

塩害により損傷を受けたP C T桁の劣化度分析

大日本コンサルタント(株) 正会員 ○田中大気 正会員 本田博幸 正会員 具志一也
オリエンタル白石(株) 正会員 吉村徹

1. はじめに

飛来塩分が多く、高温・多湿の環境の沖縄県において塩害は、コンクリート構造物の耐久性を低下させる主要因となっている。耐久性の低下は耐荷力に大きく影響し、近年、塩害損傷した橋梁の架け替えが増加している。

本論文では、塩害損傷した橋梁の耐久・耐荷性能を把握する目的に、外観変状・打音調査、各種材料試験、残存プレストレス調査、載荷試験による耐荷力調査を行い、塩害劣化状況を分析した結果を報告する。

2. 対象橋梁概要

対象橋梁は、1983年（昭和58年）に建設されたPC単純プレテンションT桁橋（橋長：L=14.3m）である。図-1に上部工断面図を示す。総幅員は12.8mであり、両側に歩道を有する13主桁橋である。本橋は、沖縄本島北部の西海岸河口部に位置し、塩害による損傷を受けている。1994年（平成6年）には、塩害対策（主桁局部補修、上部工表面保護被覆、舗装打ち替え）がなされている。写真-1、2に対策後20年が経過した損傷状況を示す。表面保護被覆のわれや剥がれ、主桁コンクリートのひびわれ、剥離・鉄筋露出、鋼材（PC鋼より線）の腐食などが確認され、再劣化が進行している。

3. 調査内容

1)健全性調査

コンクリート表面付近の調査として外観変状・打音調査を実施した。ただし、本橋と同じ時期に建設され、表面保護被覆も同時期に施工された橋梁にて、被覆上からでは検知できない著しい損傷が被覆下の母材に確認された事例があり、調査は、表面保護被覆を撤去した後に、調査精度向上に努めた。また、劣化因子の侵入程度の確認のため、中性化深さ測定、塩分含有量試験を行い、鋼材腐食の確認のため、はつり調査を実施した。

2)残存プレストレス力調査

塩害による損傷を受けた状態での残存プレストレス量を把握するため、コア切込み法を適用した。コア切込み法は、コンクリート表面に2方向のひずみゲージを貼り、ゲージを囲むようにφ50mmのコアドリルで18mmの浅い切込みを入れ、測定した解放ひずみからプレスト

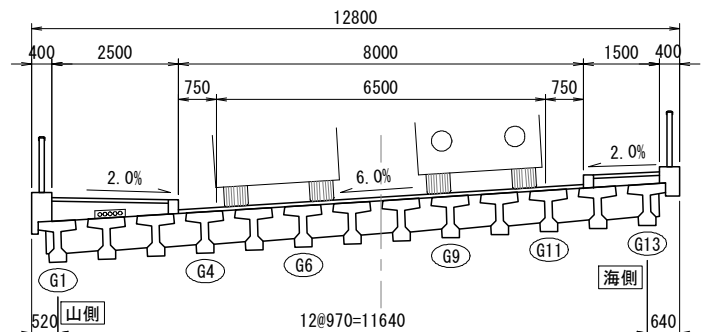


図-1 上部工断面図



写真-1 主桁損傷状況



写真-2 地覆損傷状況

レスを推定するものである。なお、調査は、全13主桁に対して支間中央近傍の主桁下面において実施した。

3)耐荷力調査

既知荷重載荷時の耐荷性能は、静的・動的載荷試験（20t試験車載荷）によりひずみを計測し、換算した応力度から推定した。なお、載荷試験時のたわみ量も併せて計測した。また、現況の利用状態での耐荷性能は、72時間の応力頻度測定により供用荷重時のひずみを計測し、換算した応力度から推定した。計測位置は、輪荷重が載る4主桁（G4,G6,G9,G11）の上部、下面のコンクリート表面部および露出していたG6桁の鋼材部とした。想定した輪荷重位置を図-1に示す。

4. 調査結果

1)健全性調査

上部工には、うき、ひびわれ、鉄筋露出といった損傷が局部的に確認された。図-2に損傷箇所図を示す。損傷はおもに下フランジの角部に発生していた。なお、表面保護被覆材が健全であったウェブ等の母材は健全であった。写真-3、4に被覆材撤去後の損傷状況を示す。鋼材が露出しPC鋼より線の素線が破断している箇所や張り出し部に断面修復部の再劣化が確認された。

中性化深さは、最大2.0mmであり、鉄筋かぶり厚(計測厚さ34mm)に対して余裕があった。

塩化物含有量試験結果を図-3に示す。塩化物イオン濃度は、PC 鋼材位置(計測深さ 50mm)において $0.24\text{kg/m}^3 \sim 1.18\text{kg/m}^3$ であり、腐食発錆限界といわれる 1.2kg/m^3 を超えていない。なお、スターラップ位置(計測深さ 30mm)では $0.94\text{kg/m}^3 \sim 3.77\text{kg/m}^3$ であり、G2 桁 A1 側を除き腐食発錆限界を超えている。また、4 年前の調査結果からは、G2 桁 A2 側を除き著しい変化はない。

