

高耐久シールドセグメントコンクリートの耐久性評価に関する検討

日本大学工学部 学生会員 ○寺田博貴
日本大学 正会員 子田康弘
日本大学 正会員 岩城一郎

1. はじめに

海底に構築したシールドトンネルのセグメントリングは、図-1 の様にジョイント部からの海水混じりの漏水、塩分の飛散により塩害の起こり易い環境下にある。その結果、供用後 10 年程度で覆工に内面劣化防止のために補修工事が必要とされる事象が多々見受けられる¹⁾。RC セグメントは、常時荷重と施工時荷重に対してひび割れ幅を制御した設計を行っているにも拘らずこのような短期間でのコンクリート躯体の劣化現象の発生の現実を考えると、トンネル建設時にセグメントの耐久性を向上させる必要がある。そこで本研究では各種塩害対策工を施したセグメントコンクリートに塩害促進試験を実施し、塩分浸透状況や鋼材腐食状況を計測・モニタリングすることを目的とした。

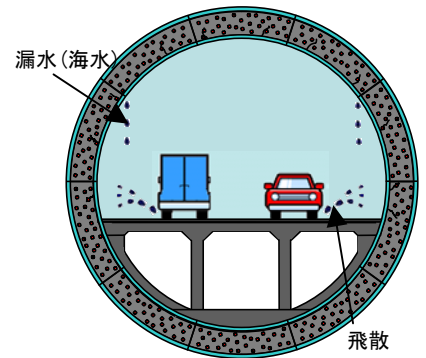


図-1 シールドトンネル概要

表-1 各種配合表

配合名	W/C	s/a	単位量(kg/m ³)							
			W	C	S	G	AD	A材	B材	AE
基本配合	34.9	43.5	136	390	850	1111	9.69			
混合A材	36.4	43.5	142	370	842	1100	9.69	20.0		
混合B材	34.9	43.5	136	390	850	1111	9.69		0.6	
一般構造用配合	64.0	48.8	162	253	989	989				2.68

2. 実験の概要

本実験では、40℃一定に制御された大型環境試験室内で、NaCl10%溶液に各供試体を浸漬させ、3.5 日毎に乾湿を繰り返すことで塩害促進試験を行った。乾燥条件は相対湿度 40%一定とした。実験用供試体は、基本配合のもの、空隙内にセメント結晶を増殖することで緻密化させ、塩分の浸透を防ぐ混合 A 材を混合したもの、塩分の浸透は許すが結晶が鉄筋自体に防錆皮膜を形成する混合 B 材を混合したもの、基本配合の供試体の一面に塩分の浸透を遮断する塗布 C 材を塗布したもの、また比較のための一般構造用配合の 5 種類であり、表-1 にはその配合を示した。材齢 28 日の圧縮強度は基本配合が 90.1(N/mm²)、混合 A 材が 83.9(N/mm²)、混合 B 材が 86.1(N/mm²)、一般構造用配合が 40.7(N/mm²)である。

図-2 は腐食モニタリングに用いたアノードラダーシステムの図であり、梯子状のセンサーを埋設している。同様に図-3 はエキスパンションリングの図であり、供試体(150B×150L×150H)の一部をコア抜き(φ56×100)し、そこにリング状のセンサーを埋設している。なお図-2、図-3 中の A1 から A6

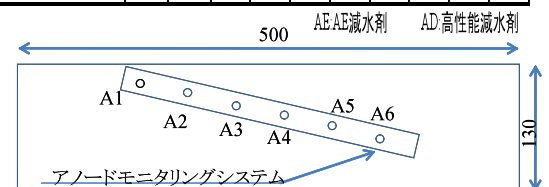


図-2 アノードラダーシステム

の記号はセンサー位置であり、コンクリート上面から 14mm (A1)、25.5mm(A2)、37mm(A3)、48.5mm(A4)、60mm(A5)、71.5mm(A6)となる。アノードラダーシステム、エキスパンションリング共に 3.5 日毎に計測器を用いて電位、電流、抵抗を計測した。電位の値が-150mV より卑でかつ電流の値が-15μA より卑な値だった場合、腐食の可能性がある判断される。また、塩害促進試験 6 カ月および室内保存期間 4 カ月の後、イオンクロマトグラフ法によりコンクリート中の塩化物イオン濃度の計測を行った。塩化物イオンの計測に際しては、φ32mm、長さ 150mm のコアを 10mm ピッチで 15 分割し、粉碎したものを試料とした。

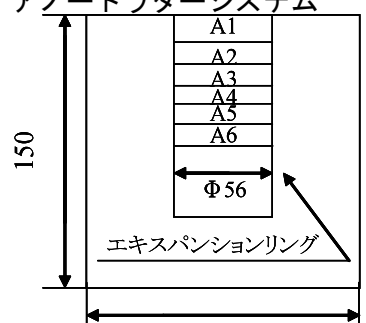


図-3 エキスパンションリング

キーワード：高耐久シールドセグメント、塩害促進、鋼材腐食判定、塩化物イオン濃度分布

福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 024-956-8721

3. 実験結果および考察

図-4 は、エキスパンションリングによる一般構造用配合の電位計測結果を示した図である。図より、促進試験期間中は、ばらつきがあるものの保存期間に入ってから安定している。10/29 以降より(促進開始から 258 日経過) A1 から A3 までが腐食可能性領域に達していた。

