

供用 85 年を経過した道路橋橋台の腐食状況調査

京都大学大学院 学生会員 ○川上 圭司, 正会員 高谷 哲, 正会員 山本 貴士, フェロー 宮川 豊章
(株) 島津テクノロジー 非会員 羽村 陽平, (株) 中研コンサルタント 非会員 高田 幸治
三井住友建設 (株) 正会員 佐々木 亘, (地独) 大阪府立産業総合技術研究所 非会員 左藤 眞市

1. 目的

調査対象である旧御幸橋は 1930 年に京都府道 13 号京都守口線に架けられた鋼ゲルバー鉄桁橋である。橋梁の老朽化および交通量の増加に伴い 2003 年に新橋が架けられたことで、撤去されることが決まっており、現在は橋台のみが残されている。本調査では、中性化深さの測定、塩化物イオン量の測定、透気係数の測定および腐食生成物の分析を行い、腐食状況および腐食の原因について検討を行った。

2. 調査概要

調査対象の橋台には写真 1 に示すようなコールドジョイントが生じていたため、調査は写真 1 に示す 3 箇所で行った。鉄筋かぶりはいずれの採取箇所でも 50mm であった。

1) 調査箇所 A

トレント法により透気係数の測定を行った後、コンクリートをはつり鉄筋の腐食状況を観察した。はつり箇所にひび割れは生じていなかった。

2) 調査箇所 B

トレント法により透気係数の測定を行った後、コンクリートをはつり鉄筋の腐食状況を観察した。はつり箇所には鉛直方向に 0.2mm のひび割れが見られ、内部の鉄筋にも腐食が見られたことから、別途塩化物イオン量測定用に $\phi 50 \times 100\text{mm}$ のコアを 2 本採取した。

3) 調査箇所 C

トレント法により透気係数の測定を行った後、コンクリートをはつり鉄筋の腐食状況を観察した。はつり箇所には鉛直方向に 0.5~0.7mm のひび割れが見られ、内部の鉄筋にも腐食が見られたことから、別途塩化物イオン量測定用に $\phi 50 \times 100\text{mm}$ のコアを 1 本採取した。

調査箇所 B および C で確認されたひび割れは主鉄筋に対して直角方向に生じていたものであり、腐食により生じたものではないと考えられる。はつり箇所ではフェノールフタレインの噴霧により中性化深さを測定し、腐食生成物の採取を行い、採取した試料はラマン分光法により分析を行った。また塩化物イオン量の測定は電位差滴定法により行った。

3. 調査結果

1) 透気係数

透気係数の測定結果を表 1 に示す。表を見ると、特に測定箇所 B における透気係数が著しく大きな値を示しており、最初に打設したコンクリートに材料分離が生じていた可能性があると考えられる。

2) 中性化深さ

いずれの測定箇所においても中性化の進行はほとんどなく、10~15mm であった。腐食が進行していた測定箇所



写真 1 調査箇所

表 1 透気係数測定結果

	透気係数 [$\times 10^{-16} \text{m}^2$]	影響深さ [mm]
測定箇所A	16	109
測定箇所B	177	300
測定箇所C	7.9	80

キーワード 鉄筋腐食, 透気係数, 塩化物イオン量, 腐食生成物

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-458 TEL 075-383-3173

Cにおける中性化の進行の様子を写真2に示す。

3) 塩化物イオン量測定結果

塩化物イオン量の測定結果を表2に示す。測定箇所Bではコア2本の平均値を記載している。測定箇所Bにおいては、塩化物イオン量そのものの値は大きくはないが、表面に近い0～20mmよりも内部の20～40mmおよび40～60mmの位置における値の方が大きくなっており、表面から供給される水分に伴い塩化物イオンが内部に移動し、水分が蒸発する際に濃度が高くなっていったものと推察される。測定箇所Bでは透気係数が著しく大きかったことから、水分の影響深度も大きかったと考えられる。一方で測定箇所Cでは、0～60mmにかけて塩化物イオン量は小さく、水分移動の影響は受けにくかったと推察される。凍結防止剤を散布していなかったことから、これらの塩化物イオンは打設時に混入したものと考えられ、測定箇所Bでは初期塩化物イオンが濃縮し、測定箇所Cでは初期塩化物イオンが移動しなかったと考えられる。

4) 腐食状況および腐食生成物

測定箇所Aでははつり箇所にひび割れがなかったため、内部の鉄筋は腐食していなかった。測定箇所Bおよび測定箇所Cでは腐食の進行が見られ、いずれの箇所でも黒さびの層状さびの形成が確認された。またはつり直後にはGreen Rust I (GR(I))と思われる緑さびの存在が確認された。腐食の進行度合いはひび割れ幅の大きい測定箇所Cの方が大きかった。筆者らは既報にてり黒さびの層状さびの形成メカニズムを乾湿繰り返しによるものと推察しており、これを確認するために測定箇所Cから採取した層状さびの表面および層状さびをメノウ乳鉢で粉碎したのに対してラマン分光分析を行った。得られたデータを多変量解析した結果を表3に示す。なお、GR(I)は腐食生成物の中間体であり、短時間で他の γ -FeOOHや Fe_3O_4 に変化するため、表中には表れていない。さび層表面では γ -FeOOHの生成量が相対的に多いのに対し、さび層全体の組成を表している粉碎試料では γ -FeOOHが減少し、 Fe_3O_4 の量が増加している。このことから、表面に形成した γ -FeOOHが水分供給に伴い溶解し、 Fe_3O_4 に還元され、さび層内部で Fe_3O_4 の量が増加したと考えられる。これは、既報で説明している層状さびの形成メカニズムを裏付ける結果である。また、GR(I)は塩化物イオン作用下でのみ生成するものであり、中性化の進行がほとんどなかったことから、ひび割れを通じて水分が供給、逸散することで鉄筋表面に塩化物イオン供給され、腐食するようになったと推察される。また、腐食は乾湿繰り返しにより進行しており、測定箇所Cの方が、乾湿繰り返し周期が短かったと考えられる。

参考文献

1)川上圭司，高谷哲，羽村陽平，山本貴士：腐食生成物の分析に基づくコンクリート中鉄筋の腐食環境評価，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.38（掲載予定）

謝辞

本研究は総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」（管理法人：JST）により実施されたものである。また、本調査に当たり、京都府山城北土木事務所に多大なるご協力をいただいた。ここに謝意を表したい。



写真2 中性化の進行の様子

表2 塩化物イオン量測定結果

	深度(mm)	全塩化物イオン量 (kg/m ³)
測定箇所A	0～20	—
	20～40	—
	40～60	—
測定箇所B	0～20	0.18
	20～40	1.07
	40～60	0.87
測定箇所C	0～20	0.32
	20～40	0.37
	40～60	0.23

表3 腐食生成物分析結果

さび層表面	Fe_3O_4 (%)	28.0
	α -FeOOH(%)	11.9
	γ -FeOOH(%)	60.1
粉碎試料	Fe_3O_4 (%)	55.0
	α -FeOOH(%)	15.5
	γ -FeOOH(%)	29.5