

35. 矩形・揺動シールドの開発

鹿島建設㈱：尾上 順吉，*池添 勝次，福田 昌弘

最近の新しいシールドの形状として、断面の有効性から矩形を始めとする異形断面形状の要求が増えつつある。本工事（きらめき通り地下通路建設工事）においても矩形シールドの提案から本工法が商業地域の集客用地下通路の工法に採用され、1997年8月に着工、1998年5月に掘進を開始し、1998年8月に一次覆工が完了した。本シールドの概要と機械の特徴・施工実績について述べる。

1. はじめに

福岡市天神地区は、九州の中心都市に位置し、中でも競争の激しい商業地区である。各施設においては、近接して共用されている地下街と連結する事が購買客を有利に導入する決め手になる。

今回の工事は、地下街を中心に集中する購買客を、地下街の高さでそのまま誘導するための戦略的な地下通路建設工事である。

(1) シールド工法が選定された理由

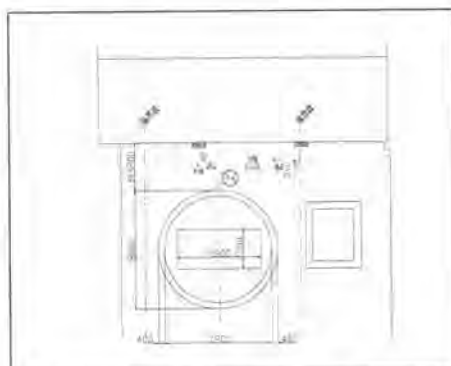
- a 工事区間は、既に整備された地域であり、路面の撤去が許されない。
- b 開削等地上工事が伴う場合は、車輛や歩行者の通行が極めて多い場所での通行寸断のため、大きな混乱を招きイメージダウンとなる。

(2) 地下通路を従来の円形シールド工法で施工する時の問題点

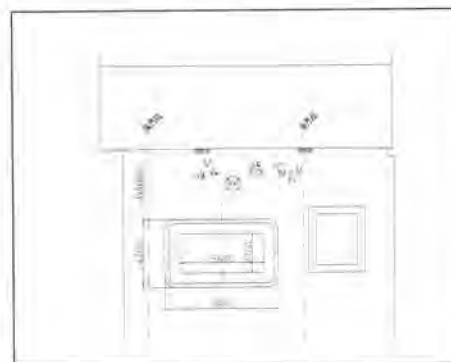
- a 上部に埋設された管路やマンホールとの離隔が得られない。
- b 土被りが殆ど得られない。
- c 有効断面を確保すると、大断面となり割高である。

(3) 本矩形シールドにおける施工上の留意点

シールド掘進上部は、歩行者や車両の通行が極めて頻繁な歩車道であることや、マンホール・埋設管路・周辺の構造物と近接しているなどから、沈下防止のための土圧管理・裏込注入管理等、公衆災害の防止が最重要課題であった。



図一1 標準断面 円形



図一2 標準断面 矩形

2、Wagging Cutter Shield 工法の特徴

Wagging Cutter Shield 工法の機械的特徴や工法上の特徴は、次のような点にある。

(1) 揺動機構（カッターヘッド）

従来のシールド機はカッターヘッドを回転させる事で掘削を行ってきたが、WAC工法ではカッターヘッドを一定角度の範囲で往復運動（揺動）させ、掘削する機構を有する。

今回施工の断面である縦横比が1：1.5の面積を従来の回転方式で掘削すると隅角部の切削に極めて大きなストロークの隅角部カッタ装置が必要になり、カッタースポークに収められなくなる等の障害が予測された。

