

中性化が進行した既設鉄道高架橋の詳細な調査と劣化予測法に関する一考察

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

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の劣化予測を精度良く行うことは、構造物の維持管理を行う上で非常に重要な項目である。そこで、本研究では中性化による鉄筋腐食に着目した詳細な構造物調査を実施し、得られたデータを基に確率論的手法を適用した劣化予測による現況の評価結果と、実際の腐食程度を比較することによりその適用性について検討を行った。

2. 構造物調査

2.1 対象構造物

対象構造物は、建設後 40 年が経過した鉄道高架橋の、図 1 に示す形状寸法を持つ中間スラブおよび張出スラブの下面側である。かぶりや腐食の調査対象となる最外縁鉄筋は、中間スラブには D25 と D22 の径の異なる鉄筋が 150mm 間隔で交互に配置されており、張出スラブには $\phi 13$ が 300mm 間隔で配置されている。また、現存資料には、コンクリートの設計基準強度は $f_{ck}=24 \text{ N/mm}^2$ 、水セメント比は $W/C=50\%$ と記載されている。目視で確認された高架橋の変状は、張出スラブに 1~2 本程度の鉄筋腐食によると考えられるひび割れが見られる以外は健全な状態であった。対象構造物は海岸線から数 km 離れた市街地に立地していることと、別途調査により、初期塩化物イオン濃度が 0.30kg/m^3 程度以下であったことから、塩害による鉄筋腐食は生じ難く、中性化が主な腐食の原因であると推定された。

2.2 調査方法

調査は、まずスラブ下面のコンクリートを図 1 に示す範囲で最外縁鉄筋が完全に露出するまではつり、露出させた鉄筋の目視により腐食度を評価した。腐食度の評価は、鉄道高架橋における調査事例¹⁾に基づく表 1 に従った。次に、はつり面に対し、10cm 間隔で中性化深さを、全ての鉄筋に対しかぶりの測定を行った。

3. 調査結果

3.1 鉄筋の腐食度

図 2 に目視により評価した鉄筋の腐食度を、部材お

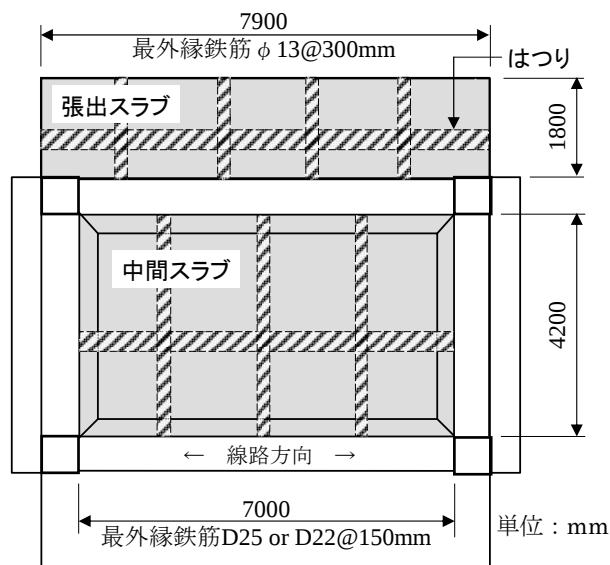


図 1 調査対象構造物(平面図)

表 1 鉄筋腐食度の評価基準¹⁾

腐食度	評価基準
0	施工時の状況を保ち、以降の腐食が認められない
I	部分的に軽微な腐食が見られる
II a	表面の大部分に腐食が認められる
II b	部分的に断面欠損が認められる
III	鉄筋の全周にわたり断面欠損が認められる
IV	鉄筋断面が 1/6 以上欠損している

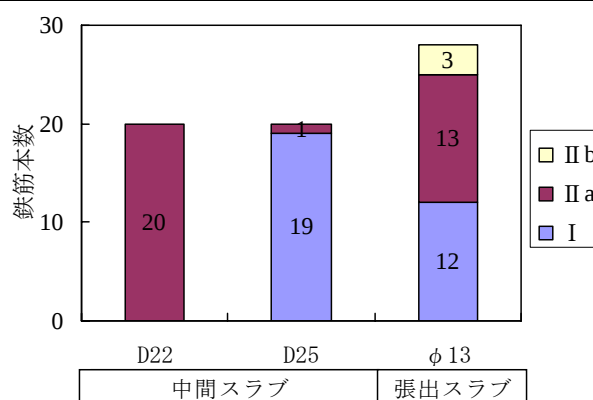


図 2 鉄筋腐食度の評価結果

よび鉄筋径毎に整理した。中間スラブの鉄筋の腐食度は、D22 の全てが腐食度 II a、D25 のほぼ全てが腐食度 I であった。張出スラブ($\phi 13$)では、10%程度が腐食度

キーワード 鉄道高架橋スラブ、中性化、鉄筋腐食、モンテカルロ法

連絡先 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 新宿第一生命ビル パシフィックコンサルタンツ(株)鉄道部 TEL 03-3344-1304

