

PSVI-3 ボックスシールド工法の開発

戸田建設(株)	土木技術開発室	正会員	多田幸司
同	上	正会員	山田知海
同	上	正会員	中川雅弘
(株)利根ボーリング	設計部		渡辺太郎

1. はじめに

シールド工法は大断面化、大深度化の傾向と共に、断面の有効性を追求する新しい流れがある。従来の施工法から定まる円形断面に拘らず、供用時に必要とする断面に近づけようとするものであり、今までにいくつかの提案がなされている。しかし断面の有効性をさらに追求すれば、箱型断面がもっとも有効である。

箱型断面の掘削は、切羽開放型の手掘り方式であれば既に数例の実績がある。しかし近年の大断面、高水圧条件下においては適用し難く、密閉式で箱型断面を掘削する技術が必要とされる。掘進方向に垂直な方向に軸をもつドラムカッターを用いれば、箱型の掘削は可能であるが、カッター軸の支持部が未掘削として残るのが問題であった。当社は大深度連続地中壁の掘削機であるエレクトロミルの機構をシールドに適用することを考えた。このドラムカッターとリングカッターを組み合わせた機構であれば未掘削部は残らず、全断面の掘削が可能である。しかしシールド工法に適用するにあたって種々の確認すべき項目があるため、大型土槽を使った基礎実験ならびに自然地盤での実証施工を行った。本文ではその概要を述べる。

2. 掘削機

本工法は 4000×5000 程度の地下鉄断面クラスの開発を目指している。図-1に示すように実機においては、ドラムカッターとリングカッターの組み合わせを1ユニットとして、それを複数個組み合わせて掘削機を構成する。今回の開発においては数多くの性能確認実験を行なわなければならないため、その1ユニットを取り出して実験機を製作した。泥水加圧式、土圧式いずれでも対応可能であるが、現在のところ10mを越える大断面が全て泥水加圧式で施工されている状況を考慮して、実験機は泥水加圧式で製作した。切羽の安定の確認が最も重要であるため、送排泥の機能を確保する事を考え、送排泥管の管径を100mm、掘削機外径を約1mとした。写-1、2、3に実験機とそのカッター面を示す。

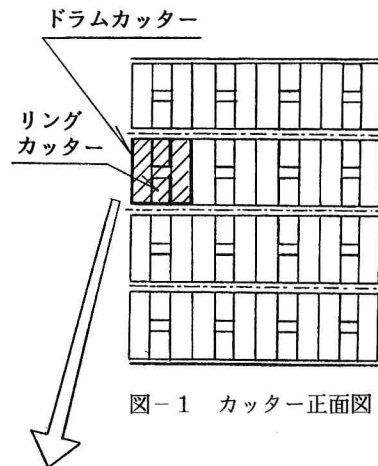
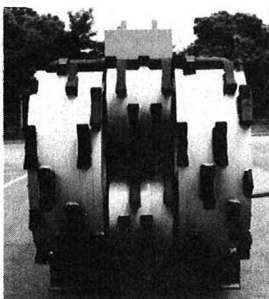
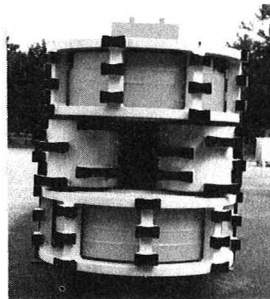


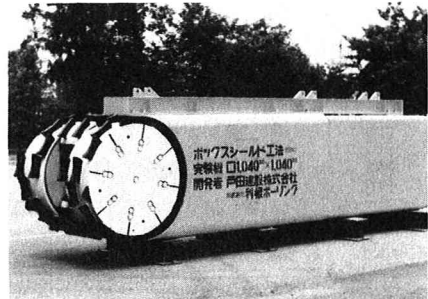
図-1 カッター正面図



写-1 ドラムタイプ
（水平軸）



写-2 スポークタイプ
（垂直軸）



写-3 実験機

3. 開発実験

開発実験には、新しい掘削機構における土砂の掘削、運搬性及び切羽の安定等の基本的な性能を確認するための基礎実験と自然地盤での掘進性能を確認するための実証施工の2種類を実施した。

