

ハーモニカ工法の止水技術の開発 ―H Lシールの現場施工性実験―

大成建設株式会社 正会員 〇川北 潤 正会員 伊賀崎 圭
六菱ゴム株式会社 非会員 関谷 誠之

1. はじめに

ハーモニカ工法（大断面分割シールド工法）は、図－1に示すように小断面のトンネルを積み上げて大断面のトンネルを構築する非開削工法である。浅深度での実績を有する推進工法式のハーモニカ工法を大深度地下空間構築に適する技術に高めるための課題として、高水圧下において、積み上げた小断面トンネルを接続して本体構造物を作る際に求められる函体間の止水技術がある。本編では、本開発で考案した止水構造の施工上の技術と、その施工性を実際の現場において確認した結果について述べる。

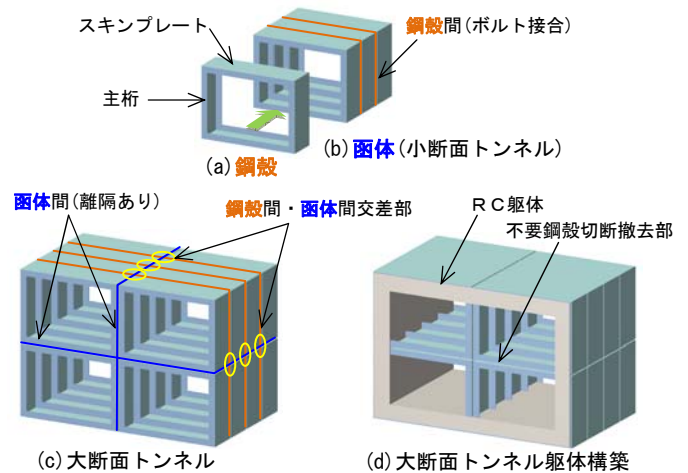
2. 止水構造

ハーモニカ工法では、大断面トンネル内部の鋼殻がR C躯体構築後に切断撤去されるため、その前までに函体間の止水を行う必要がある。図－2に高水圧下における函体間の止水構造の概要図を示す。これは、回転シャフトの軸受け部のシールに用いられるリップシールを函体間止水に応用したものであり、後行の函体に設置して推進し、先行函体にリップシールの突出部を連続的に押し付ける。地盤側から水圧が作用した場合には、リップシールの自己止水性による止水効果を発揮する（以下、ハーモニカ工法に用いるリップシールを「H Lシール」と呼ぶ）。

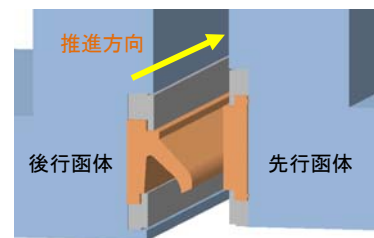
3. 施工上の技術

(1) スクレーパーの開発

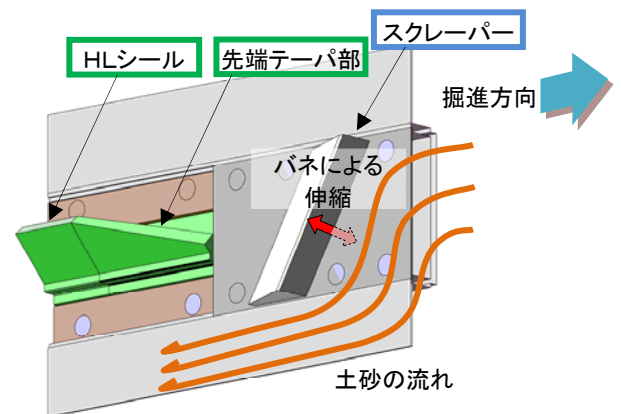
上記の止水構造に関して、実験室レベルでは0.8MPa相当の水圧に耐えること、および、H Lシールとゴムブロックとの間に多少の砂粒子が残存した状態でも止水効果が劣ることがないことは確認されている。ただし、実際の函体推進時には先行して設置された函体の表面には土砂が大量に付着していると考えられるため、それを、止水実験で確認したレベルまで切削できる機構を設けておくことが必要となる。この対策として、H Lシールの切羽側に、先行函体に付着した土砂を切削する機能を備えた「スクレーパー」を配置することとした（図－3）。スクレーパーは、鋼殻内（またはマシン内）からバネによる伸縮が可能な構造となっており、函体間の距離が蛇行などにより変化しても先行函体表面に常に当接できるような押し付け力を与えている。なお、スクレーパーの土砂切削性能の確認試験を実施したところ、鋼殻函の目違いを模擬した段差部（3mm）において最大で $w=0.0330\text{g}/\text{cm}^2$ の削り残しが見られたが、この量は耐水圧実験にてシール間に挟んだ砂の量 $w_a=0.0375\text{g}/\text{cm}^2$ 未満であり、止水性能上問題ないと判断できる。



