

鉄道 RC 高架橋の実態調査に基づく剥落への雨掛かりとコンクリートの品質の影響

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○田畑 勝幸, 石橋 奈都実, 轟 俊太郎, 田所 敏弥

1. はじめに

これまでの実構造物を対象とした調査¹⁾²⁾で、雨掛かりがある場合は鉄筋腐食による剥落を生じやすいことが明らかとなっている。ここで、雨掛かりの影響は降雨の量や部材毎の雨の掛かりやすさにより異なる。また、鉄筋腐食への影響は、雨掛かりの影響とともに水結合材比（以下、 W/B ）等のコンクリートの品質（以下、品質）によっても異なると考えられる。そのため、本論文では、降雨の量として年合計降水量（以下、降水量）に着目し、雨掛かりと品質の異なる鉄道 RC 高架橋 2 基の実態調査を行い剥落への影響を検討した。また、土木学会コンクリート標準示方書³⁾（以下、示方書）に示された鋼材腐食深さに対する照査を本調査で得られた剥落の実態から検証した。

2. 調査概要

表 1 に調査構造物の概要を、写真 1 に調査構造物を示す。調査構造物は、凍結融解や飛来塩分を受けない地域に位置している。対象とした部材は、雨の掛かりやすい柱、雨の掛かりにくい縦梁下面、中間スラブ下面とし、高架橋 B では排水不良により局所的に雨水の影響を受ける箇所を含んでいる。初期塩化物イオン濃度は、 0.46kg/m^3 以下であり、鉄筋腐食への塩化物イオンの影響は小さいと考えられ、剥落の要因は水の浸透と中性化による鉄筋腐食であると推測される。計測項目は、中性化深さ、かぶり、剥落の有無である。かぶりは電磁誘導法、中性化深さは $\phi 24\text{mm}$ 程度のドリル孔にフェノールフタレイン 1% 溶液を噴霧し、コンクリート表面から発色点までの距離を複数点計測し、その平均値とした。

3. 対象構造物の雨掛かりと品質

高架橋 A の降水量は、日本の平均降水量約 1718mm^4 と比較して多い一方で、高架橋 B は少ない。高架橋 A は、高架橋 B と比較して雨掛かりを受けやすいと考えられる。品質は、高架橋 A の縦梁下面、中間スラブ下面の中性化深さは、経年が高架橋 B よりも短いにも関わらず大きく、高架橋 A の柱は雨掛かりの影響が大きい一方で高架橋 B の柱と中性化深さが変わらない。また、現地で採取したコアの配合推定では、高架橋 A で 85% 前後、高架橋 B では 55% 前後であり、高架橋 A は高架橋 B と比較して中性化の進行が早く、品質が良くないことが認められる。また、計測した中性化深さと経年から、示方書の \sqrt{t} 則³⁾より W/B を推定すると、配合推定と概ね等しい結果となった。なお、ブリーディング等による品質低下の影響は γ_c で考慮するのが一般的だが、ここでは、 γ_c を 1.0 とし、推定した W/B にその影響を反映させている。高架橋 A では、環境の影響程度を表す β_c を湿潤状態が保た



写真 1 調査構造物

表 1 調査構造物の概要

名称	調査時経年 (竣工年)	年合計 降水量 ^{※1} (mm)	調査対象部材	剥落調査数量 (柱・本、 縦梁・スラブ: 径間数)	かぶり (mm) 【測定数】	中性化深さ ^{※2} (mm) 【測定数】	中性化残り (mm)	水結合材比 (%)	
								\sqrt{t} 則からの 逆算値 ^{※3}	配合推定 ^{※4}
高架橋A	36, 46年(1973年)	3124	柱	8	7~43【2189】	23【13】	-16~20	77.5	86.8 ^{※5}
			縦梁下面	1	15~45【52】	29【5】	-14~16	84.6	85.8
			スラブ下面	1	24~60【1105】	26【6】	-2~34	83.0	84.9
高架橋B	52年(1967年)	1234	柱	21	0~70【580】	22【4】	-22~48	60.6	55.0
			縦梁下面	3	5~47【75】	26【4】	-21~21	63.5	56.0
			スラブ下面	3	12~43【195】	17【6】	-5~26	55.3	52.0

※1 当該高架橋近傍の気象庁による観測データ過去5年平均 ※2 測定箇所での平均値 ※3 高架橋A: $\beta_c=1.0, \gamma_c=1.0$, 高架橋B: $\beta_c=1.6, \gamma_c=1.0$

※4 セメント協会法F-18 ※5 SEM観察、EDS分析より高炉スラグ等の混和材の混入は無いことを確認している

キーワード 鉄道 RC 高架橋, 雨掛かり, 水結合材比, 剥落, 鋼材腐食深さ, 年合計降水量

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 Tel:042-573-7281

れやすいとされる 1.0 とすることで配合推定の結果と近似することから雨水の影響を受けやすい構造物と推測される。これらより、高架橋 A は雨掛かりの影響を受けやすく、品質の良くない構造物であり、高架橋 B は相対的に雨掛かりの影響を受けにくい、品質の良い構造物と考えられる。