表-2 は、同様の試験を行った全ての結果を集計し、腐食の可能性を判定した表である。なお○は腐食の可能性が無く、×は腐食の可能性あることを示している。

表より、アノードラダーモニタリングシステムおよびエキスパンションリングの、一般構造用配合の A1 から A3 まで鉄筋が腐食されている可能性がある。よって基本配合および対策を行ったものは現時点では腐食の可能性はないと判断された。

図-5 は、コンクリート中の塩化物イオン濃度分布 (12 月に試料採取)を示した図である。図より、基本配合と一般構造用配合を比較すると基本配合より一般構造用配合は、W/C が大きい、ため、基本配合と比べ倍の表面から 70mm の深さまで塩化物イオンが浸透している。また、表面から 45mm 位置では鋼材腐食発生限界濃度(1.2kg/m³)を大きく超える塩化物イオン濃度が検出されており、前述の腐食判定結果と整合する。次に、基本配合および塩分浸透性を制御していない混合 B 材に比べ、混合 A 材は表面から 15mm 位置での塩分浸透性が明らかに抑制されていることが分かる。これは、混合 A 材による遮塩効果によるものと思われる。最後に、塗布 C 材には塩化物イオンが浸透されておらず表面塗装による遮塩効果が発揮されたと考えられる。

4. まとめ

大型環境試験による塩害促進試験の結果、一般構造用配合では顕著な腐食がモニタリングされたのに対し、基本配合および各種対策を行った場合は未だ腐食が発生していない判定となった。また各条件の塩化物イオン濃度分布より、遮塩対策を施した供試体に対する遮塩効果が確認された。本研究は、次年度も継続する予定であり、各種対策の長期耐久性評価が可能になると思われる。

謝辞：本研究は日本シビックコンサルタント(株)との共同研究により行ったものである。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】

1) 大塚努・瀬筒新弥・田底成智(2006)：漏水中の塩化物イオンの影響を受けたセグメントの健全度調査，トンネル工学報告集，Vol.16，pp.419-426

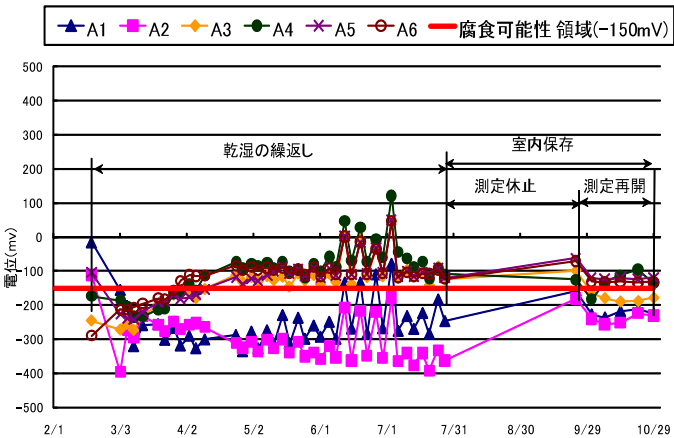


図-4 電位の経時変化
(エキスパンション、一般構造用配合)

表-2 電位による腐食判定表

電位(mV)	アノードラダーモニタリングシステム				エキスパンションリング	
	基本配合	一般構造用配合	混合A材	混合B材	基本配合	一般構造用配合
14mm (A1)	○	×	○	○	○	×
25.5mm(A2)	○	×	○	○	○	×
37mm (A3)	○	×	○	○	○	×
48.5mm(A4)	○	○	○	○	○	○
60mm (A5)	○	○	○	○	○	○
71.5mm(A6)	○	○	○	○	○	○

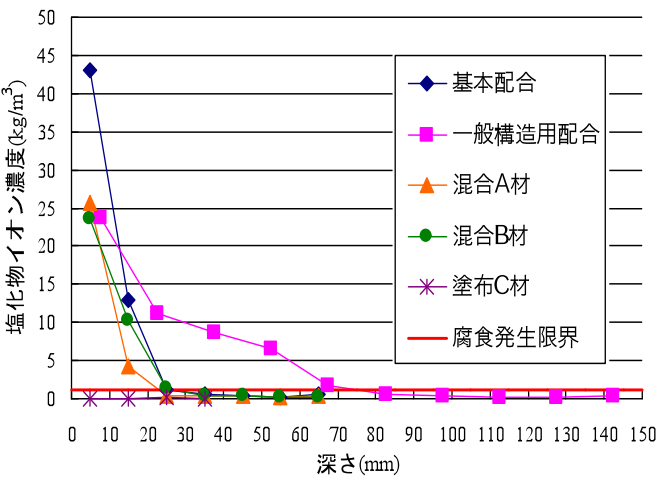


図-5 塩化物イオン濃度分布