

初期塩化物イオンの影響を受けるRC高欄の変状予測に関する調査・研究

鉄道総研 正 ○宇野 匡和 パシフィックコンサルタンツ 正 松橋 宏治
 鉄道総研 正 曾我部正道 鉄道総研 正 谷村 幸裕

1. はじめに

既設鉄道ラーメン高架橋の高欄は、かぶり不足や発錆限界値を超える初期塩化物イオン量により中性化と内的塩害による複合劣化を起し変状が顕在化している場合が多く見られる。高架橋の高欄は、公衆安全に直結する部位であり、高欄の変状によりコンクリートがはく落することは、社会的にも許されるものではない。そこで、高欄の変状予測を行ないコンクリートのはく落前に対策を行うことも重要視されている。しかし、変状原因となる中性化残りや塩化物イオン量などは、ばらつきが大きいため現状では精度のよい変状予測は困難である。そこで本研究では、特に初期塩化物イオン濃度に着目して、既設鉄道ラーメン高架橋の高欄を対象に調査を実施し、ばらつきの傾向について考察を行った。この結果を基にモンテカルロシミュレーションにより変状予測を行ないその精度について考察した。

2. 調査概要

2.1 対象構造物

本研究では、既設鉄道ラーメン高架橋の場所打ち鉄筋コンクリート高欄を調査の対象とし、経年が異なる2つの高架橋群を対象に調査を行った。表-1に対象構造物数を示す。高欄の諸元は、高さ1.7m~1.9m、部材厚17cm程度、目地で区切られた1ブロックの延長が8mである。調査延長は、高架橋群Aが約490mで高架橋群Bが約200mである。

2.2 調査方法

本調査は、詳細調査と簡易調査を行った。図-1(a)に詳細調査の概要を示す。詳細調査では、同一高架橋の高欄の調査を目地で区切られた範囲ごとに行った。図-1(b)に簡易調査の概要を示す。簡易調査では、異なる構造物の高欄の調査を行った。1ラーメン高架橋あたり1ブロックの調査を行った。

塩化物イオン濃度の分析用試料は、塩化物イオンの拡散や中性化による濃縮の影響を受けないと考えられる深さ(表面から70mm~100mm)から、集塵装置付きドリル(ビット径φ20mm)を用いて採取した¹⁾。そして、電位差滴定法(JIS A1154)により全塩化物イオン濃度の分析を行った。加えて、上記試料の採取箇所と同一箇所での中性化深さと鋼材のかぶり測定を行った。

2.3 調査箇所数

表-2に調査を行った高欄のブロック数を示す。詳細調査では、ブロック内でのばらつきを見るため、1ブロック8点の試料採取とした。簡易調査では、高架橋群内の高架橋ごとのばらつきを見るために、1ブロック2点の試料採取とし、できる限り多くの高欄の試料採取に努めた。

3. 調査結果

表-3に詳細調査結果を示す。高欄1ブロック内の試料のばら

表-1 対象構造物数と高欄概要

高架橋群	経年	構造物数	使用鋼材	設計かぶり
A	27年	15	SD35 D10	30mm
B	25年	7	SD35 D10	30mm

表-2 調査対象高欄ブロック数

高架橋群	詳細調査	簡易調査	計
A	4	12	16
B	6	10	16
計	10	22	32

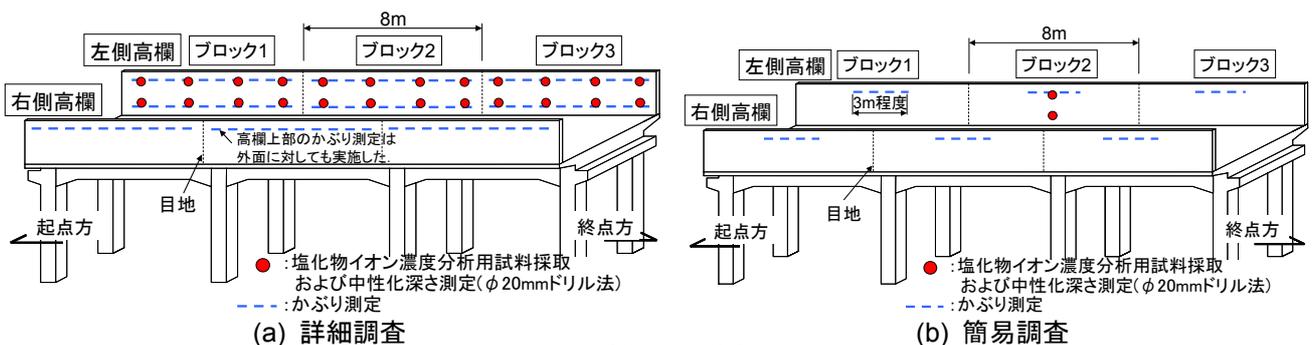


図-1 高欄の調査概要

キーワード 内的塩害, 初期塩化物イオンのばらつき, 劣化予測
 連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 TEL 042-573-7281

つきを表す変動係数は、0.10~0.18であった。また、高架橋毎についても変動係数は、0.10~0.20であった。表-4に簡易調査結果を示す。高架橋群毎の変動係数は、表-3の変動係数と比較して大きな違いが見られなかった。

