

ハーモニカ工法函体間切開き時の地山崩壊防止対策の要素実験（１）

大成建設株式会社
大成建設株式会社
大成建設株式会社
成和リニューアルワークス

正会員 ○川北 潤
正会員 西尾 成夫
正会員 高見澤計夫
乙坂 航平

１．はじめに

大断面分割シールド工法（ハーモニカ工法：推進方式）では、隣接函体間に隙間があるため、高水圧下での函体間接続作業時には出水に伴う周辺地山の崩壊防止対策が必要になる。通常は、函体間に設けた継手が係合され、継手内の空間に特殊ベントナイトを充填することで地山崩壊が防止できる（図１）。この継手構造については別途実験により 0.6MPa の止水性能を確認している。

ところが、函体間継ぎ手を用いることができないケースとして、函体間隔離が一樣でない場合や本工法を曲線線形に適用する場合、また函体間隔離が一樣でも隣接する２面が施工済みの部分に施工する函体では施工誤差が累積し継手を係合できなくなるため、これらの場合には別途対策が必要となる。

そこで筆者らは、ブレードカッターにより既設函体上部または側部を薄層切削し、ここに鋼板を連続して屋根状に配置する方法（以下、スライド鋼板方式）を考案した（図２）。本稿では、実現性評価のために実施した要素実験の結果について報告する。

２．実験概要（図３、表１）

先行する施工済み函体と裏込め材および周辺地山を模擬した土槽をブレードカッターで切削・推進し、できた空間にスライド鋼板を押出す状況を再現する実験設備とした。カッタービットの切削抵抗確認に加え、ブレードカッター面と地山の摺動抵抗を確認するため下面切削配置とした。

３．実験項目

- ① カッター作動状況の確認：３種類の模擬土（A.裏込め材〔セメント 400kg/m³〕+6号砕石 140kg/m³、B. 裏込め材〔セメント 470kg/m³〕+6号砕石 140kg/m³、C. 裏込め材〔セメント 390kg/m³〕水量 20%低減+6号砕石 260kg/m³）に対し、推進速度を 10mm/min～50mm/min の範囲で変化させ、カッター回転の正逆切替えを行って切削性能を確認した（写真１）。
- ② 切削抵抗の確認：切削装置は、元押しジャッキを模擬した２本のジャッキで掘進方向に押出す構造としたが、切削抵抗により左右ジャッキの同調不良が生じるなどの推進方向の変化が起きないか確認した。
- ③ スライド鋼板の動作確認：ブレードカッターで切削してでき

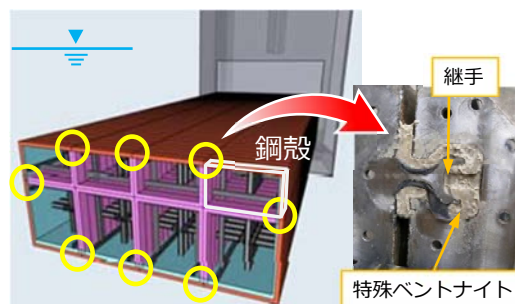


図１ ハーモニカ工法と函体間継手

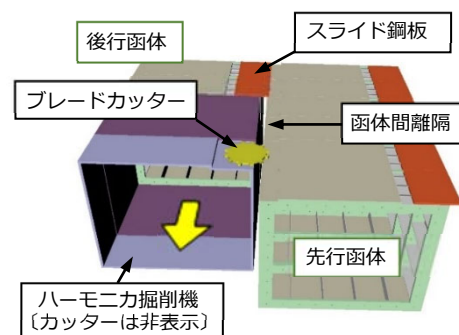


図２ スライド鋼板を用いた函体間接続

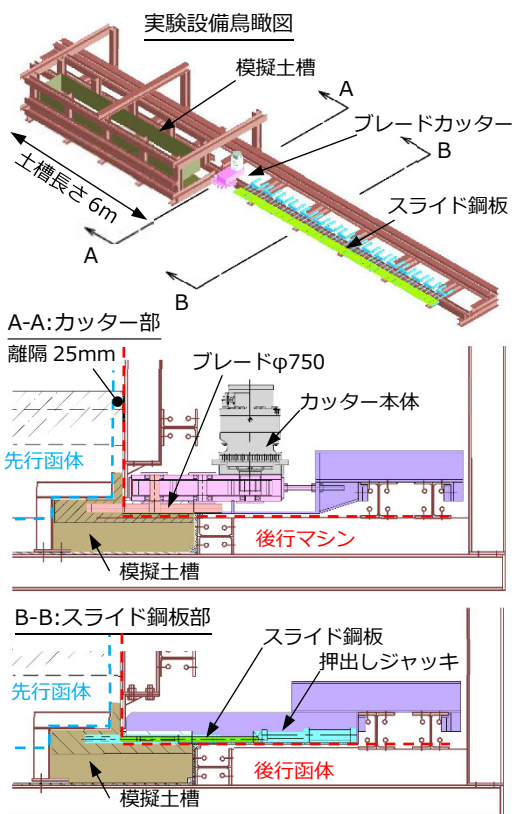


図３ 実験装置

キーワード 大断面分割シールド工法，スライド鋼板，ブレードカッター，函体間土留，継手間止水
連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル 大成建設株式会社 TEL 03-5381-5284

