

大正時代に建造された道路橋 RC 床版の材料試験

(株) I H I 正会員 ○吉田 有希, 正会員 木作 友亮
 国土交通省 近畿地方整備局大阪国道事務所 非会員 大前 利夫
 (株) I H I インフラシステム 正会員 竹嶋 夏海, 岡田 誠司, 牟田口 拓泉, 非会員 伊藤 安男

1. はじめに

淀川を渡河する国道2号淀川大橋は、1926年(大正15年)に完成し、今年で94年を迎える。上部工は、中央径間が鋼6径間単純上路式ワーレントラス橋、両側径間が鋼12径間単純桁橋である。路面電車と道路の併用橋として建設され、現在は道路橋として供用されている。歴史的な橋梁の調査事例が少ないことに鑑み^(例えば1),2)、大規模修繕で撤去したRC床版の各種材料試験を実施し、コンクリートおよび鉄筋の状態を把握する。

2. 試験方法

(1) 床版の概要

供試体の採取位置を図-1に示す。床版は、厚さ150mm程度の鉄筋コンクリート(以後、RCと略記)に厚さ100~200mm程度の無筋の調整コンクリート(以後、P-Cと略記)で構成されている。本試験では、RCとP-Cの両者を対象とした。採取した床版の下面の一例を図-2に示す。外観調査の結果、コンクリートの浮き・剥離および鉄筋の腐食が確認された。

(2) コンクリートの調査

コンクリートの材料試験の項目および供試体数量を表-1に示す。コンクリートの強度物性を把握するため、圧縮強度 f'_c 、静弾性係数 E_c 、割裂引張強度 f_t を計測した^{3),4),5)}。RC部の厚さは150mm程度であるため、直径75mmのコアドリルで水平方向に削孔し、供試体を作成した。採取位置A、Dでは、RC部に豆板が散見されたため、こうした不良部をD-RCと呼び、追加の材料試験を実施した。また、鉄筋の腐食原因を調査するため、塩化物イオン濃度および中性化深さを測定した^{6),7)}。床版下面には、厚さ約10mmのモルタルが施工されている。塩化物イオン濃度は、モルタル下面から約40mmの主鉄筋位置で測定した。

(3) 鉄筋の調査

鉄筋の腐食量を把握するため、質量減少率および断面減少率を計測した。採取位置BおよびEから、腐食程度が様々な鉄筋を取り出し、330mmの供試体に加工した。除錆処理⁸⁾を施した後、供試体の質量を計測し、基準質量で除して質量減少率を算出した。また、50mmごとに直交2方向の直径を計測して平均断面積を求め、これを基準断面積で除して断面減少率を求めた。基準断面積は、竣工図に記載された鉄筋径5”(12.7mm)から126.7mm²とした。基準質量は、鉄筋の密度を7.85g/cm³と仮定して328.2gとした。また、鉄筋の物性把握を目的とし、鉄筋の引張試験を実施した⁹⁾。

3. 試験結果

(1) コンクリートの強度試験結果

載荷後の圧縮強度試験の供試体の一例を図-3に、強度試験の結果を表-2に示す。コンクリート中の粗骨材には角がなく、通常よりも大径であった。RCの圧縮強度は、最大59.9N/mm²、最小34.7N/mm²であり、採取位置と圧縮強度の間に関係性は見られなかつ

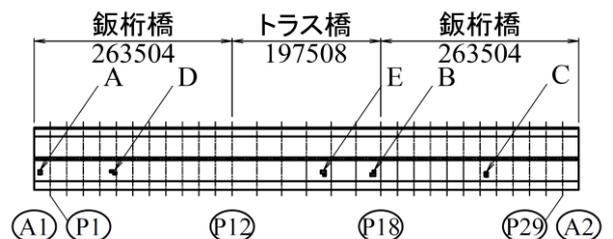


図-1 供試体の採取位置

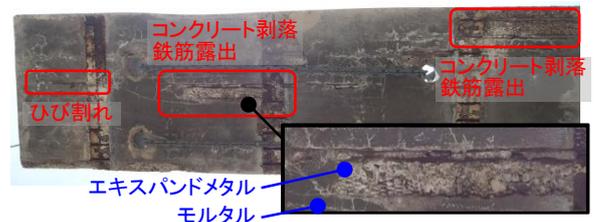


図-2 床版の外観調査(採取位置Cの一例)

表-1 コンクリートの強度、劣化試験の数量

項目	圧縮・静弾性			引張		中性化・塩害
	RC	D-RC	P-C	RC	P-C	
A	3	3	3	3	3	1
B	3	---	3	3	3	1
C	3	---	3	3	3	1
D	3	3	3	3	3	1
E	3	---	3	3	3	1

キーワード RC床版, 腐食, 強度試験, 劣化診断, 塩害, 中性化

連絡先 〒235-8501 神奈川県横浜市磯子区新中原町1番地 (株) I H I 技術開発本部 PJセンター TEL 045-759-2189

た. D-RC の圧縮強度は, 29.1~34.9N/mm² の範囲であった. 一方, P-C の強度は, 最大 41.4N/mm², 最小 15.5N/mm² であり, RC より強度が低く, ばらつきが大きかった. 静弾性係数や引張強度は, 圧縮強度からの推定値¹⁰⁾と大きな差異は見られなかった. 架設時の設計基準強度は 11.8~14.7N/mm² と想定されるため¹¹⁾, 建設から 93 年が経過した現在でも, コンクリートは健全性を維持していると言える.