Ⅱb, その他はⅠとⅡaが半数ずつで, 目視で確認されたひび割れは, 腐食度Ⅱbの鉄筋に沿って生じていた。

3.2 中性化深さ

表2に部材毎の中性化深さの測定結果を示す。中間スラブの平均値は21.2mmで, 測定値の標準偏差を平均値で除した変動係数は0.22であった。張出スラブの平均値は26.2mmで, 変動係数は0.19であった。

3.3 かぶり(中性化残り)

表3に部材および鉄筋径毎のかぶりの測定結果, ならびに前節の中性化深さを基に算定した中性化残りを示す。中間スラブのかぶりは, D25では平均値が45.7mmで変動係数は0.08, D22では平均値が47.0mmで変動係数が0.06であった。張出スラブのかぶり(φ13)は, 平均値が33.7mmで, 変動係数が0.21であった。また, 中性化残りの平均値は, 中間スラブではD25およびD22ともに25mm程度で, 張出スラブでは6.8mmであった。

表3に示す中性化残りより, 中間スラブでは鉄筋の腐食はそれほど進行していないと予測され, 図2に示すD25の調査結果はこれを裏付けるものであった。D22のみ腐食が進行していた原因は定かではないが, 施工上の都合等で腐食が生じやすい状況になったことが推察される。一方, 中性化残りの小さい張り出しスラブでは, 比較的多数の鉄筋に腐食が生じ, ある程度進行している場合もあると予測され, 定性的には図2に示す実際の腐食状況を表すものであった。

4. 劣化予測に関する検討

ここでは, 鉄筋腐食が比較的進行していた張出スラブについて, 実際の腐食状況を定量的に評価することを試みた。

調査により得られた中性化速度係数(中性化深さの測定値から $\sqrt{t}$ 則により逆算), およびかぶりの平均値と標準偏差から, これらが正規分布に従うと仮定し, モンテカルロ法により現時点(経年40年)における鉄筋の腐食発生確率, および腐食ひび割れの発生確率を算定した。ここで, 腐食発生確率は中性化残りが10mm以下となる経年として算定し, 腐食ひび割れの発生確率は文献2)に示される劣化予測モデルにより算定した。図3に算定結果を示す。現時点の腐食発生確率は60%で, これは張出スラブで調査した全鉄筋28本中の16.8本に相当し, 図1に示す腐食度ⅡaおよびⅡbの合計本数にほぼ一致する。一方, 腐食ひび割れの発生確率は43%と算定されたが, 目視により確認されるひび割れが

表2 中性化深さの測定結果(mm)

部材	中間スラブ	張出スラブ
最大値	33.8	40.1
最小値	10.6	13.6
平均値	21.2	26.2
標準偏差	4.6	5.0
変動係数	0.22	0.19

表3 かぶり(中性化残り)の測定結果(mm)

部材	中間スラブ		張出スラブ
鉄筋径	D25	D22	φ13
本数	20	20	28
平均値	45.7 (25.1)	47.0 (25.0)	33.7 (6.8)
標準偏差	3.7 (5.6)	2.8 (4.9)	7.2 (8.3)
変動係数	0.08 (0.22)	0.06 (0.20)	0.21 (1.23)

※ () 数値は中性化残りを示す。

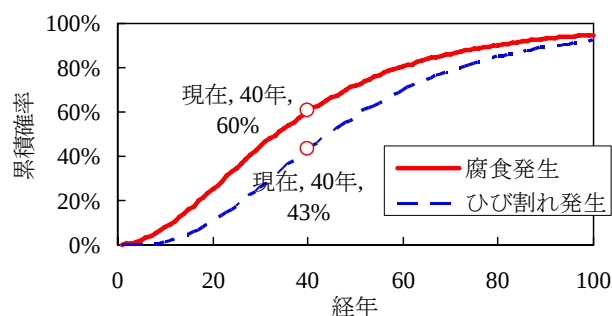


図3 鉄筋の腐食発生確率(張出スラブ)

1~2本程度(発生確率4~7%)である現状とは乖離する結果であった。劣化の発生確率を算定する上で, 中性化速度係数とかぶりのばらつきを考慮し, 腐食発生確率については良い精度を得たが, 腐食ひび割れの発生確率については, 鉄筋の腐食速度など, その他の不確実性についても今後更に検討が必要と考えられる。

5. まとめ

建設後40年が経過し中性化が進行した鉄道高架橋に対して実施した, 中性化深さおよびかぶりの詳細な測定結果に基づき, 現時点における鉄筋腐食の発生確率, および腐食ひび割れの発生確率を算定した。その結果, 腐食の発生確率については良い精度を得たが, 腐食ひび割れの発生確率は現状と大きく乖離するものであったことから, 今後更に検討が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 山陽新幹線コンクリート構造物検討委員会: 山陽新幹線コンクリート構造物検討委員会報告書, 2000.7
- 2) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等維持管理標準・動解説[構造物編] コンクリート構造物, 2001.1