た溝への押し出し状況を確認した。また、スライド鋼板に装備した注入管から、掘進完了後のスライド鋼板周辺の余掘り範囲を空隙充填することが可能かどうか確認した。

- ④ 先行函体段差への対応確認：模擬先行函体にリング間の目違いを模擬した 5～10mm の段差を設けておき、ブレードカッター切削への影響と後続のスライド鋼板の押出への阻害の有無、および鋼板を押出した状態での推進への影響の有無を確認した。

4. 実験結果と課題

- ① 切削実験では、ブレードカッターの負荷の変化は推進速度・正転逆転・土砂の違いなどについて課題はなかった。カッター径 $\phi 750\text{mm}$ に対し、発生したモータートルクによる接線力は 6.05kN であり、今回実験に使用した油圧モーターでは充分余裕があったと思われる（表 1）。
- ② 左右の推進ジャッキのストローク差を管理したが、左側前方に切削部があることとカッター周辺の押さえがないことから、左下がりになり右側が先行する傾向があった。
- ③ スライド鋼板の押出し（写真 3）では、切削溝部に切削ズリが少しずつ溜まり（写真 2）、スライド鋼板の押出しに支障となった。実施工では密閉・加圧された状態であるため、切削ズリは加泥材と混練されたゆるい状態に残っており、スライド鋼板により容易に押しのけられるため支障にはならないと考えられる。注入実験では、被圧状態の再現はできなかったが、推進完了後に吐出口からの注入は可能であることを確認した。
- ④ 先行模擬鋼殻の目違いによる段差に対して、ブレードカッターの停止やスライド鋼板の押出し不良、段差への引っ掛かりは発生しなかった。ブレードカッター本体にあそびをもたせて固定していることにより、接触を適度に逃れたものと思われる。後続のスライド鋼板の押出し、推進についても特に影響は確認できなかった。

5. まとめ

- a) ブレードカッターによる地山切削，および掘削した空間にスライド鋼板を押出すことで函体間を接続する施工方法はおおむね良好に施工できることが確認できた。
- b) 先行函体の小礫の混入した状態の裏込注入部をブレードカッターで切削したが、大割れしたり負荷が変化したりすることもなく、また、速度変化による影響もなく施工できた。
- c) 切削溝へのスライド鋼板の押出では、1 枚目は溝内に残っていた切削ズリが支障となり 75%程度の押し出しであったが、2 枚目以降はスムーズであった。実施工では加泥材により切削ズリが塑性流動化されていると考えられ、支障なく押し込められると思われる。また余掘り充填注入が可能であることも確認した。
- d) 模擬先行函体の鋼殻の目違い部の影響に対しては、ブレードカッター装置が適度に揺動したことで支障とならなかった。後続するスライド鋼板の追従性も良好であったが、こちらも適度な揺動性をもたせたことで追従できたものと思われる。

参考文献 なし

ブレード	$\phi 750\text{mm}$ 、 $t=50\text{mm}$ 有効切削代 200mm
モーター	油圧式MS35-2
トルク	$13.7\text{kN}\cdot\text{m}$ （ 21MPa 時）
最大接線力	36.5kN （ $3,724\text{kgf}$ ）
回転数	$2\sim 3\text{rpm}$
油圧ポンプ	$8.4\sim 12.6\text{L}/\text{min}$
電動機	$11\text{kW}\times 4\text{P}\times 400\text{V}$

表 1 ブレードカッター性能表



写真 1 推進実験状況

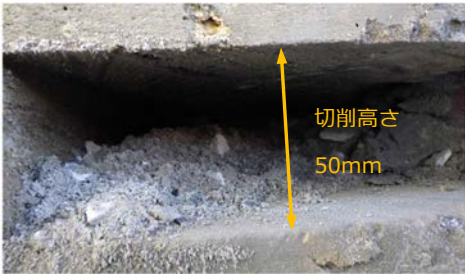


写真 2 切削溝内の切削ズリ



写真 3 スライド鋼板押し出し状況