4. 剥落への雨掛かりと品質の影響

図 2 に調査時の経過年数と柱の剥落箇所のかぶりを、図 3 に柱のかぶりと剥落する割合を示す。両高架橋ともにかぶりが小さい箇所から剥落の割合が増加していることが確認できる。高架橋 A では、経年 36 年時の剥落箇所のかぶり平均値が 18mm で、経年 46 年時には 22mm であり、経年により、より大きなかぶりでの剥落が生じていることが確認できる。高架橋 B の剥落箇所のかぶり平均値は 10mm であり、高架橋 A と比較して 2 倍程度の差が認められる。両高架橋の柱は中性化深さが変わらないため、中性化による鉄筋腐食の影響が同程度と想定されることから、高架橋 A のように品質が悪くないことに加え、雨掛かりの影響を受けやすい場合には、より大きなかぶりでの剥落する可能性があることを示している。図 4 に縦梁下面、中間スラブ下面における剥落の有無を示す。かぶりが 5mm に満たない箇所や、中性化残りが 10mm を下回る箇所も多いが、雨の掛かりにくい部材では、降水量や品質に関わらず、構造物目地からの漏水等により局所的に雨水の影響を受ける箇所を除いて剥落は生じていなかった。

5. 鋼材腐食深さに対する照査の検証

図 2 に鋼材腐食深さに対する照査式から定まるかぶりを示す。高架橋 B の剥落は算定したかぶりよりも小さい一方で、高架橋 A はそれよりも大きなかぶりで発生している。そのため、高架橋 A のように雨掛かりの影響を受けやすく、品質が悪くない場合には、照査を満足しているかぶりでも剥落する可能性があることを示している。ただし、図 3 より、その割合は 5% 程度以下と小さい。

6. まとめ

本調査の範囲では、剥落への雨掛かりと品質の影響として、雨の掛かりにくい部材では、中性化残りや品質、降水量に関わらず剥落は生じないが、雨が掛かりやすい部材では、降水量や品質により剥落に至るかぶりの値がより大きくなることを示した。また、雨掛かりの影響を受けやすい部材で、品質が悪くない場合には、鋼材腐食深さに対する照査を満足しているかぶりでも剥落する可能性があるが、その割合は 5% 程度以下と小さいことを示した。

【参考文献】

- 1) 石橋ら：高架橋等からのコンクリート片剥落に関する調査研究，土木学会論文集，No711/V-56,pp.125-134,2002.8
- 2) 前原ら：雨掛かりの有無が中性化によるかぶりの剥離・剥落に及ぼす影響に関する研究，土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造)，vol.74,No.2,pp.80-87,2018
- 3) 土木学会：2017 年制定 コンクリート標準示方書[設計編]，2018.3
- 4) 国土交通省：水管理・国土保全局水資源部，日本の水資源の現況，平成 28 年版

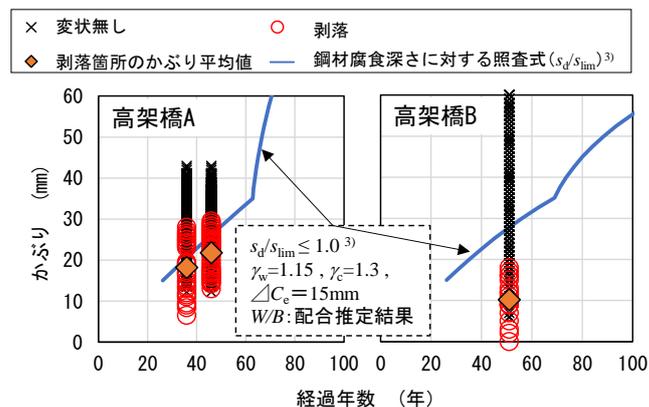


図 2 剥落箇所のかぶり (柱)

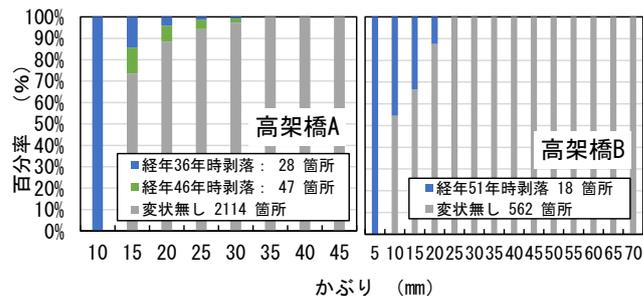


図 3 かぶりと剥落する割合 (柱)

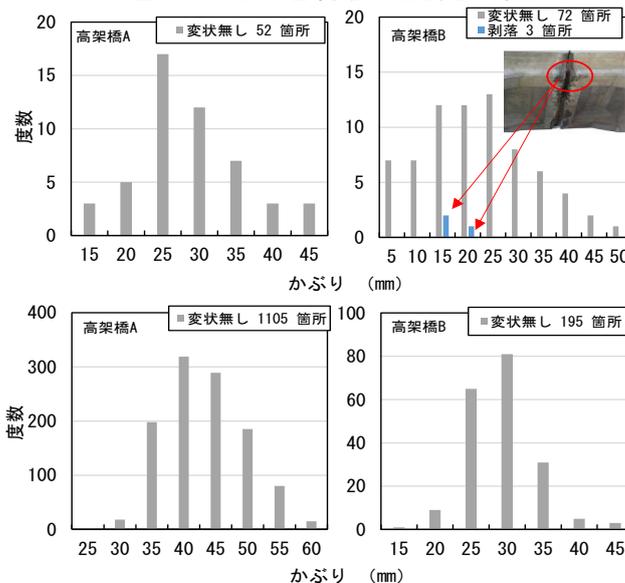


図 4 剥落の有無 (上段：縦梁，下段：中間スラブ)