# 土木の言葉

DOBOKUNOKOTOBA

鹿島建設(株)　東京支店
土木部技術グループ 設計課長
遠井誠二

## 【長距離シールド】 27

### 1．はじめに

都市トンネル築造の代表的な工法であるシールド工法は、昭和40年代以降、開放型シールドから補助工法を原則として必要としない密閉型シールドの時代に至り、今日では、施工条件や目的に応じたニーズに合わせ、日々技術革新が進んでいる。そうしたなか、長距離化の傾向は顕著な状況にある。

これは、都市部の過密化、地価高騰、地域住民の環境保護などから立坑用地の確保が困難になり、また、地下構造物の輻輳化による大深度傾向は、立坑費用を増加させシールド工事全体を高価なものとさせている。こうした背景から延長距離の長いシールドが必要とされてきている。しかしながら、通常の施工延長である１～２km程度から、３km程度までの長距離化は、従来技術の延長上での改善、工夫の範疇で対応が可能であるものの、それ以上の長距離化に際しては、新たな技術の導入が必要となる。

### 2．長距離化に求められる技術的な課題

#### (1)シールド機の耐久性

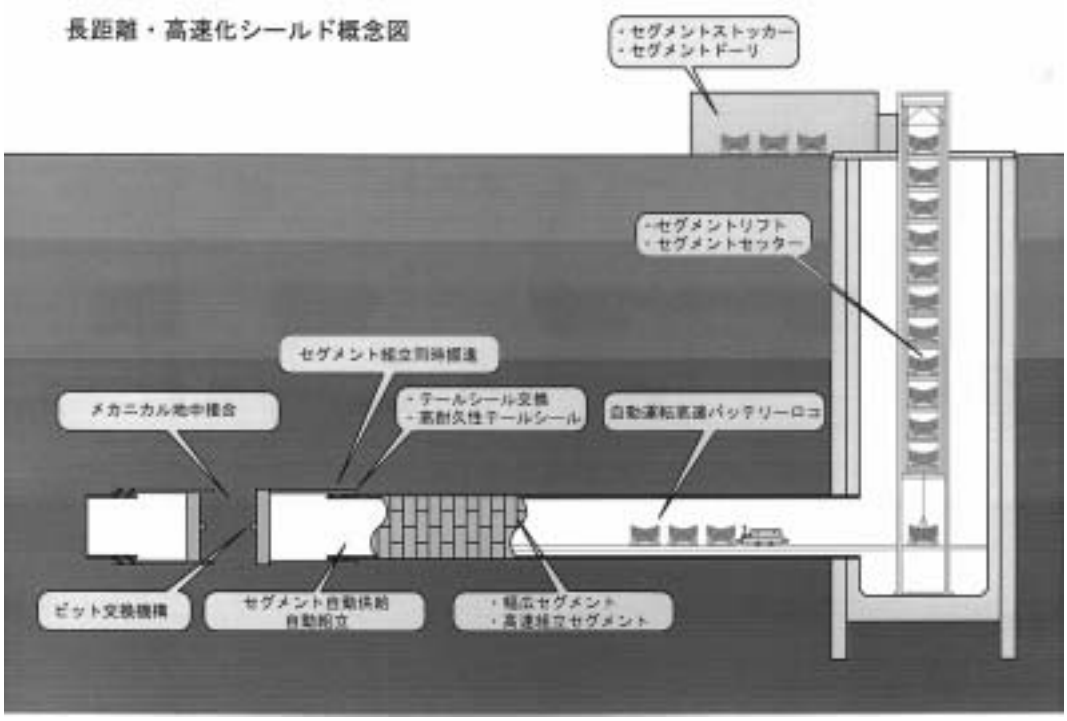
長距離化に伴いシールド機に多大な負担が発生する構造部は、カッタービット、カッタ駆動部の土砂シール及びテールシールである。同部は、単純に距離に比例して消耗、摩耗する構造部であるため、従来は点検立坑や地盤改良ゾーンを設け、シールド機外部からの補修、交換を行う必要があった。しかしながら、長距離化に併せ近年の施工条件からのニーズや大深度地下空間利用法の適用により縦断線形計画上、高深度、高水圧化も必然的な条件となることから、安全性、施工性の上で、これらの対策を伴わない各構造部の長寿命化技術やシールド機内部からの補修、交換技術が必要となる。

#### (2)高速施工、省力化

シールド工事の所要工期は日進量により決定されるため、従来のやり方では長距離になればなるほど工期がかかってしまうことになる。このため、円滑な事業の遂行や、工期遅延による経済的な損失を伴う事業、緊急的に早期供用が必要とされる事業などにおいて支障をきたすことになることから、高速施工化による工期短縮が大きな課題となる。

シールド工事において、日進量を決める要素となる作業は、シールド機の掘進作業とセグメントの組立作業である。したがって、この掘進、組立の作業サイクルをいかに短縮するかで、高速化を図ることが可能であることから、掘進速度を速めるためのシールド機本体の高速技術と、セグメントの組立速度を速めるセグメント構造本体の高速対応技術が必要となる。