(2) コンクリートの劣化診断

各採取位置における塩化物イオン濃度と中性化深さを表-3 に示す. 塩化物イオン濃度は, 全ての採取位置で腐食発生限界濃度(1.2kg/m³)¹⁰⁾以下であった. 中性化深さは, 採取位置 A, B, C では鉄筋かぶりの 40mm よりも深く, D および E では約 30mm であった. 本橋梁は海岸線から約 5km の距離に位置し, 一時は塩化物イオン濃度が腐食発生限界を超えていたと考えられる. その後, 中性化の進行に伴って塩化物イオン濃度のピークがコンクリート内部へ移動したと推測される¹²⁾.

(3) 鉄筋の調査結果

主鉄筋の質量減少率と断面減少率の関係および除錆後の鉄筋供試体の写真を図-4 に示す. 質量減少率と断面減少率の相関性が高いことから, 計測が簡便な質量減少量から鉄筋の残存断面積を概ね評価できることが分かった. 質量減少率 3.12% の鉄筋の引張試験結果を図-5 に示す. すべての主鉄筋は, SR235 の現行規格¹³⁾と同等以上の降伏点, 引張強さ, 伸びを示した.

4. まとめ

- 1) 建設から 93 年が経過した今でもコンクリートは健全性を維持していることが確認された.
- 2) 鋼材腐食は, 塩害と中性化によるものであると推察された.
- 3) 計測が簡便な質量減少量から, 主鉄筋の残存断面積を評価できることが分かった. また, 主鉄筋の降伏点, 引張強さ, 伸びは, SR235 の現行規格¹³⁾以上であった.

参考文献

- 1)鳥居ら, 80 数年経過した鉄筋コンクリートアーチ橋(石川橋)の解体調査, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.16, No.1, pp.983-988, 1994.
- 2)溝口ら, 清洲橋バックルプレート床版の疲労耐久性に関する実験的検討, 構造工学論文集, Vol.63A, pp.1304-1317, 2017.
- 3)日本産業規格, JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法, 2018.
- 4)日本産業規格, JIS A 1149 コンクリートの静弾性係数試験方法, 2017.
- 5)日本産業規格, JIS A 1113 コンクリートの割裂引張強度試験方法, 2018.
- 6)日本産業規格, JIS A 1154 硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法, 2012.
- 7)日本産業規格, JIS A 1152 コンクリート中の中性化深さの方法, 2018.
- 8)日本コンクリート工学会, JCI-SC1 コンクリート中の鋼材の腐食評価方法, 1987.
- 9)日本産業規格, JIS Z 2241 金属材料引張試験方法, 2015.
- 10)土木学会, コンクリート標準示方書 -設計編-, 2017.
- 11)藤原稔, 道路橋技術基準の変遷[増補版]-既設橋保全のための歴代技術基準ガイド-, 技報堂出版, p.26, 2009.
- 12)小林一輔, コンクリートの炭酸化に関する研究, 土木学会論文集, 433, pp1-14, 1991.
- 13)日本産業規格, JIS G 3112 鉄筋コンクリート用棒鋼, 2014.



図-3 圧縮試験の供試体

表-2 コンクリート強度試験の結果(平均値)

採取位置	種類	f'_c [N/mm ²]	E_c [kN/mm ²]	f_t [N/mm ²]
A	RC	49.5	31.1	3.80
	D-RC	34.9	34.0	---
	P-C	41.4	30.5	3.38
B	RC	46.2	34.6	2.97
	P-C	15.5	19.5	1.34
C	RC	38.7	31.9	3.04
	P-C	27.5	25.7	2.32
D	RC	34.7	32.0	3.36
	D-RC	28.9	27.7	---
	P-C	33.7	33.4	2.57
E	RC	46.0	32.2	2.43
	P-C	29.7	23.8	1.82

表-3 塩化物イオン(Cl⁻)濃度および中性化深さ

採取位置	A	B	C	D	E
Cl濃度 [kg/m ³]	0.575	0.161	0.276	0.253	0.276
中性化深さ[mm]	111.9	61.2	43.2	31.6	27.0

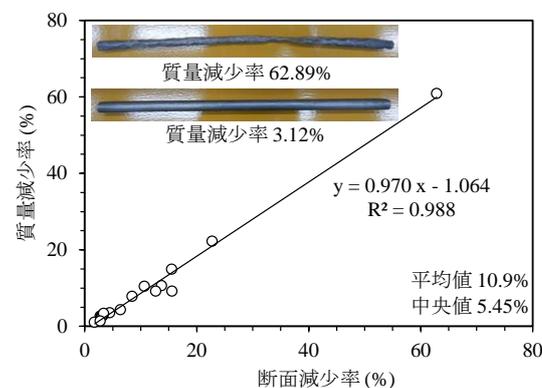


図-4 質量減少率と断面減少率の関係(主鉄筋)

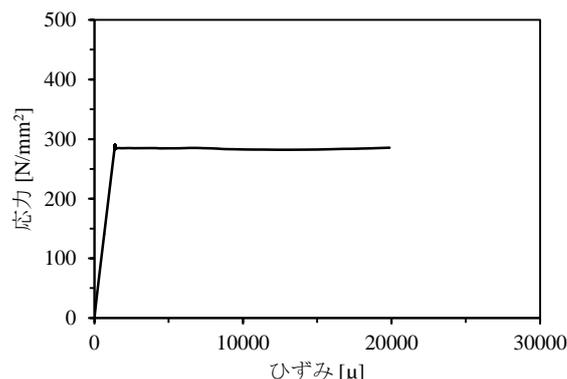


図-5 応力とひずみの関係(断面減少率 3.12%)