

寒冷地の文化財的コンクリート構造物の健全度評価と保全の研究

北見工大 正員 桜井 宏
 北見工大 正員 ○岡田包儀
 北見工大大学院 学生員 小林洋平
 北大 フェロー 佐伯 昇

1. 研究目的

最近、コンクリート構造物の維持管理が重要な課題となっているが、施工後 60 年程度以上経過したコンクリート構造物の中から、景観の素晴らしさやその文化財的価値等から保存が望まれるものが出ている。それらの適切な健全度の評価と保全のため、コンクリート橋の現況調査や応力解析から理論的に的確な検討が必要とされている。

本研究は、一例として、北海道内陸に位置する文化遺産とされたコンクリート橋の健全度評価のための調査・解析と今後の保全について考察検討する。

2. 研究方法

2.1 対象構造物 旧国鉄士幌線 上士幌～十勝三又間 コンクリートアーチ橋梁群の中から、現在保存が望まれているが橋脚部分が洗掘されており保存が容易ではないとされている第六音更川橋梁とした。Fig.2.1 に概略寸法図を示す。この橋梁は、以前、河川からの洗掘を防止するための防止工が設置されていたが河岸浸食のため滑落している。洗掘は、徐々に進行している。

2.2 調査方法

2.2.1 調査測定方法 研究手順を Fig.2.2 に示す。第六音更川橋梁以外の対象橋梁群の研究結果より、本コンクリート橋梁の解析等に用いる強度、境界条件等を検討し把握する。また、それらの特徴を把握し、本橋梁の解析対象部を中心に支持条件等の目視調査や洗掘部位の範囲や強度測定を行い、現況を把握する。特に、コンクリートの凍害等の劣化状況、橋台等の洗掘の進行状況などを判断測定した。同時にシュミットハンマーによる非破壊試験を橋脚部分で行い反発硬度を測定し、次式で圧縮強度を求める。

$$F = -184 + 13.0 \times R \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

2.2.2 解析方法 応力解析は、有限要素法による解析システム「MARC」を使用し、静的な線形解析と外気温を入力した FEM 二次元温度応力連成解析を行う。解析条件として荷重条件は、本橋梁は廃線となっているため、列車荷重等は考慮せず、死荷重と雪荷重のみを考慮した。温度条件として 1991 年の 2 月 1 日から 3 月 31 日までのアメダスデータの外気温を使用した。地盤の拘束条件は、洗掘されている橋脚 A1 部の拘束を現況の洗掘状態と、防止工が設置されたと仮定する前面拘束されている条件の二つの条件から解析をした。これらの条件により、応力・歪を連成解析し総合的に耐久性を検討する。更に、台風の時期や融雪時などの降水量や河川の流量が多くなる時期のデータ等を調査して、橋梁に対しての災害の影響などを検討し、今後の保全に必要な考察を行う。

3. 結果と考察

3.1 既往の研究 既往の研究で、凍結融解回数の推定を行った。解析方法は、劣化の外的要因である冬季間の部材深さ方向の凍結融解回数を解析的手法で明らかにするため、二次元熱伝導方程式を差分式に展開して解析した。また、境界条件として凍結融解期間のアメダスデータの外気温を表面温度として入力した。なお、式は凍結層と非凍

