

VI-61 最大径“韓国製ほぞ付きセグメント”による海底鉄道トンネルの施工

五洋建設（株）正会員 伊藤文彦・大成建設（株）小林啓一
日本鉄道建設公団 鹿島 隆・五洋建設（株）若杉洋一
（株）地崎工業 大刀一彦

1. はじめに

平成8年度から、日本鉄道建設公団で海外セグメントの導入が検討され、国内最大径の韓国製ほぞ付きセグメントを使用する地下鉄シールド工事が発進した。

セグメントは、横浜本牧埠頭に3月9日早朝、韓国・釜山港から、DONGJIN APOLLO丸が接岸した。韓国内陸の忠州で製作され、韓国内陸送1日、本船積み込み1日、海陸3日、積み卸し1日を経て、通関手続きの後、埠頭内に仮置きされ、受け入れ最終検査の後、4月2日現場に到着した。本稿は、韓国製セグメントの調査、各種性能試験及び装置の開発、製作・運搬を報告する。

2. 工事概要

横浜市中心部の地下で、横浜駅からみなとみらい地区を経由して元町を結ぶ全長4.1Kmの「みなとみらい21線」の地下鉄の建設が進められている。

本工事は、「みなとみらい中央駅」（仮称）と「北仲駅」（仮称）間の海底に単線並列シールドトンネル、セグメント外径7.1m・路線長さ上り線568m、下り線559mを掘進する。韓国製セグメントは下り線に使用する。

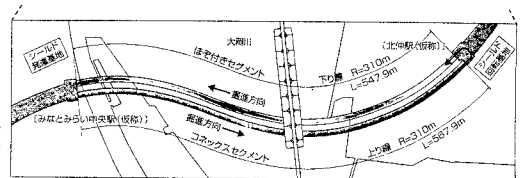


図-1 路線平面図

3. 海外セグメント導入の経緯

日本における海外セグメントの使用は、平成6年に電力業界が、韓国および東南アジアから導入したのが初めてであり、Φ5,000mmを採用したのが今までの最大径である。本工事は、鉄道用のセグメントとしては、同時期に帝都高速度交通営団が採用したΦ6,600mmより、セグメント外径で50cm上回る、Φ7,100mmで過去国内に導入したセグメントでは最大径である。

4. 調査概要

調査のポイントは、品質・精度管理・コスト・製造設備の3点を現地調査した。

4-1. 品質・精度管理面

検査基準は、韓国（KS）の規格は日本のJIS規格に準じて制定、運用されていた。

（1）鉄筋

鉄筋は化学成分などに関してJIS規格と若干の相違がみられる程度で、JIS相当品とみなすことができた。（表-1）鉄筋材については、試験片を日本に送り、引張試験・曲げ試験を実施し、強度を確認した。

（2）コンクリート材料

細骨材は工場から約23km離れた忠清北道南漢江上流付近を産地とする川砂で、粗骨材は江原道内で産出される花崗岩の碎石（班岩碎石）を使用している。材料試験は細骨材、粗骨材について、JISの試験

表-1 棒鋼 JISとKS (SD345対象) の比較

項 目		基準値	
		JIS (G3112)	KS (D3504)
化学成分	P (ppm)	0.040%以下	0.050%以下
	S (ppm)	0.040%以下	0.050%以下
機械的性質	降伏点または 0.2%耐力	345~440 (N/mm ²)	343~441 (N/mm ²)

方法にもとづき実施した。「骨材中に含まれる粘土塊量の試験」、「骨材中の比重1.95の液体に浮く粒子の試験」、「硫酸ナトリウムによる骨材の安定試験」については、KS規格になく、工場で初めて実施する試験となった。試験結果は基準値をクリアした。

