

経年劣化したRCホロースラブ橋の事前調査と劣化度評価

西日本高速道路(株) 正会員 松田哲夫

佐溝純一

(株)富士技建 ○フェロー 石崎 茂 正会員 岸上弘宣

(株)フジエンジニアリング 村山康雄

1. まえがき 阪和自動車道松島高架橋では舗装上面のポットホールや床版下面のひび割れ網の進展が報告され、耐荷力の低下や橋梁全体の剛性低下が危惧された。そこで、現橋の劣化度や残存耐荷力を調べるため、コンクリート物性、鉄筋の腐食状況、コンクリート内の塩分濃度、中性化深さ、ひび割れ調査等、種々の事前調査を実施し、この結果を基に本橋の劣化原因を推定するとともに、橋梁全体としての剛性低下度を把握するために現橋の静的載荷試験を実施した。ここでは、この事前調査結果について報告するとともに、これまで実施された他のRCホロースラブ橋の載荷試験結果と本橋の試験結果を比較することによって、本橋の劣化損傷を評価した結果について述べる。

2. 事前調査項目と調査結果 本橋は支間長17mの4径間連続RCホロースラブ橋で、標準断面形状の現況は、図-1に示すとおりで、RC中空床版の厚さは88.5cm、舗装厚さは4cmとなっている。また、本橋は、昭和49年に供用開始され、平成2年～5年にSFコンクリートにより65mmの上面増厚が行われている。補修対象橋梁全体の評価を目的とした事前調査における調査項目は、表-1に示すようにコンクリート物性値、鉄筋腐食状況、ポイド深さとした。事前調査結果を表-2に示す。コンクリートの物性値では、圧縮強度が平均 22.7N/mm^2 と設計基準値 24.0N/mm^2 を満足せず、静弾性係数も 13.9kN/mm^2 と設計基準値の半分程度まで低下していた。また、コンクリート中の含有塩分量は、 $1.7\sim 3.0\text{kg/m}^3$ とコンクリート標準示方書に規定されている腐食発生限界塩分量 1.2kg/m^3 を大きく超過していることが判明した。なお、中性化の進行は少なく、表面より20～30mm程度であることが確認された。鉄筋腐食状況については、床版上面の配力筋は腐食がかなり進行しており、主鉄筋は一部発錆が認められるものの、断面欠損には至っていないことが分かった。ポイド深さについては、全体的に設計深さが確保されており、滞水も認められなかったが、上面増厚補強部のSFコンクリートと旧コンクリートとの界面には、層間剥離が確認されたことから、現状の上面増厚コンクリートは、重ね梁状態となっているものと考えられる。

3. 試験車による静的載荷試験と劣化度の評価 松島高架橋の外荷重に対する橋全体としての変形挙動を把握し、現橋の劣化度を評価するため、試験車による静的載荷試験を実施した。試験の概要と試験結果を以下に示す。

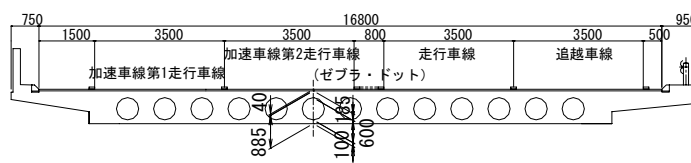


図-1 松島高架橋の断面形状

表-1 事前調査項目

調査項目	調査方法	調査部位	サンプル数	調査目的
コンクリート物性	圧縮強度	コア採取	16本/8箇所	既設橋の耐荷力の評価の精度を高めると共に、ポイド部の雨水浸入部との物性を比較し、水の浸入と強度劣化との関係を把握
	静弾性係数		16本/8箇所	
	中性化深さ		16本/8箇所	
	塩化物含有量		2本/2箇所	
鉄筋腐食状況	はつり調査	主版上下面	9箇所	鉄筋腐食進行のメカニズムを把握し、腐食進行速度を定量化
ポイド深さ	衝撃弾性波法	主版上面	624測点	桁剛性把握の精度向上 ・WJはつりの施工計画および抜け落ち部の型枠計画

表-2 事前調査結果

調査項目	調査結果	基準値
コンクリート物性	圧縮強度	平均: 22.7N/mm^2
	静弾性係数	平均: 13.9kN/mm^2
	中性化深さ	20～30mm
	塩化物含有量	$1.7\sim 3.0\text{kg/m}^3$
鉄筋腐食状況	上面配力鉄筋は腐食が進行、主鉄筋はほぼ健全	
ポイド深さ	概ね設計深さが確保されているが、上面増厚補強時の新旧コンクリート間で層間剥離が観察される	

