

国鉄構設 正員 栗原 啓之
 —〃— 正員 小林 明夫
 —〃— 正員 古谷 時春

1 まえがき

コンクリート構造物は、コンクリートの材料特性および施工方法などにより、ひびわれが発生することが多いが、その原因は非常に多く、また複雑である。鉄筋コンクリートは大きなひびわれが発生すると、そこから水分や塩分が浸透し、鉄筋の腐食の要因となり、構造物の耐久性は低下する。

長い年月を経た鉄筋コンクリート構造物の変状の原因としては、1)作用荷重が設計荷重を超えている 2)施工に問題がある 3)周囲の環境条件などが考えられる。本報告は、竣工してから50年以上経過した鉄筋コンクリートラーメン高架橋を調査対象に選び、主として材料の面から鉄筋コンクリート構造物の耐久性の検討を行った。

2 調査結果およびその検討

調査した高架橋は、昭和4年1月に竣工した、線路方向5径間、直角方向2径間のビームスラブ式鉄筋コンクリートラーメン高架橋であり、当初は貨物扱い専用線として使用されていたようであるが、現在は電留線となっている。また高架橋の下は倉庫として使用されている。表-1 ひびわれ分布、幅、深さおよび中性化深さ

ひびわれ調査はその分布、幅および深さを調べた。ひびわれ深さは青色の顔料を水に溶かし注射器でひびわれ部に注入した後、コンクリートをはり測定した。コンクリートの中性化深さはひびわれ深さの測定時にフェノールフタレイン1%アルコール溶液を噴霧して、赤変しない部分の深さを測定した。

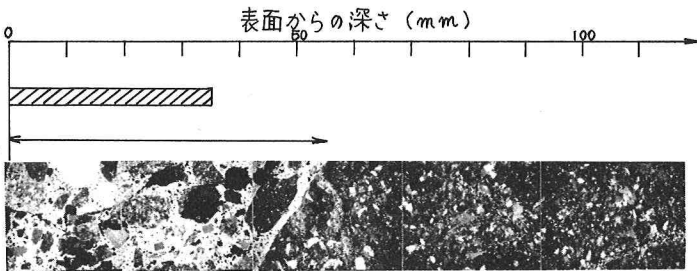
項 目 位 置	ひびわれ分布	ひびわれ幅 (mm)		ひびわれ深さ (mm)		中性化深さ (mm)		かぶり (mm)
		最大	平均	最大	平均	最大	平均	
ス ラ ブ	上面	中央に線路直角方向に		0.3	—	スラブ貫通(280)		—
	下面	多数のひびわれが網状分布		0.8	0.3	39	—	41
は り	側面	少数の曲げひびわれ		0.5	0.25	41	30	55
	底面	少数の曲げと多数の網状		0.6	0.5	68	48	68
柱	端部	柱の中央付近から上下		0.6	0.4	44	17	63
	中央	方向にのびている		2.0	0.8	40	31	51

た。その結果を表-1に示す。はりのひびわれの一部は曲げ応力によるひびわれと考えられるが、他はコンクリートの乾燥収縮によるひびわれであると推定される。スラブ上面のひびわれは下面まで貫通していたが、アスファルト防水が完全に施されていたために漏水はみられなかった。また柱を除いて、ほとんどのひびわれは鉄筋まで到達していた。一方、ひびわれ幅と深さの関係は、幅が大きいと深さも大きくない傾向があると考えられているが、今回の調査では、かならずしもその相関はみられなかった。コンクリートは空気中の炭酸ガスを吸収して中性化するが、その進行過程には種々の要素が作用すると考えられる。一般に、コンクリートの中性化の深さは、ひびわれ幅およびひびわれ深さと密接な関係があると考えられているが、今回の調査では、中性化深さよりひびわれ深さの大きい箇所もあり、両者の相関はみられず、中性化深さは表面からほぼ一定であり、ひびわれ深さ方向の先端からの中性化速度に比べて、表面からの速度の方が速いように推定される。ここで、水セメント比を65%と仮定して中性化深さを推定式(岸谷式)より求めると、

$$x = \frac{\sqrt{(w - 0.25)^2 t}}{\sqrt{0.3(1.15 + 3w)}} = \frac{\sqrt{(0.65 - 0.25)^2 \times 50}}{\sqrt{0.3(1.15 + 3 \times 0.65)}} = 3.0 \text{ (cm)}$$

