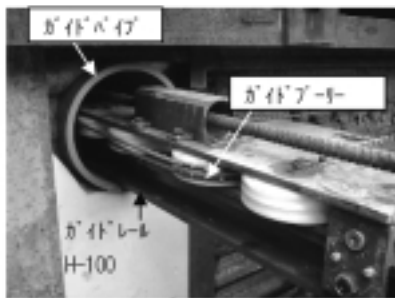


図8：ガイドプリーと切削ワイヤー

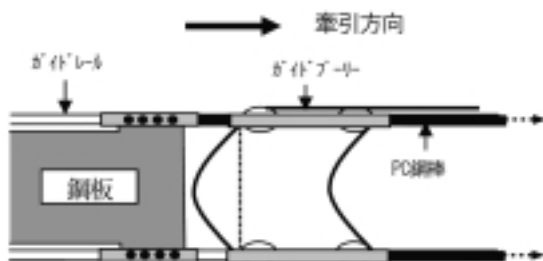


図9：切削ワイヤーと鋼板の取付

地盤切削・鋼板挿入機構の実用性を検証するために、延長6.0mの模擬地盤(N=5程度、 $\phi=80\sim 350\text{mm}$ の礫20%混入、上床鋼板の土被り700mm)において上床、下床、鉛直鋼板(幅 $W=20\text{m}$ 、厚さ $t=22\text{mm}$)を切削・挿入し、閉合(各辺鋼板1枚ずつ $2.0\times 2.0\text{m}$)させる試験を実施した。試験箇所の状況

を図10に示す。計測項目は、地表面変状(水平変位、鉛直変位)、けん引力、けん引速度、駆動プリー軸トルク、ワイヤー走行速度等である。上床鋼板挿入時の地表面水平変位測定位置と測定結果を図11に示す。測定箇所によるばらつきは見られたが、変位はけん引方向に3mm程度であった。また、上床鋼板挿入時の鉛直変位については、約3~4mmの隆起という結果となった。実施工では、軌道重量(10kN/m^2)や道路舗装荷重があるため、鋼板挿入による水平、鉛直変位は発生し難くなると思われる。なお、鉛直・下床鋼板挿入時には、水平・鉛直とも地表面変位はほとんど認められなかった。このことにより、線路、および路面下をほとんど変状を出さずに鋼板を挿入することが可能であると考えられる⁴⁾。



図10：試験箇所の状況

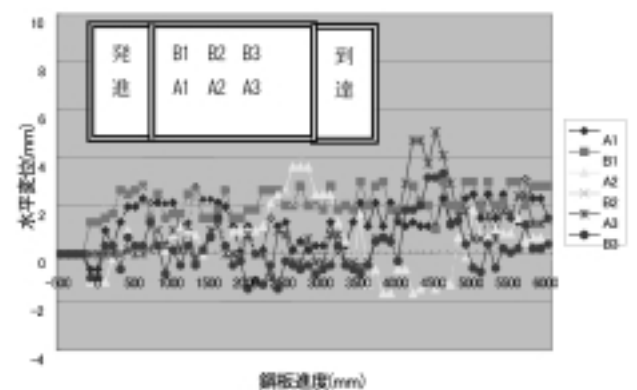


図11：地表面水平変位(上床鋼板挿入時)

4 鋼板内掘削方法

鋼板内掘削の施工概念を図12に示す。構造物外周4面に鋼板挿入後、内部に支保工を建て込みながら掘削を行う。掘削は人力、あるいは小型の掘削機械を用いる。軌道や路面などへの影響を小さくするためスライド刃口により鋼板および切羽を保持しながら掘進する。スライド刃口の前面の切刃は外周4面を鋼板で囲われているため、地盤の崩落等の危険性はない。

スライド刃口を挿入していく段階で鋼板挿入位置の誤差により、鋼板に多少の隆起、沈下が発生するが、スライド刃口の鋼板を支持する箇所には、鋼板高さに対応した油圧高さ調整機構を設けている。



