

角形エレメント推進工法における坑口止水装置の試験施工

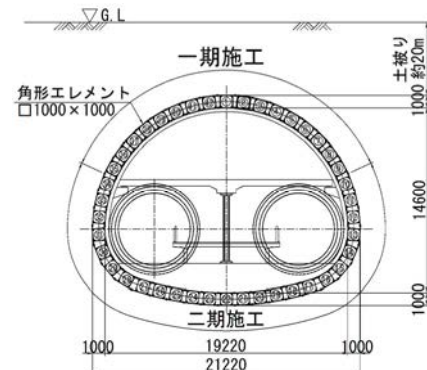
戸田建設 正会員○田中 孝, 鉄道・運輸機構 正会員 大野 友和, 非会員 茶木 勇太
戸田建設 非会員 小山 正幸, 正会員 田中 宏典

1. はじめに

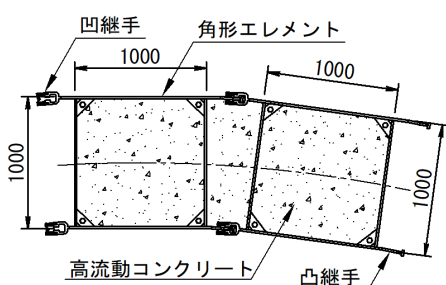
相鉄・東急直通線、新綱島（仮称）駅は、駅全長 240m の地下 4 層の駅である。終点方の 34.5m は、地上部に制約等があり、推進工法を用いて 1.0m×1.0m の矩形函体（以下、角形エレメントという）を連結して外殻覆工部を先行施工し、その後内部を掘削して地下空間を構築する外殻先行構築型工法を採用した（図－1 参照）。当該箇所の地層は、全体としては、N 値 50 以上の強固な上総層群で、砂層と泥岩層の互層であるが、砂層の分布は不明確で豊富な地下水を有しており、坑口部での止水が重要である。筆者らは、漏水による地下水位低下や周辺地盤への影響を抑制可能な止水効果を高めた坑口止水装置を選定するため、試験施工を実施した。本稿では、角形エレメントを用いた外殻先行構築型工法（以下、角形エレメント推進工法という）に採用した坑口止水装置と止水効果を高めるために実施した事前適正試験および止水性能確認試験の結果を報告する。

2. 坑口止水装置の構造と課題

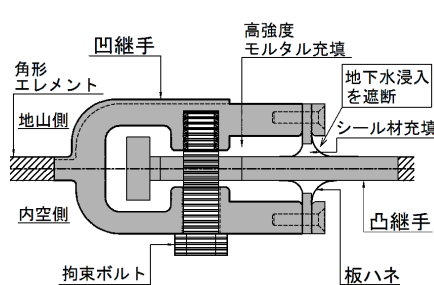
角形エレメントの断面図を図－2 に示す。隣接する角形エレメントは、それぞれ凹凸の組み合わせとなる継手が設けられ、嵌合し連結される。継手がエレメントから突出した状態で取り付けられていることから、坑口止水装置は継手を含んだ構造に対応した止水構造にする必要がある。なお、凹継手の先端には図－3 に示すように板ハネが取り付けられシール材が充填されており、この板ハネが凸継手に密着することで地下水の浸入を防ぐ構造となっている。エレメント本体部は矩形形状で止水性の確保は比較的容易であるが、U 形の凹継手と T 形の凸継手には入隅と出隅が存在するため、止水を図るゴムパッキンに隙間が生じ易い。当初は、継手形状に合わせて整形した厚さ 35mm のゴムパッキンを 2 段配置し、その間にシール材を充填した坑口止水装置（図－4 参照）としたが、継手部で漏水が生じた。



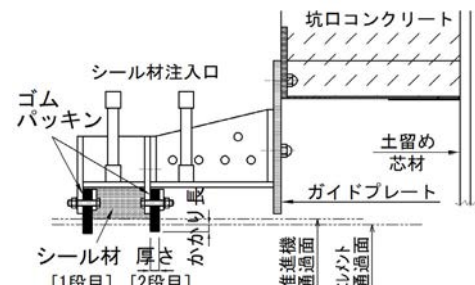
図－1 新綱島駅非開削部断面図



図－2 角形エレメント断面図



図－3 継手詳細図



図－4 坑口止水装置概要図

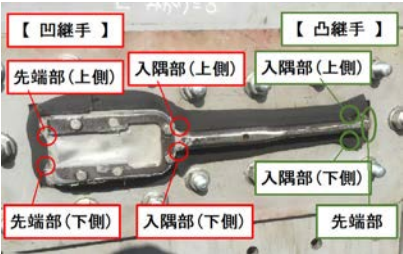
3. 止水ゴムパッキンの事前適性試験

複雑な継手形状と角形エレメント施工時の偏心に対応するため、ゴムパッキンを 1 枚とする場合に比べ止水効果が期待できる、継手と馴染みをとる補助ゴムと水圧とグリス圧に耐える止水ゴムを併用した止水構造を対象に、ゴムパッキンの硬度、厚さ、継手通過部へのかかり長（エレメントとゴムパッキンの重なり長）の組み合わせをパラメータとして、止水試験に先立ち、継手とゴムパッキンとの馴染みを確認する事前適性試験を実施した。