はつり調査結果を写真-5に示す。調査は、ひびわれを伴うきの発生箇所において実施し、鋼材の腐食(PC 鋼より線の素線 1 本の破断)が確認された。

2) 残存プレストレス調査

調査結果および復元計算結果の比較を図-4に示す。計測結果の値は、計測ひずみより推定した応力度から自重応力度分を減じている。主桁下縁圧縮応力度は $14.2\text{N/mm}^2 \sim 18.5\text{N/mm}^2$ (平均 16.1N/mm^2) であり、復元計算値 $13.3\text{N/mm}^2 \sim 13.6\text{N/mm}^2$ (平均 13.4N/mm^2) を上回る。なお、推定に用いたコンクリートのヤング係数は設計当時の昭和 53 年道路橋示方書に準拠し、 $E_c=4.0 \times 10^4\text{N/mm}^2$ と仮定した。また、現行道路橋示方書に準拠 ($E_c=3.3 \times 10^4\text{N/mm}^2$) すると、計測値と復元計算値との差は小さくなるものの主桁平均では復元計算値を上回る結果であった。

3) 耐荷力調査

調査結果および復元計算結果を図-5に示す。静的載荷試験、動的載荷試験による発生応力度およびたわみ量は、復元計算値 (20t 荷重車載荷時) より小さい。応力度頻度測定においては、動的載荷試験時の 3 倍以上の応力度 (20.4N/mm^2) が計測されたが、復元計算値 (TL-20 載荷時: 27.0N/mm^2) より小さい値であった。

5. おわりに

本調査から得られた結果を以下に示す。

- 1) 健全性調査より、被覆上から検知できなかった著しい損傷は局部的であり、塩分含有量の進行も小さい。
- 2) 残存プレストレス調査より、主桁では復元計算値を上回るプレストレスが残存している。
- 3) 耐荷力調査より、主桁では 20t 相当の車両通行や現況交通下では、復元計算値より発生応力度は小さい。

なお、劣化の進行程度が小さいことから、表面保護被覆材、橋面防水工の効果があったと考えられる。

今後、局部的な損傷が橋梁全体の耐荷力に及ぼす影響を定量的に把握する手法が確立され、使用限界を判断するための指標が設定されることが望まれる。



写真-3 主桁損傷(鋼材破断) 写真-4 主桁損傷(補修跡再劣化)

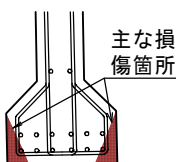


図-2 損傷箇所図



写真-5 鋼材腐食度調査結果(はつり後状況)

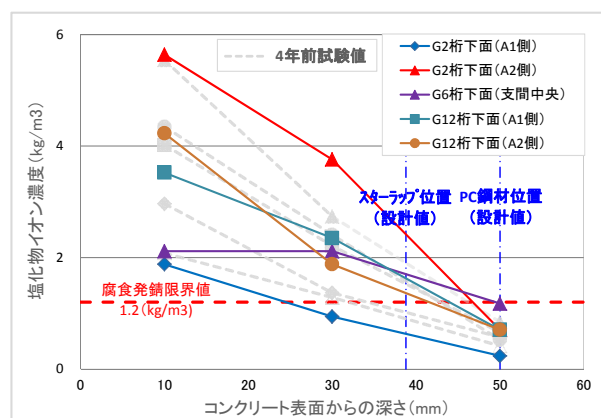


図-3 塩分含有量試験結果

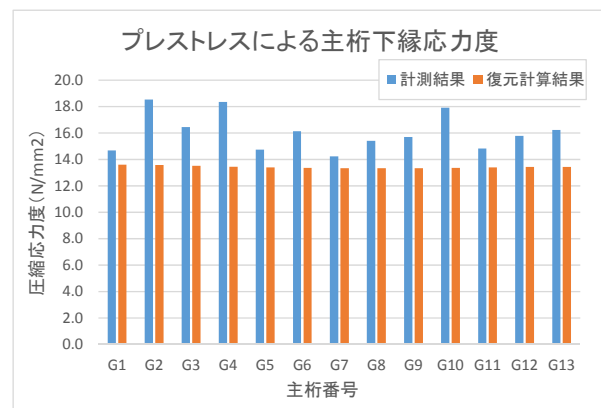


図-4 残存プレストレス調査結果

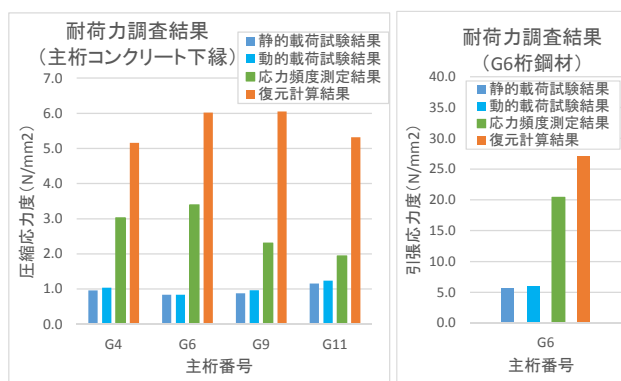


図-5 耐荷力調査結果(最大値)