また、シールドが長距離化すると、掘進、組立の作業サイクル以外に、セグメントや土砂の輸送の効率化が問題となってくる。これは、通常距離の場合には、同上サイクルの時間内に搬送できたものが、




この時間のほうが長くなる状況が発生する。したがって、搬送時間を短縮する搬送設備の高速化システム技術も必要となる。

さらに、このような高速化に伴う問題として、作業員の作業負担が増大することが挙げられる。すなわち、従来と同一時間内に高速化された作業量をこなすこととなるため、安全性、作業環境上からも、自動化、省力化の対応も不可避な技術となる。

## 3．長距離化対応技術

### (1)シールド機の耐久性向上技術

① カッタービット交換

地盤改良を行うことなく、機械的にビットの交換を行う機構をカッター面板に装備することによりビットの耐久性を抜本的に向上させる技術で、交換回数は方式により数回から無制限が可能である。

② テールシール

テールシールの多段化や自動給脂による損耗低減、発泡ウレタンを含浸させた特殊シールなどによる耐久性と止水性の向上、また、特殊鋼製セグメント部でのテールシール交換も可能となっている。

### (2)シールド掘進、セグメント組立の高速化技術

① 掘進速度の高速化

従来施工の掘進速度30～50mm/s に対し80～100 mm/s の高速化を図るものである。なお、これに伴い土砂搬出、処理設備の増強も必要となる。

② 高速組立対応セグメント

従来のセグメントは、1リングの組立に際し30前後のボルト締結作業が伴うのに対し、これをリング間は押し込みのみで締結が可能なピンタイプの継手構造とし、セグメント間は突合せのみ、あるいは押し込みのみで締結可能な嵌合継手とすることで、組立時間の大幅な短縮と自動化が可能となる。

また､幅広セグメントや､セグメントの等分割ピース化により、組立数自体の低減も同時に組み合わせることでさらなる高速化を図っている。

③ セグメント組立同時掘進

掘進と組立を交互に繰り返す従来の作業手順に対し、掘進と組立を同時に行うことで飛躍的に高速化を図る技術である。方法としては、同時掘進組立が可能な装備を設けた特殊シールド機によるものと、特殊な形状のセグメントを用いることで対応するも

長距離シールド施工実績表（５km 以上）

| | 工　事　名 | 企業者 | 施工延長 | マシン外径 | 工　法 | 備　考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 学園豊崎間管路新設工事（２工区） | 関西電力 | 6.5km | φ5.76m | 泥水式 | 2002年竣工 |
| 2 | 学園豊崎間管路新設工事（３工区） | 関西電力 | 5.0km | φ5.76m | 泥水式 | 2002年竣工 |
| 3 | 霞ヶ浦導水事業石岡トンネル（２工区） | 国交省 | 5.0km | φ4.07m | 泥水式 | 施工中 |
| 4 | 春日井共同溝大泉寺工事 | 国交省 | 6.8km | φ4.83m | 泥土圧式 | 施工中 |
| 5 | 東西連係ガス導管新設工事 | 東京電力 | 9.0km＋9.0km* | φ3.65m | 泥水式 | 施工中、海底トンネル |
| 6 | 中央幹線工事（草加～立石工区） | 東京ガス | 6.3km＋4.8km* | φ2.39m | 泥水式 | 施工中 |

（＊地中接合）

のがある。

### （３）セグメント搬送の高速化、自動化技術

①　セグメントの自動搬送システム

セグメントヤードから切羽部までを一連の自動化システムでセグメントを搬送する設備で、ストッカー、ドーリー、リフト、セッター、高速バッテリーカーで構成され、大量のセグメント搬送を極めて効率的に省力化できる技術である。

②　セグメント自動供給、自動組立

高速組立セグメントとの併用で、セグメントの供給から～把持～位置決めまでを完全自動化することで、切羽部作業の大幅な省力化が可能となる。

### （４）特殊マシンによる長距離化技術

①　メカニカル接合シールド

２台のシールド機を地盤改良を併用することなくメカニカルに正面接合させるシールド機で、これにより、立坑間距離を倍増することが可能となる。なお、非常に高い接合精度が要求されるため、シールド機内からの位置検査システムも重要な技術となる。

②　親子シールド、分岐シールド、部分拡大シールド

トンネルの用途によっては、同一断面で長距離の必要がなく、途中で断面変化が望ましい場合や、中間立坑を構築せずにトンネルに途中分岐路線が必要な場合、あるいは、部分的に標準部断面より拡幅した区間が必要な場合などに合理的な計画が可能となる各種の特殊シールド工法との組合せも十分可能となる。

## ４．おわりに

施工実績に示すように、従来の長距離実績である３km を遥かに越えた長距離化が、前述の技術を採用することにより可能となり、現在最長（片押し最長９km、地中接合の併用で18km）の計画では、東京湾を一気に横断することを目指し挑戦中の工事となっている。また、高速化についても、従来施工での月進量150～200m に対し300～500m の高速化が実現されている。

このような新技術での長距離化、高速化は、まだスタートしたばかりであり全ての条件で適応できるに至っていない技術もあるが、今後これらの実績をフィードバックさせ、より確実で信頼性の高い技術に確立される日も近いと思われる。