そこで、カッタを左右に分割し、カッタのセンタ位置をシフトすると、隅角カッタ装置の必要なスポークを長くできるため、隅角部カッタ装置の装備が可能になる。

しかし、回転掘削すると左右のスポークが干渉するため、今回は揺動方式（本シールド機の場合は、左右各50度、計100度）を採用し、左右のスポーク干渉に対応した。

また、カッターヘッドの揺動は、油圧ジャッキを伸縮させる事でカッターヘッドをワイパ状に作動させる機構を採用した。

カッタートルクは、同面積の丸型シールド機を基準に α 値を1.55から2.4（揺動時に変化する）に設定した。

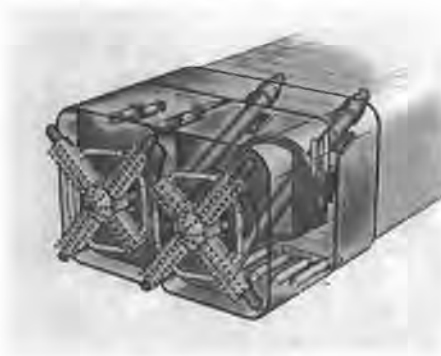


図-3 シールド機概念図

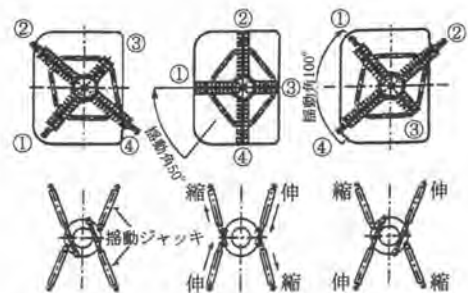


図-4 油圧ジャッキの作動状況

(2) 隅角部カッタ装置

隅角部カッタ装置は、従来のシールドで採用されていたコピーカッタを大型化させた装置で600mmのストロークを備えている。

これは、本工事の線形が直線であるため、蛇行修正用の余掘量を50mm加味して計画した。

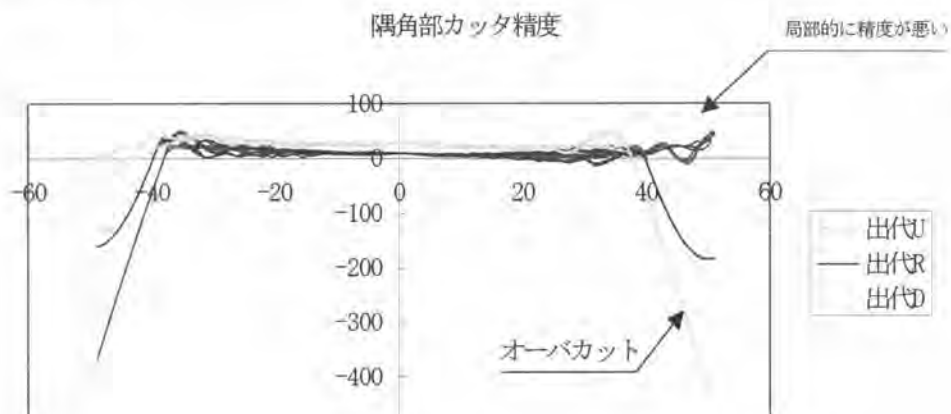
また、揺動周速が13m/minであり、隅角部を通過する時間が4～5秒と短いため伸縮速度は最大250mm/secと極めて高速に設定した。

隅角部カッタ装置は、角度毎に変化ストロークを指示・調整(電気油圧サーボ制御)しながら伸縮する機能を有している。

グラフー1は、掘進中に隅角部カッタ装置の先端部の軌跡を採取したデータをグラフ化したものである。

両端の変化点付近に若干精度の悪い部分が存在するが、今回のマシンでは、精度をこれ以上克服することができなかった。しかし施工上においては、まったく問題となることはなく、今後、制御技術の向上に伴い更なる性能の向上が期待できると考えている。

さらに、伸びきった状態の隅角部カッタ（一本）に、全トルクが作用しても損傷のない構造としている。



グラフー1 隅角部カッタの軌跡

(3) 隅角部カッタ装置用カッタービット

隅角部カッタ装置に使用するカッタービットは、掘進方向・揺動方向・周方向の3次元掘削を必要とする事から、先端の閉塞や異常摩耗に対応して新規に開発を実施した。

(4) 中折れ装置

本矩形シールド機は、ローリングを修正する目的に前胴を左右2つに分割してあり、各々独立した中折れ装置を装備している。

機械的なピン構造を軸として、上下方向に独立して±1.0度屈曲する構造になっている。

(5) 連結同調ジャッキ

連結同調ジャッキは、本工事に使用した鋼殻の分割が、左右の中央に摩擦接合継手を採用し、すべて同じ高さの接続とした事に対応したものである。

今回の摩擦接合継手部には、推力を受け持つ縦リブが設置できないことや、上下の推力差・鋼殻製作精度などで上下に段差がでることを避けるための手段として連結同調ジャッキを採用した。

(6) 鋼殻の特徴

当工事における鋼殻は、トンネル施工断面のスリム化を計る目的から本構造物として計画されている。

したがって、外側が鋼殻を主引張材とするSC構造、内側はRC構造である、これをスタラップで合体し、オープンサンドイッチ構造としている。

また鋼殻は、その断面比が1:1.5であることから一次覆工時には中柱を有し、二次覆工完了後に切断し撤去する。

鋼殻のピース間継手のうち、完成時にトンネル外側で常時引張力が作用する継手については、引張強度の高い摩擦接合継手を採用した。

覆工部材のせん断補強部材としてはせん断補強筋を設置している。せん断補強筋は、端部をプレートに溶接しており、高力ボルトによりプレートと主桁を一体化することでせん断補強材として機能する。

鋼殻は、3本主桁構造であり、8分割+中柱の構成で製作した。1リングの重量は、7.3ton、1ピースの最大重量は、約1000kgである。

3、施工実績

(1) 工事の概要

工事名：きらめき通り地下通路建設工事
発注者：㈱岩田屋・NTT九州不動産㈱
工事場所：福岡市中央区天神2丁目きらめき通り
工期：1997年8月1日～1999年4月30日

地下通路工事は、図-5 平面図にあるように右上に建設中の西鉄福岡駅ABビル、右下が西鉄福岡駅ターミナルビルである。上記の中間に地下連絡広場が位置する。今回工事の地下通路は、平面図左方向に掘進し、左下部に位置する岩田屋Zサイドビルに接続する工事である。

