超大断面扁平シールドの掘削機械設備

日本道路公団　正会員　牧浦　信一
前田建設工業（株）○正会員　北川　滋樹
大豊建設（株）　正会員　加島　豊
（株）錢高組　フェロー会員　井田　隆久

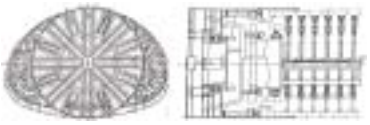
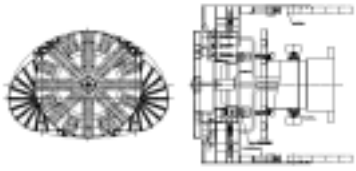
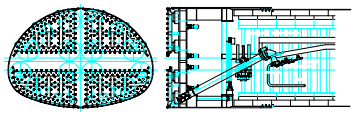
１．はじめに

第二名神高速道路「枚方トンネル（仮称）」にシールド工法を適用した場合、シールド掘進機は、およそ横径 19.3m×縦径 13.4m となる。過去にこのような超大断面でかつ扁平なシールド工法を計画し、施工した実績がないため、大断面で実績のある円形および異形断面のシールド機をベースとして、掘削機構、セグメント組立機構、姿勢制御などについての検討を行った。

２．シールド掘進機の概要

掘削方式について、回転カッタ、揺動カッタ、偏心多軸を組み合わせたシールド機を提案し、これらの特徴を整理した。掘削工法については、泥水式と泥土圧式が考えられるが、ともに適用可能であるとの結論を得た。表－１に提案されたシールド機の中から代表的な例を示す。

表－１　シールド掘進機一覧

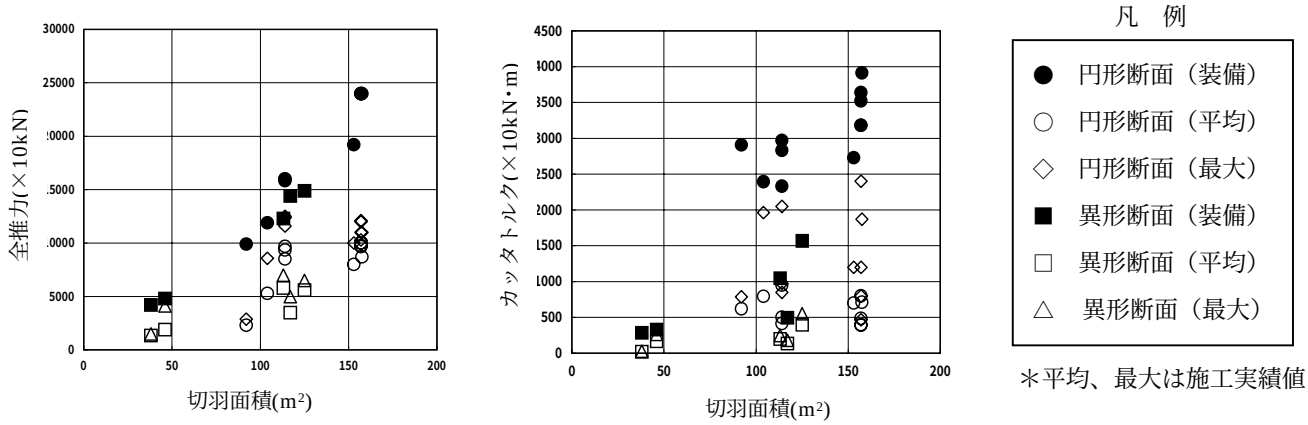
名称	回転カッタ・偏心多軸併用 （泥水式）	回転カッタ・揺動カッタ併用 （泥水式）	偏心多軸 （泥土圧式）
概要図			
掘削方式	中央：回転カッタ方式(前面) 両側：偏心多軸方式(背面)	中央：回転カッタ方式(前面) 両側：揺動カッタ方式(背面)	偏心多軸方式
特徴	・回転カッタは実績が多く、信頼性が高い ・偏心多軸カッタを背面に配置することで干渉を避ける	・回転カッタは実績が多く、信頼性が高い ・揺動カッタを背面に配置することで干渉を避ける ・３連での実績がある	・カッタ回転半径が小さいため、カッタトルクが小さく、ビット摩耗量が少ない ・掘削反力をバランスさせるために、カッタを４分割して配置
装備推力	・200～260MN	・同左	・同左
装備トルク	・回転カッタ：27500kN･m ・偏心多軸カッタ：3500kN･m	・回転カッタ：27500kN･m ・揺動カッタ：1200kN･m	・2800kN･m×4

装備推力および装備トルクは、大断面、異形断面シールドの実績から推定した。図－１に、調査を行った大断面、異形断面シールドの切羽断面積と推力・カッタトルクの関係を示す。

装備推力は、円形、異形に差はなく、切羽面積によってほぼ決定される。しかし、扁平断面の場合，切羽面積と側部面積の関係が円形と異なるため、シールド機の設計に当たり、扁平率が大きくなる場合には、これを考慮する必要がある。

装備トルクについては、推力に比べてばらつきが大きいが、円形断面では切羽面積とともに装備トルクが増加する。異形断面の装備トルクは掘削機構に依存する。

キーワード：枚方トンネル、シールドトンネル、シールド機、超大断面、扁平断面
連絡先：前田建設工業（株）土木本部　土木部　東京都千代田区富士見 2-10-26　TEL03-5276-9472



図－１　大断面・異形断面シールドの切羽面積と推力・カッタトルクの関係の実績

３．セグメント組立機構

セグメントの組立に関しては、従来の円形断面と異なるエレクタ機構が必要となる。組立機構の検討にあたり、異形断面シールドのエレクタ機構の実績調査を行った。異形断面シールドにおいては、多関節式、リングギア片腕式、円形断面と同様のリングギア式の組み合わせが採用されている。これらのエレクタ機構の扁平断面への適用については、作動範囲を考慮して検討する必要がある。また、超大断面であるため、高所作業で、セグメントピースが従来にない重量物となることや継手の締結力が増大することから、継手構造の工夫を含めた自動化も今後の検討課題である。

組立時間については、大断面ＲＣセグメントの組立時間の実績調査より、1 ピースあたり 8 分程度あるいは継手カ所あたり 1～1.5 分程度が目安となる。さらに、非円形であることを考慮すると、さらに若干の時間余裕を見込んでおく必要がある。また、超大断面・扁平断面であることから、セグメントの変形に対して形状保持装置の装備が必要である。

４．姿勢制御

シールド機の姿勢制御については、異形断面では、ローリング制御が施工上の重要な課題である。本シールドでは、シールド機のセグメントに対するローリングが 0.5 ° 以上になるとテールクリアランスがなくなり、セグメント組立が困難になるため、迅速な対応が必要となる。ローリング制御方法は、異形断面シールドの実績調査によると、カッタ回転方向やコピーカッタの使用に加えて、ローリング修正ジャッキ、重量バランスや可動そりの併用が有効と考えられる。

５．おわりに

マシン製作、切羽安定、セグメント組立などの面から、基本的には、超大断面扁平シールド機による施工は可能であると判断した。しかし、過去に例のない超大断面かつ扁平断面であるため、他にも以下のような検討課題が考えられる。

- チャンバー内の泥水あるいは掘削土砂の流れ
- 泥水式の場合における送排泥管の位置および分配比
- 泥土圧式の場合における攪拌機構、排土口位置および添加材注入位置
- ピース毎に異なる形状を考慮したセグメントの搬送、供給組立機構
- テール変形とセグメント自重変形を考慮した形状保持装置の構造検討
- シールド機の分割、運搬、組立