図－1 ハーモニカ工法各部名称



図－2 函体間止水構造（高水圧下）



図－3 スクレーパーのイメージ

キーワード ハーモニカ工法, 止水構造, H Lシール, 大深度, 施工性

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター 土木技術開発部 TEL045-814-7229

(2) 現場接続用圧着機の開発

実施工においては、H L シールを現場に納入する際に掘進全長分のH L シールを接続して持ち込むことが困難な場合が想定される。そのため、現場においてH L シールの接続を行うための機材の開発およびその手順の確立が必要となる。本開発では、同様のゴム部材を製作工場で接続する機械を小型化・軽量化した現場接続用圧着機を開発し（図－4）、工場外の施工環境においても施工可能な手順を確立した。これにより、掘進全長分のH L シールを一括納入できないような狭隘施工スペースの案件や施工延長の長い案件においても適用が可能となる。



図－4 現場接続用圧着機

4. 現場施工性実験

H L シールの実施工への適応性を確認するため、ハーモニカ工法を施工中の作業所において、函体の一部にH L シールを設置して推進工を行い、H L シールの施工性を確認する実験を行った。現場で実施した施工性確認実験における主な確認事項と実験結果および状況写真を以下に示す。

表－1 主な確認事項と実験結果

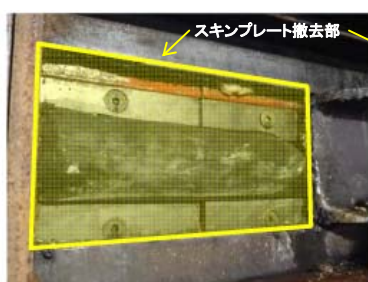
	確認事項	実験結果
①	取付作業手順、所要作業時間	・取付作業手順を確立（取付幅＝1.25m／1回、取付のみで約10分、止水材塗布を加えた場合は約20分）
②	接続（圧着）方法 接続作業時間、品質	・現場での接続用圧着機を用いた施工方法等を確立 ・接続作業は段取りから品質検査まで約2時間／1か所
③	スクレーパーの土砂除去性能	・隣接鋼殻の付着土砂の除去効果良好（撤去したスキンプレーートの観察により確認）
④	推進時の挙動	・推進時、函体間へスムーズに挿入が可能であり、他作業への干渉もなし（坑口のホイストが効果的）



図－5 取付状況



図－6 接続（圧着）状況



図－7 土砂除去効果



図－8 推進時（坑口）

このように、現場施工性実験の結果、H L シールの施工性が良好であることが確認され、作業手順が確立されたことで、実用化に向けた性能確認ができた。

5. まとめ

地下水圧下での函体間の止水を可能とするH L シールの開発を行い、実用化を視野に入れ、スクレーパーや現場接続用圧着機の開発を行った。また、実際の現場における施工性実験により、ハーモニカ工法の大深度・高水圧対応の技術において、一連の技術の確認をすることが出来た。

最後になりますが、今回の現場施工性実験にあたり、発注者、事業主をはじめ、関係者の方々に多大なるご協力を賜りました。この場をお借りして、御礼を申し上げます。