表-1 工事内容

シールト機外形	H4980×B7810×L6550
鋼殻外形	H4712×B7612×L1000
仕上がり内形	H3300×B6200
延長	119.86m
曲率・勾配	直線・-5‰
土質	砂質土・礫混り砂
土被り	4.8m

(2) 発進立坑

発進立坑は、西鉄福岡駅ABビル（建設中）と営業中の西鉄福岡駅ターミナルビルの下に建設中である地下連絡広場を使用した。したがって、上空（3階部分が駅）に構造物があり、高さは5.6mの制限を受け、作業帯は幅6m、長さ35mが最大占用面積であった。

また、地下連絡広場を使用する事から坑内空間に制限があり、高さ10m、



写真-1 発進立坑景観

面積400㎡と狭隘な空間にシールド機を含む掘進設備、後続機器のすべてを配置した。

残土搬出は、坑内に土砂ホッパ30m³を設置し、そこから土砂圧送ポンプにより、箱ダンプに直接積み込みを実施した。

このように狭隘な場所が発進基地になったことから、立坑の構築や材料搬出入・仮設備設置撤去などすべての作業に工程的・経済的な影響を伴った。

(3) 到達工

到達は、シールド機を地中に残置する計画であり、シールド機内に端部隔壁を設置し、シールド機の後方で既設建物と連携する。

連携部は、クロスジェットグラウト工法で地盤改良を実施後、改良体を切削しながらシールド機を通過させ、接続作業を実施する。

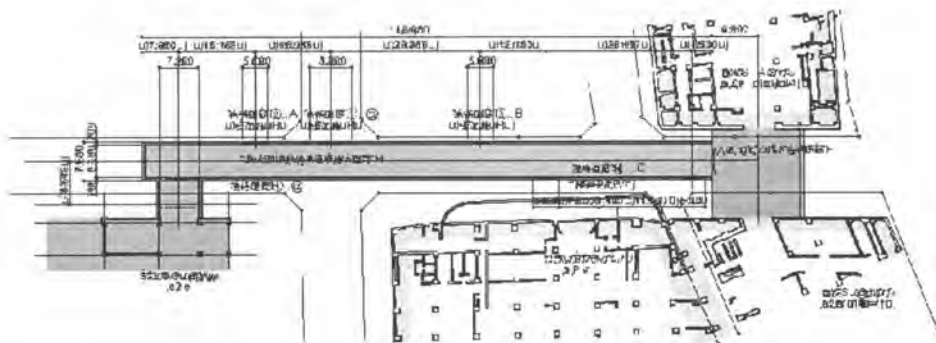


図-5 平面図

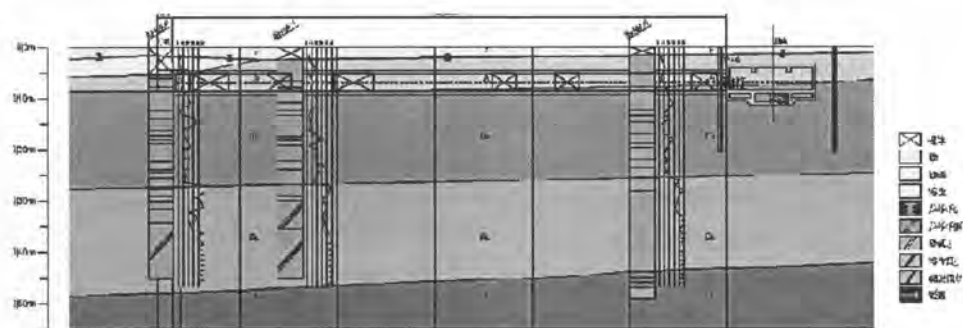


図-6 縦断面図

(4) 掘進工

土質は、砂が主体であり、崩壊性が高く土被りが少ない、埋設物や構造物が近接している等から路面・構造物の変位や加泥材・裏込注入材の噴出・近接構造物への流入などに細心の注意を払い施工した。

掘進管理は、運転室・事務所に掘進中のデータを伝送し、コンピュータによりリアルタイムで解析を行うことにより実施した。特に隅角部の掘削誤差や切羽圧（加泥圧）・量、裏込注入圧・量、排土量のデータを重要視し、路面変化の状況と対比し最適な状況を模索しながら施工を進めた。

発進坑口は、エントランスを本体形状に合わせて設置し、直線部の締付補助にエアーチューブでバックアップを行い、掘削土砂が漏洩しない構造とした。

工事は、比較的順調に進み、1日平均進行4リングの確保ができた。

地表面の変位は、切羽圧決定に上載の荷重を最低圧として検討し、裏込注入位置を上部2箇所（注入圧を加泥圧と同様圧で管理）から実施することで沈下を殆ど無くすることができた。



写真一2 坑内状況

4、おわりに

今回の施工を通じてWagging Cutter Shield 工法の有用性が確認でき、他の類似工事にも展開が可能と考える。

本工法は、様々な断面の掘削に適するほかコストダウンも可能であり、今後の改良・改善でさらに発展するものと期待している。