キーワード 外殻先行構築, 角形エレメント, 継手, 坑口止水装置, ゴムパッキン, 止水性

連絡先 〒104-0031 東京都中央区京橋 1-18-1 戸田建設(株) 価値創造推進室 技術開発センター TEL 03-3535-2641

試験は漏水が生じ易い継手部を模擬した供試体を用いて、表－1に示す組合せにて事前適性試験を実施した。ゴムパッキンの硬度は45°～65°，補助ゴムの厚さを5mmと10mmとし、かかり長を変えたケースを設定した。事前適性試験では坑口のゴムパッキンに継手供試体を挿入した時に生じる継手先端部と入隅部の隙間を計測した（図－5参照）。試験状況を図－6，ゴムパッキンの状況を図－7，試験結果を表－2に示す。試験により，①ゴムパッキン1枚の時（隙間最大箇所5～7.5mm）に比べ隙間は小さい，②厚み5mmの補助ゴムのほうが継手との馴染みが良い，③さらに補助ゴムの手前に止水ゴムを追加することで隙間が小さくなる，ことが明らかになった。上記の試験結果を踏まえ，止水性能試験は補助ゴム5mmとした試験ケースを選定し実施することにした。

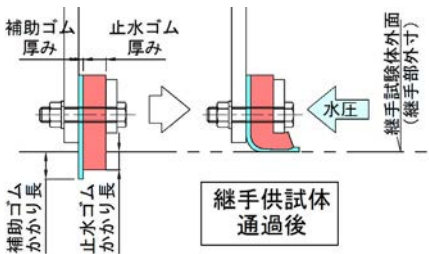


図－5 継手供試体と計測位置



図－6 継手試験体挿入状況

表－1 事前適性試験ケース						
CASE	枚数	配置	硬度	厚さ	かかり長	
ケース1	1段目	①補助ゴム	45°	10mm	25mm	
	2段目	②止水ゴム	45°	20mm	10mm	
ケース2	1段目	①補助ゴム	45°	10mm	25mm	
	2段目	②止水ゴム	45°	20mm	20mm	
ケース3	1段目	①補助ゴム	45°	10mm	25mm	
	2段目	②止水ゴム	45°	15mm	10mm	
ケース4	1段目	①補助ゴム	45°	10mm	25mm	
		②止水ゴム	60°	25mm	8mm	
	2段目	①補助ゴム	45°	10mm	25mm	
		②止水ゴム	60°	25mm	20mm	
ケース5	1段目	①補助ゴム	45°	5mm	25mm	
	2段目	②止水ゴム	45°	20mm	10mm	
ケース6	1段目	①補助ゴム	45°	5mm	25mm	
	2段目	②止水ゴム	45°	20mm	20mm	
ケース7	1段目	①補助ゴム	45°	5mm	25mm	
	2段目	②止水ゴム	45°	15mm	10mm	
ケース8	1段目	①補助ゴム	45°	5mm	25mm	
		②止水ゴム	60°	25mm	8mm	
	2段目	①補助ゴム	45°	5mm	25mm	
		②止水ゴム	60°	25mm	20mm	
ケース9	3枚重ね	①止水ゴム	60°	25mm	0mm	
		②補助ゴム	65°	5mm	44.5mm	
		③止水ゴム	60°	20mm	10mm	



図－7 ゴムパッキン状況図

4. 止水性能確認試験結果

止水性能試験は，前後のゴムパッキン間にシール材を充填した状態で供試体を配置し，水槽内の水圧を0.45MPaまで上げ，さらに坑口部での施工精度を考慮して供試体を偏心させた状態で挿入した。結果としてゴムパッキンを2枚重ねで，止水ゴムの硬度を60°としたケースが最も良好であったが，水圧で補助ゴムにめくれが生じ（図－8参照），漏水の制限値5ℓ/minを満足しなかった。止水ゴムと補助ゴムの強固に接着してめくれの防止を図り，再試験を行った結果，漏水量は1ℓ/min以下となった。また，止水ゴムの補助ゴムの前面に追加してゴムパッキンを3枚重ねとしたケースでは漏水量は1ℓ/min以下であった。

5. ゴムパッキンの耐久性

補助ゴムは止水ゴムによって継手に押し付けられた状態で施工延長分の角形エレメントの摩擦抵抗を受けるため，損傷することが危惧されたことから，硬度を45°から65°に変えて耐久性の向上を図ることにした。

6. おわりに

今回の試験結果と経済性を考慮して，実施工における坑口止水装置の仕様は，2枚重ねで止水ゴムの硬度を60°，補助ゴムの硬度を65°に決定し，実施工において大幅な止水性の向上が確認された。今後，本試験で得られた知見を他の地下空間構築工事に役立てていきたい。

参考文献

- ・茶木勇太他：駅非開削部の大断面馬蹄形トンネルに採用した角形エレメント推進工法の坑口止水対策，第30回トンネル工学研究発表会，報告IV-2，土木学会，2020

表－2 事前適性試験結果

CASE	枚数	補助ゴム厚さ	隙間量(mm)					
			凹継手先端部		凹継手入隅部		凸継手入隅部	
			上側	下側	上側	下側	上側	下側
ケース1	2枚重ね	10mm	4.0	3.0	4.0	5.0	2.0	1.0
ケース2			4.5	4.0	4.0	4.0	1.0	1.0
ケース3			4.0	4.5	3.0	3.0	1.0	1.0
ケース4			4.0	4.5	4.0	4.0	2.0	1.0
ケース5		5mm	2.0	2.0	2.0	3.0	1.0	1.0
ケース6			2.0	2.0	3.0	3.0	1.0	1.0
ケース7			2.0	2.0	3.0	3.0	1.0	1.0
ケース8			2.0	2.0	3.0	4.0	1.0	1.0
ケース9	3枚重ね	5mm	隙間観察されず					



図－8 補助ゴムめくれ状況