（３）圧縮強度試験

表－２ 圧縮強度試験比較表

使用するセグメントの設計基準強度が２種類であり、
 $(f_{ck}=450\text{Kg}/\text{cm}^2 \cdot f_{ck}=540\text{Kg}/\text{cm}^2)$ 韓国では500Kg $\cdot$ gf/
 cm^2 以上の配合実績がなく、専門技術者を派遣して韓国内
 の実績を考慮して配合設計を行い、製品と同一養生で強
 度の確認を行った。その結果、単位セメント量は国内配
 合より、約15%多く、圧縮強度が7%高い値を測定した。

表－２に試験練り結果を示す。

圧縮強度試験 (Kg $\cdot$ gf/ cm^2)

設計基準強度	脱型時	28日
450 (Kg $\cdot$ gf/ cm^2) 韓国製	269	628
450 (Kg $\cdot$ gf/ cm^2) 日本製	187	587
540 (Kg $\cdot$ gf/ cm^2) 韓国製	298	640

４－２、コスト調査

価格構成は労務費が国内に比べて約20%安価であり、
 型枠費も国内の1/3程度の価格である。製造間接費は
 国内の1/8程度、一般管理費も1/2程度である。これは、
 地代や水道・光熱費が国内価格に比べ安価なことに起
 因しているものと思われる。輸送費は韓国内の陸送、
 海上輸送、横浜港から現場までの陸送が含まれており、
 国内価格の約6倍となっている。この結果、国内価格に比べて、約13%程度安価となっている。

韓国釜山港積込状況



４－３、製造設備

工場の製造能力、設備を調査した結果、蒸気養生の温度管理・水中養生槽の増設・単体曲げ試験装置
 の増設・仮組み用定盤の増設・ストックヤードの拡幅等の改造工事により対応可能となった。

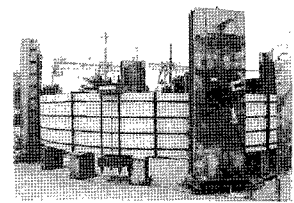
５、性能試験

単体曲げ試験・水平仮組試験・推力試験は韓国で実施した。しかし、ほぞ付きセグメントのリング継手
 せん断試験と継手曲げ試験は韓国内では実施例がなく、国内に輸送して試験を実施した。その結果、せん
 断補強筋１箇所当たり、4.02tを計測し安全率は約6倍の値であった。表－３試験結果を示す。

表－３ 性能試験結果

継手曲げ試験

試験項目	荷 重		モーメント		記 事
	計算値 (t)	実測値 (t)	計算値 (t $\cdot$ m)	実測値 (t $\cdot$ m)	
単体曲げ試験					
ひびわれ発生荷重	7.55	10.00	7.48	9.14	
設計荷重	9.00		8.46		
最終荷重	5.31	28.00	19.52	21.34	SF=2.52
推力試験					
設計荷重	3.00	3.00			設計荷重まで 偏心量 $c=3\text{cm}$
リングせん断試験					ひびわれ発生荷重 23.7t
破壊荷重	8.04	49.0			
リング曲げ試験					設計荷重まで ひびわれなし
設計荷重	13.0	13.0	7.26	7.26	

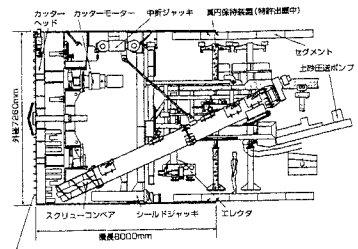


６、装置の開発

7.0Mクラスの、ほぞ付きセグメントの、組立時の鉛直変位は、計算では15mmであり、真円度を確保するた
 めに、本工事で３点支持方式の真円保持装置を開発した。図－２

７、あとがき

本工事で製作した韓国内の工場所在地の年最低気温が、－20度で
 あるため、特に、冬季の温度変化に伴う乾燥収縮クラックの発生が懸
 念されたため、日本から専門技術者を常駐させ品質・精度・製造技術
 を指導して製作した。（参考文献 トンネルと地下12）



図－２ ３点支持方式真円保持装置