

Ⅲ - B 95

経年による鉄道シールドセグメントの物性変化について

東日本旅客鉄道(株) ○正会員 吉田聖浩
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 鈴木博人
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 加藤正二
 日本セメントコンクリート(株) 正会員 白井孝典

1. はじめに

横須賀線東京・品川間の東京トンネルは、京浜地区からの急増する通勤客に対応するため、輸送力増強を目的に、昭和43年3月に着工、昭和51年10月に開業した、延長約6.6kmの初期の鉄道シールドトンネルである。

昭和46年に東京都の地下水汲み上げ規制が実施されて以降、地下水位が急激に上昇し、現在ではトンネルの上面まで復水している。そのため、塩分等を多く含んだ地下水がトンネル内へ漏水するようになった。

そこで、本調査ではこのような腐食環境下における中子型セグメントの経年による物性変化を調査した。

2. 主な調査内容と方法

調査は、トンネル内6箇所の湧水の成分分析と、中子型セグメントの5箇所での物性調査を行った(表-1)。

表-1：調査内容と方法

調査内容	調査方法
湧水成分の分析	JIS K 0101, 0102 に準拠
コンクリートの圧縮強度試験	JIS A 1107
コンクリートの中性化試験	J7の表面を純水で洗浄後、フェノールフタレイン1%溶液噴霧
コンクリートの硫酸劣化試験	J7の表面を純水で洗浄後、硫酸試薬噴霧
コンクリートの塩分含有量測定	J7の表面から5cmの3スライス分を調査…JCI-SC5※
セグメント継手ボルトの腐食量調査	腐食量を調査(短径、長径の測定)
鉄筋の腐食量調査	RC-NICE System ¹⁾

※)JCI-SC5：(社)日本コンクリート工学協会「硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法」

湧水の成分分析は、JIS K 0101, 0102 に準拠して行い、塩素・硫酸イオン濃度を測定した。セグメントの調査方法はコアサンプルを用いて、中性化試験(フェノールフタレイン1%溶液噴霧)、硫酸劣化試験(硫酸劣化試薬噴霧)を行った。また、圧縮強度試験はJIS A 1107に基づいて1箇所当り3体行い、箇所毎の平均値を算出した。コンクリートの塩分含有量測定はJCI-SC5により行い、表面から0-10、20-30、40-50mmの3スライスで測定した(図-1)。セグメント継手ボルトの腐食量調査は、腐食の著しい箇所のボルト及びナットを測定した。鉄筋腐食は、鉄筋の自然電位、分極抵抗、コンクリートの抵抗率から腐食度を判定できるRC-NICE System¹⁾を用いた。

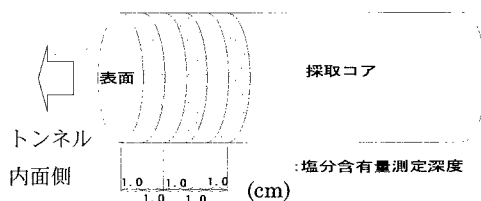


図-1: 塩分含有量測定イメージ図

3. 調査結果

(1) 湧水成分分析

湧水成分分析結果(表-2)から、塩素イオン濃度は東京から品川に向かって大きくなる傾向にあり、湧水は

キーワード：鉄道シールドトンネル、中子型セグメント、物性変化

連絡先(住所)：東京都台東区上野 7-15-74 上野第一総合事務所内 電話：03-3845-5081 Fax：03-3845-5082)

海に近い品川寄りほど海水の影響を受けている。特に、塩素イオン量で 500ppm 以上あると腐食に及ぼす影響が大きいとされ、これを超えた箇所が 1 箇所みられた。また、硫酸イオン量は 1,000ppm 以上

表-2：中子型セグメント箇所の湧水成分分析結果(ppm)

	0k230m	0k495m	0k890	0k950m	2k260m	2k564m
塩素イオン濃度	66	52	43	180	260	770
硫酸イオン濃度	100	150	190	130	180	28

{←東京 St.

品川 St. →}

上あると腐食に及ぼす影響が大きいとされるが、測定値は小さい値であり、問題のない範囲であると思われる。

(2) 中性化・硫酸劣化試験及び塩分含有量測定

中性化試験の結果、5 箇所中 1 箇所 で 2mm の中性化が観測されたが、他の箇所では見られなかった。また、硫酸劣化試験の結果、中性化が見られた箇所 で 2mm の硫酸劣化が観測されたが、他の箇所では観測されなかった(表-3)。これらの結果から、中性化深さ及び硫酸劣化深さがセグメントの鉄筋位置に達しておらず、鉄筋は中性化による腐食環境に至っていないとの判断ができる

塩分含有量試験の結果、鉄筋腐食を引き起こす限界量として 0.4%を目安としているが(コンクリート標準示方書)、この限界量を超えた箇所は見られなかった(表-3)。しかし、覆工表面に近い区間ほど塩分含有量が多い傾向が見られ、漏水に伴って覆工面に微量ながら塩分が浸透していることが分かった。これらの結果から中子型セグメントの塩分含有量は少なく、セグメントの鉄筋位置は腐食環境ではないとの判断ができる。

(3) 圧縮強度試験

表-3：中子型セグメント各種調査結果

圧縮強度試験の結果、設計基準強度の 550(kgf/c m²)を十分に満足していることが分かった(表-3)。この結果から、セグメントのコンクリートは健全な状態にあるといえる。

調査位置			中性化 (mm)	硫酸劣 化(mm)	塩分含有量 NaCl(%)			圧縮強度 (kgf/c m ²)
No.	線別	位置			0-10mm	20-30mm	40-50mm	
1	下り	0k546m	0	0	0.072	0.003	0.002	683
2	下り	1k232m	2	2	0.020	0.049	0.002	710
3	上り	1k306m	0	0	0.015	0.001	0.002	819
4	下り	2k232m	0	0	0.043	0.004	0.002	738
5	上り	2k663m	0	0	0.199	0.050	0.007	746

(4) セグメントの継手ボルト及び鉄筋の腐食量調査

セグメントの継手ボルト腐食量調査の結果、腐食が著しい箇所のボルト頭部及びナットの短径で約 3～5mm(7～11%)の腐食が見られた。この結果から、許容接触応力を照査した結果、許容値{1,200(kgf/c m²)}を満足しており、現状では問題の無いことが分かった。

また、鉄筋腐食調査の結果、ほとんどは腐食が軽微(発錆面積率 5～20%)であり、現状では鉄筋の腐食がほとんど進行していない状態である。また、腐食環境としては、いずれ鉄筋が発錆する環境であると推測されるが、調査結果から判断して、現状では問題の無い範囲であると思われる。

4. まとめと今後の課題

腐食環境の中でも、中子型セグメントは十分な強度があり、湧水による中性化及び硫酸劣化の影響は殆ど進んでおらず、塩分含有量からも特に問題の無いことが判明した。また、鉄筋の腐食量調査では、配力鉄筋に若干の腐食が観測されたが、トンネルの耐力に影響を与える様な腐食は見られなかった。現在のところ、中子型セグメントは経年による大きな物性変化はみられないが、セグメントの鉄筋露出は、トンネルの耐力に影響を及ぼすことが考えられる。よって、今後セグメントの鉄筋露出を防ぐための対策を検討する必要がある。

引用文献)

¹⁾ 中川防蝕:塩害環境におけるコンクリート構造物の鉄筋腐食診断システム, 中川防蝕技報 別刷 No.37, 1989 年