3. 1 基礎実験

基礎実験では、写－4に示すような大型実験土槽を設置した。実験土槽は耐圧式で $3.0\text{kg}/\text{cm}^2$ の水圧に耐えられる構造になっている。その中に砂、粘土等の試料を入れて模擬地盤を作成し、 $0.5\sim 2.0\text{kg}/\text{cm}^2$ の水圧のもとで、種々の実験を行った。また実験は、泥水加圧式で行うため泥水輸送設備等の一連の機器を設備し、掘削管理上の諸データを採取、解析した。

3. 2 実証施工

実証施工では、基礎実験で確認できた事項を踏まえて実験機に若干の改造を施したのち、当社開発の薄型地中壁工法で構築した立坑を発進立坑として、掘削延長30mを泥水加圧式ボックス推進工法で施工した。また実験機の掘進性能を確認すると共に施工路線上に層別沈下計、地中変位計等を設置し、実験機の通過に伴う地山への影響を調べた。写－5に発進状況を示す。

4. まとめ

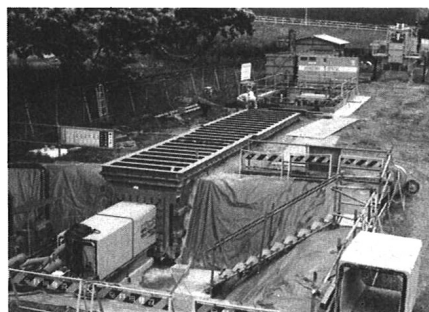
技術的な確認事項と

して掘削された土砂はカッター前面に滞留する事なく、スムーズにかつ定常的にチャンバー内に取り込まれている事や、切羽の崩壊、周辺地山の緩み等が生じていない事から安定した掘進が確保されたものと思われる。表－1に開発実験結果からの到達事項を示す。尚、実験結果の詳細については同報の第2、3報を参照されたし。

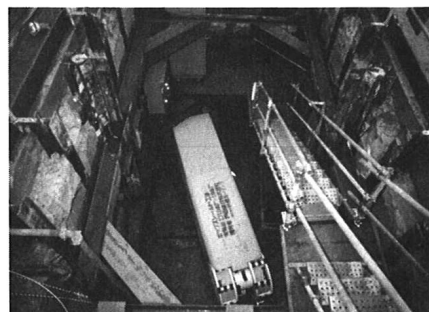
5. 今後の展開

今回の開発実験の結果、新しい掘削機構としての有効性が認められたものの、あくまで推進方式での成果である。曲線施工、礫地盤での対応、ボックス用エレクターの設計、低コスト型のセグメントなど残された課題は多い。1つずつ解決していき、泥水加圧式ボックスシールド工法の完成を目指すと共に、土圧式への展開にも取り組む予定である。

参考文献 土木学会第44年次概要集VIpp74～75



写－4 基礎実験状況



写－5 発進状況

表－1 技術的到達事項

項 目	開発実験実施事項	到達事項（主要点）
土砂の掘削及び運搬性	・カッター軸方向、回転方向、回転数の影響 ・カッター形状の違い ・粘性土の付着 ・チャンバー形状及びアジテータ ・開口率	・土砂の切削、チャンバーへの運搬は、円形シールドに比べて何ら遜色はない ・粘性土の付着は、分散剤の使用で対処できる事を確認 ・土質によりカッター回転数と推進速度の関係を把握 ・カッター上下配置の場合、トルク差が発生する事を確認
切羽の安定	・土質による相違（山砂、粘土、川砂、改良土） ・ドラムカッター上半部の安定 ・リングカッター回転方向の影響 ・リングカッター上部、前部	・実証施工では切羽崩壊、周辺地山の緩みはなし ・リングカッター回転方向のノウハウをつかむ ・切羽の安定保持は、円形シールドと同等
掘進速度の確保	・最大速度の確認 ・推進速度とカッター回転数の関係	・掘進速度 砂質土では最大$80\text{mm}/\text{min}$ 粘性土ではカッター回転数との相関がある
マシンの方向制御	・ビッチング、ローリングの発生状況及び修正	・実証施工では上り勾配を達成によってビッチング修正は可能 ・ローリングはマシン断面内の重心の位置が影響する ・箱型断面による特別のクセはない