詳細調査と簡易調査の結果から、延長数百メートルの高架橋群の高欄においては、ブロック単位のばらつきと構造物単位のばらつきに大差がなく、同一の高架橋であれば、代表とする構造物の高欄の塩化物イオン濃度測定すれば該当する高架橋の高欄の塩化物イオン濃度を概ね表すことが可能であると考えられる。

4. 変状予測

変状予測のモデルは、『鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編) コンクリート構造物』に記されているモデルを用いることとした²⁾。表-5に変状予測に用いた各種パラメータの値を示す。表-6に変状予測を行った高欄のはく離・はく落による変状を示す。本研究では、変状の割合を高欄内側の鉛直方向の鉄筋の本数に対するはく離・はく落による鉄筋露出の本数の割合で表すこととした。

表-7に各パラメータの平均値で変状予測を行った結果を示す。高架橋Aでは、はく離・はく落(加速期前期終了時)の変状が現れている結果となり、線区Bでは、鋼材腐食によりひび割れ(進展期終了時)が発生しているが、はく離・はく落は発生していない結果となった。しかし、この結果は各パラメータに平均値を用いているため、その値に近い状態の鉄筋の変状を限定的に表しているものであり、高欄全体の変状予測は表していない。

変状予測を初期塩化物イオン濃度、中性化速度係数および鋼材のかぶりのばらつきを考慮し、これらが正規分布に従うと仮定してモンテカルロシミュレーションにより行った。図-2にはく離・はく落の変状予測の結果を示す。高架橋A1では、実際の変状率25%に対して現時点で65%となった。また、高架橋B1では、実際の変状率6%に対して現時点で1%となった。この変状予測では、高欄全体の鉄筋の変状を表しているため、異なる構造物の変状状態の相対評価を行なうことは、概ね可能であると考えられる。しかし、必ずしも実際の変状状態を精度よく評価しているとは言えないため、今後更に検討を行う必要がある。

5. まとめ

①高架橋の高欄では、ブロック毎と構造物毎の変動係数に大きな差はない。②ばらつきを考慮してモンテカルロシミュレーションにより変状予測を行うことで、異なる高欄の変状程度を比較することは概ね可能である。③現状では、変状予測の精度がよくないため、今後、本手法の変状予測と実構造物の変状状態を比較、検討することにより精度のよい変状予測を可能とする必要がある。

参考文献

- 1) 湯浅昇ほか：ドリル削孔粉を用いたコンクリート中の塩化物イオン量の現場試験方法の提案，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.2，pp.1303-1308，1999.6
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編) -コンクリート構造物-，丸善，2006

表-3 塩化物イオン濃度(詳細調査)

高架橋 No.	ブロック No.	試料数	平均(kg/m ³)		変動係数	
			ブロック	高架橋	ブロック	高架橋
A1	1	8	1.35	1.46	0.16	0.21
	2	8	1.21		0.14	
	3	8	1.71		0.18	
	4	8	1.58		0.15	
B1	1	8	1.29	1.27	0.17	0.12
	2	8	1.22		0.10	
	3	8	1.30		0.12	
	4	8	1.25		0.11	
B2	1	8	1.14	1.18	0.13	0.13
	2	8	1.23		0.12	

表-4 塩化物イオン濃度(簡易調査)

高架橋群	試料数	平均(kg/m ³)	変動係数
A	24	1.36	0.16
B	20	1.51	0.22

表-5 変状予測に用いるパラメータ

パラメータ	高架橋 No.	平均値	変動係数
初期塩化物イオン濃度 Cl ⁻ (kg/m ³)	A1	1.58	0.15
	B1	1.29	0.17
中性化速度係数 α (mm/√年)	A1	1.77	0.23
	B1	1.80	0.20
かぶり c (mm)	A1	22.7	0.47
	B1	32.4	0.10
水セメント比 W/C	A1	58%	-
	B1	58%	

表-6 現地高欄の変状(はく離・はく落)

高架橋 No.	ブロック No.	鉄筋露出本数	鉄筋本数	変状率
A1	4	8	32	25%
B1	1	1	32	6%

表-7 ばらつきを考慮しない変状予測結果

高架橋 No. (経年)	ブロック No.	供用年数	
		進展期 終了時	加速期 前期 終了時
A1(27年)	4	5年	20年
B1(25年)	1	22年	55年

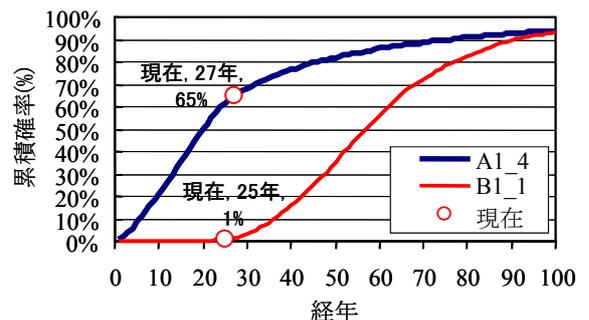


図-2 加速期前期終了時(はく離・はく落時)の予測結果