となり、はりおよび柱では約2倍程度の値となる箇所があった。次に、スラブ、はり、および柱からそれぞれ直径約10 cmのコンクリートコアをぬきとり、圧縮強度および単位体積重量を測定した。圧縮強度は最低がはりから採取した供試体の294 kg/cm²であり、最大がスラブから採取した供試体の452 kg/cm²であり、バラツキはある

が、どれも十分な強度を有していると判断できる。また、単位体積重量はどれも表乾状態で 2.3t/m^3 以上あり、健全なコンクリートであると推察できる。以上より、コンクリートの中性化がかなり深くまで進行していた原因としては、高架橋の下が長い間倉庫として使用されていたためであると考えられる。また、コンクリートの中性化の測定に顕微鏡観察も行ったので、その一例を写真に示す。セメントペースト部分が茶色を示しているところは中性化(CaCO_3)している部分であり、健全な部分は黒色を示している Ca(OH)_2 の白い点が見える。フェノールフタレイン1%溶液で中性化が認められた部分は斜線を施した範囲であり、顕微鏡観察ではさらに広い範囲の中性化が認められる。



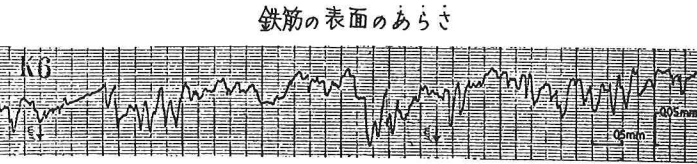
コンクリートの中性化深さの顕微鏡写真

さらに、スラブ、はりおよび柱のコンクリートをはり、鉄筋を露出させて鉄筋の発錆状態を観察し、その後鉄筋をぬきとり、発錆のあった鉄筋はその表面のあらしさを測定した。また、ぬきとった鉄筋について引張試験を行った。鉄筋の発錆状態を観察した結果を表-2に示す。スラブ上面および柱の鉄筋はほとんど錆はみられなかったが、縦はり下面のコンクリートにジャンカがあった位置の鉄筋は全面に錆を生じていた。スラブ上面のように防水工が施されている場合や、ひびわれ幅が小さく、鉄筋のかぶり厚さが大きく、コンクリートの中性化があまり進んでいない場合は錆を生じない。次に、発錆していた鉄筋を酸腐食抑制剤0.5%を加えた50%塩酸水溶液(60℃)に数分間浸漬し、表面の錆をブラッシングにより完全に除去したものの表面のあらしさを測定した。その結果を右図に示す。

表-2 鉄筋の発錆状態

観察位置	かぶり (mm)	発 錆 の 状 態
スラブ上面 1	150	錆なし
スラブ上面 2	150	錆なし
縦 ば り	40	ジャンカ部の鉄筋に全面錆あり
横 ば り	40	一部錆あり
柱上端 1	80	錆なし
柱上端 2	80	6本中1本に一部錆あり
柱上端 3	80	錆なし
柱 中 央	80	錆あり

表面のあらしさは最大 $\pm 0.05\text{mm}$ 程度であり、腐食によるものとは考えられない。また、鉄筋の引張試験の結果を昭和4年の建築雑誌527号、「鋼コンクリート応曲材に関する研究」(浜田稔)に報告されていた値および現在のJIS規格と比較したものを表-3に示す。引張試験の結果は現在のJIS規格も満たしており、鉄筋の強度上の問題はない。



鉄筋の表面のあらしさ

表-3 鉄筋の引張試験結果とJIS規格値

項 目	スラブ上面		縦 ば り			横ばり	柱		昭和4年	JIS規格
	1	2	1	2	3		1	2		
降伏点 (kg/mm^2)	30	30	31	30	30	31	33	28	31	24以上
引張強さ (kg/mm^2)	46	47	45	45	48	46	52	43	45	39-53
伸 び (%)	34	31	31	31	29	30	30	30	31	20以上
紋 理 (%)	63	57	63	64	59	62	57	67	—	—

3 あとがき

鉄筋コンクリート構造物は、50年程度経過していても、それを取りまく環境条件が良ければ、鉄筋のまわりのコンクリートが中性化していても、鉄筋はほとんど腐食せず、強度も十分規格値を満足すると考えられる。なお、今後も、同様の調査を行っていく予定でいる。