図12：掘削・支保工建込み

5 線路下横断工の構造、および施工方法

図13に線路下横断工の横断面を示す。上床板、底板、および側壁については、それを取り囲むコンクリートと一体化することで鉄骨鉄筋コンクリート構造物としている。側壁の施工方法は、従来のRC構造物と同様、埋設型枠を設置後、普通コンクリートにより打設をおこない、パイプレタにて十分締め固める。

下床板に対しても普通コンクリートを用いる。上床版については鋼板および型枠により閉塞された中をコンクリートで充填しなければならないため、高流動コンクリートにより打設する。また、高流動コンクリートの流動を阻害しないように、上床版の支保工はトラス型支保工を使用することを標準としている。

高流動コンクリートの充填性を確認するための打設試験を行った。水平方向の上下2枚の型枠内(幅4.8m、厚さ0.2m、長さ15.6m)にトラス支保工を1.2m間隔で設置し、端部にはH型支保工を設置し、コンクリートはポンプ車により片側から連続的に打設した。打設側に比較して到達側のコア強度が若干小

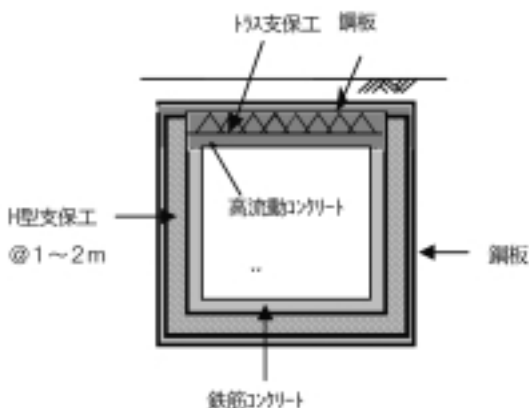


図13：線路下横断工の横断面

さいものの、比較的均一な結果が得られた。図14に示した打設箇所の切断面より支保工回りも十分に充填されているのが確認できる。また、骨材の分布状況も良好であり、材料分離等コンクリートの品質にも問題なく、約15mの片側打設でもコンクリートの品質にも問題ないことが確認された。

また、従来工法により設計された線路下横断工を本工法により試設計、積算を行い、従来工法に比べて約20%のコストダウンが可能であること確認した。

(a) H型支保工

(b) トラス支保工

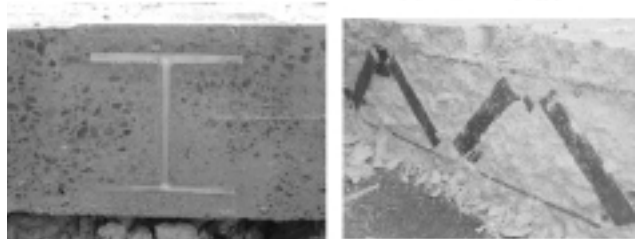


図14：高流動コンクリート充填状況

6 おわりに

本技術開発は、JR東日本と鉄建建設(株)、(株)ジェイテック、(株)ホクトの共同開発である。ダイヤモンドを取り付けた鋼製ワイヤーを構造物の切断に用いる方法は、コンクリートに用いられている。本技術開発は、この技術を地盤切削に応用して、地盤内に鋼板を挿入する技術として展開した。この地盤切削にかかわる部分の技術開発については、共同開発のメリットが大いに発揮されたものと考えている。本工法はコンパス (COMPAct Support Structure method) 工法として技術資料、積算資料が整備され、2005年度には烏山線の線路下横断工として施工が始まる予定である。今後は現場施工データのフィードバックを重ねて更に改良を行い、低コストで高品質な小断面線路下横断工として展開を図って行きたいと考えている。

参考文献

- 1) 竹根昇；最近の推進工法と路下横断技術，基礎工，1986.2
- 2) 竹下貞夫；線路下横断構造物施工法の発展，基礎工，1986.2
- 3) アール・アンド・シー（R&C）工法技術資料，アール・アンド・シー工法協会，1997.4
- 4) 有光武，長尾達見，五十嵐弘記；地盤切削を用いた小断面ボックスカルバートの構築（その1），土木学会第59回年次学術講演会，2004.9