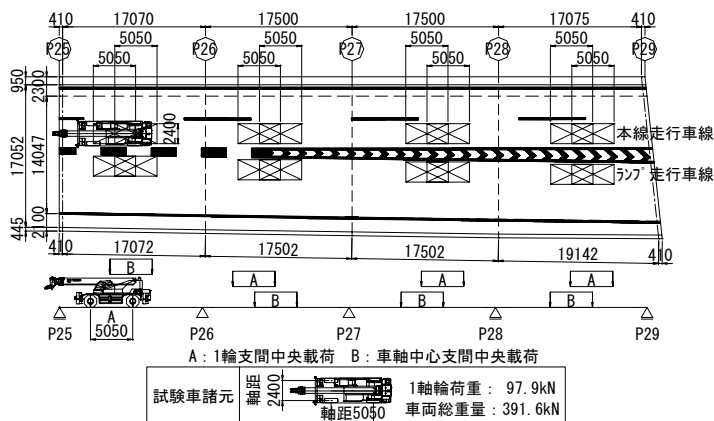


図-2 試験車載荷位置

キーワード RCホロースラブ 経年劣化 静的載荷試験 劣化度評価

連絡先 〒532-0002 大阪府大阪市淀川区東三国4-13-3 株式会社富士技建 技術開発部 TEL 06-6350-6100

3.1 実験概要 試験車は50t吊りラフタークレーン1台（車両総重量391.6 kN 軸重195.8kN）を用い、載荷位置をランプ追いつき越し車線と本線走行車線上の2ケースについて、各径間毎に車軸が支間中央位置となる場合と、試験車の車軸中心が支間中央になる場合の2ケース計4ケースについて計測を行った。載荷平面図を図-2に示す。

3.2 実験結果と解析の比較 実験結果と解析値を比較するため、コンクリートの全断面を有効とした場合と、引張側断面を無視（RC断面）した場合について、コンクリートの弾性係数を、それぞれ設計値と実測値とした計4ケースについて解析を行った。各径間中央におけるたわみの実測値と解析結果を比較して図-3に示す。この図より、実測たわみは、コンクリートの弾性係数に設計値を用い、引張コンクリートを無視した場合の解析たわみを上回っており、本橋には早急な補強が必要と判断できる。図-4に1例として本線走行車線S28径間の実測たわみと解析たわみを示す。この図によると、本橋のみかけの断面剛性は、コアの物性試験における静弾性係数の実測値（ $E_c: 13700\text{N/mm}^2$ ）を用いて、コンクリートを全断面有効とした解析値に対し、21%程度低下していることが読み取れる。これは引張側コンクリートのひび割れの進展によるものと推定できる。また、設計値（ $E_c: 25000\text{N/mm}^2$ ）からは、109%程度、断面剛性が低下しており、本橋は主版の剛性低下により設計値の倍程度のたわみが発生していると言える。

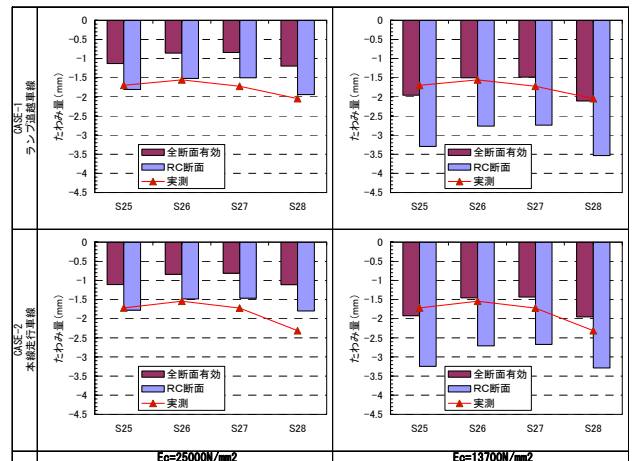


図-3 各径間の実測と解析たわみ

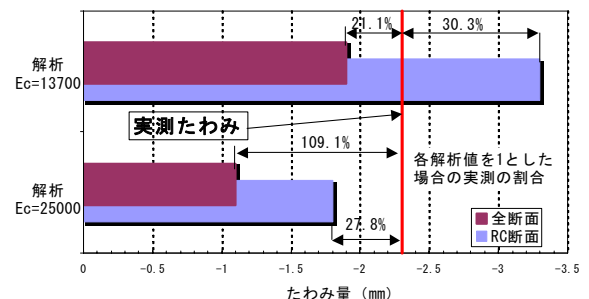


図-4 本線走行車線S28径間の実測たわみと解析たわみ

3.3 他橋との比較を踏まえた劣化度の評価 松島高架橋の劣化度を評価するに当たり、名神高速道路の同形式橋梁4橋（塔ノ森高架橋、大蔵司高架橋、五日市高架橋、東大寺高架橋）との比較を行った。比較にあたって、各橋梁の中央径間中央に着目して、基本曲げ剛性（コンクリートを全断面有効とし、コンクリート設計基準強度より推定した弾性係数（ E_c ）を用いて求めた曲げ剛性）から得られる計算変位（ δ_1 ）の、静的載荷試験結果から得られる最大変位（ δ_2 ）に対する比（ δ_1/δ_2 ）をたわみ比と定義する。上記4橋及び松島高架橋の橋梁諸元、コンクリート物性及びたわみ比を表-3に示す。また橋梁各断面位置におけるたわみ比を図-5に示す。表-3より松島高架橋のコンクリートは、名神の他橋に比べ圧縮強度で20～30%低く、静弾性係数では35～40%低いことが確認できる。また、たわみ比の比較では、名神の他橋の1/2程度以下であり、著しい剛性低下が認められる。

行った。比較にあたって、各橋梁の中央径間中央に着目して、基本曲げ剛性（コンクリートを全断面有効とし、コンクリート設計基準強度より推定した弾性係数（ E_c ）を用いて求めた曲げ剛性）から得られる計算変位（ δ_1 ）の、静的載荷試験結果から得られる最大変位（ δ_2 ）に対する比（ δ_1/δ_2 ）をたわみ比と定義する。上記4橋及び松島高架橋の橋梁諸元、コンクリート物性及びたわみ比を表-3に示す。また橋梁各断面位置におけるたわみ比を図-5に示す。表-3より松島高架橋のコンクリートは、名神の他橋に比べ圧縮強度で20～30%低く、静弾性係数では35～40%低いことが確認できる。また、たわみ比の比較では、名神の他橋の1/2程度以下であり、著しい剛性低下が認められる。

表-3 各橋梁の全断面有効に対する計算値と測定値とのたわみ比

	塔ノ森高架橋	大蔵司高架橋	五日市高架橋	東大寺高架橋	松島高架橋
桁高 (m)	0.7	0.7	0.8	1.0	0.9
支間長 (m)	13.0	13.0	14.0	16.5	17.5
たわみ比 (中央径間中央値)	0.51~0.76	0.78~0.99	0.88~0.99	0.57~0.67	0.29~0.36
	0.63	0.86	0.94	0.62	0.33
主筋	φ28 かぶり39~41	φ28 かぶり45~50	φ28 かぶり26~44	φ32 かぶり30~45	D32 かぶり30~45
圧縮強度 (N/mm²)	$\bar{x}=27.3$ 23.3~33.1	$\bar{x}=32.3$ 30.4~33.5	$\bar{x}=32.3$ 25.6~36.6	$\bar{x}=43.1$ —	$\bar{x}=22.3$ 13.6~30.2
静弾性係数 (N/mm²)	2.06×10^4	2.09×10^4	2.30×10^4	3.24×10^4	1.34×10^4

図-5に示す。表-3より松島高架橋のコンクリートは、名神の他橋に比べ圧縮強度で20～30%低く、静弾性係数では35～40%低いことが確認できる。また、たわみ比の比較では、名神の他橋の1/2程度以下であり、著しい剛性低下が認められる。

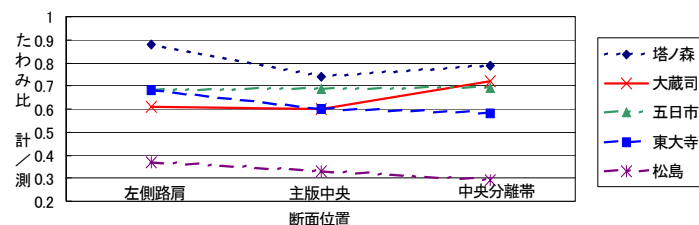


図-5 橋梁各断面位置におけるたわみ比

4. まとめ 事前調査により、松島高架橋のコンクリートは含有塩分量が規定値を大きく超え鉄筋の腐食が進行し、見かけの静弾性係数が大きく低下していることが確認された。また、平成2年補修時の増厚コンクリートと建設時の既設コンクリート間には層間剥離が認められた。さらに、試験車による静的載荷試験結果より、引張側コンクリートを無視した計算たわみを超えるたわみが観測され、橋梁全体の劣化が著しく、剛性も大きく低下していることが判明した。以上のことから、本橋には早急な対策が必要であり、橋梁全体の剛性を回復できるような補強が必要であると判断した。