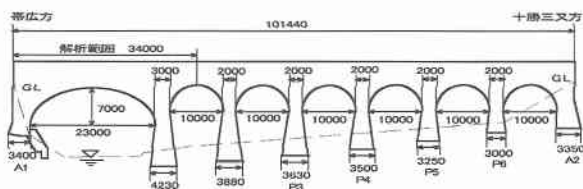


Fig.2.1 第六音更川橋梁概略寸法図

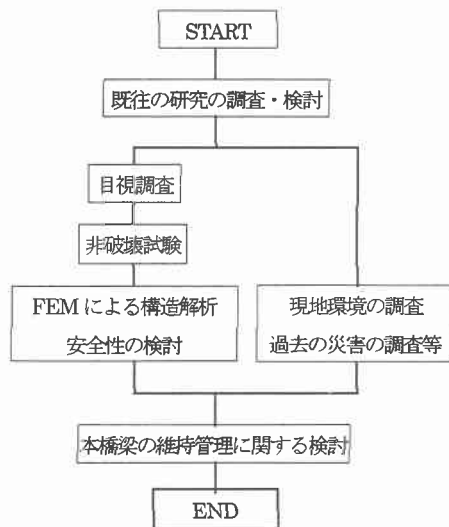


Fig.2.2 本研究のフローチャート

結層の潜熱を考慮している。その結果、第六音更川橋梁の年間凍結融解は表層部分で 66 回程度受け、表層より 40cm 以上深くなるとコンクリート中の水分が殆ど凍結したままになり年間 5 回以下になる。その部分の殆どが 1 回で、橋脚部中心部分では年間 1 回程度の凍結融解作用を受けると推定され、強度低下は少ないものと推定される。しかし、アーチ中心部は 1A、1P と比べて部材厚が小さく、Non-AE コンクリートであることを考慮すると、ひび割れ等による内部への水の浸透が大きな影響を及ぼすものであるので、表層部分の剥離やひび割れに対する対策が必要である。

3. 2 目視調査・非破壊試験結果 現地調査から凍害の状況は表面剥離やクラックが発生し、経年的に進行している。また、表面白華現象（エフロレッセンス）も著し、エフロレッセンスはひびわれを通した透水があることを示し、美観を損ねることもあり、文化財への指定を考慮すると注意や対策の検討が必要である。洗掘の状況は、3 年前に比べてかなり進行した。A1 橋脚の中心部は洗掘が 120cm、上流側は 150cm と最大で、下流側は 90cm だった。しかし、岩盤の表面から 20～30cm の部分は、岩盤表面の風化され滑落し易く支持力がないと予想される。A1 だけでなく P1 の基礎工部分でも若干の洗掘が生じている。現地の岩盤が崩れやすい等、橋梁に悪影響を及ぼすものは多数あることから、今後も台風や豪雨等の影響で洗掘は大きくなると予想される。以上のことから早急に洗掘防止対策を取ることが望ましい。

非破壊試験結果は平成 13 年 11 月の調査ではシュミットハンマーによる測定のみを行った。測定結果から圧縮強度は当時の設計基準強度をほぼ満足する値を得られた。しかし、表面にクラックが生じていたりするため、測定値にバラツキが多かった。

3. 3 FEM 温度応力連成解析結果 現状の洗掘状態での応力と歪の解析結果を Fig3.1・Fig3.2 に示す。ここでは(i)現状の洗掘状態（洗掘状態 2m と仮定、しかし実際は最大で 1m50cm の洗掘なので相当な安全側の仮定）の地盤からの支持条件の場合、(ii)設計時又は防止工を設置したと仮定した条件で全点（橋台全面）を支持されている場合、(iii)洗掘が進行し 1A 部分の垂直方向の地盤からの支持がなくなった場合の解析を行った。また、今後洗掘がさらに進行することを想定して (iii) 2m50cm 洗掘されている状況での解析も追加で行った。実際は、相当安全側での解析となる。現状の洗掘状態と全点支持状態、2m50cm した場合での解析結果は、最大応力・最大歪の値に大きな違いは現れなかった。又、応力は全て圧縮応力であり圧縮強度の $1/6 \sim 1/4$ であり、コンクリートの弾性範囲内である。歪も同様にどの状態でも 2000×10^{-6} の $1/5$ 以下となっており、現在のところでは危険な状態ではない。しかし、今後洗掘が更に進行し地盤支持が全く無くなった状況での解析では応力・歪共に破壊値に達する。

3. 4 洗掘状況の変化 現地踏査により A1 部分を支持している岩盤は風化が進み非常にもろく滑落し易い状態にある。水勢が大きくなると、橋脚支持部分の洗掘を促進する恐れがあり、A1 の下方の岩盤が浸食し上方の岩盤が滑落する。融雪時の 5 月頃と、秋の台風豪雨時の 9 月、

10 月に増水が予想され、雨量や河川流量を関係機関の御協力により調査し、最近三年間の流量雨量を散布図に示し最小二乗法で 2 次曲線近似すると平成 13 年 9 月に発生した最大雨量 100mm では相当の流量発生が推定される。

4. 結論 (1) 寒冷地の文化財的なコンクリート構造物の表面剥離やクラックの補修は、エフロレッセンスの発生も著しく、美観を損ねないよう対策が必要で、さらに、凍結融解の抑制のため、水の内部への進入防止ため表面の防水処理が必要である。(2) 洗掘された橋台を有するコンクリートアーチ橋梁の応力は弾性範囲であったが、安全対策として、洗掘防止工の設置等が必要と考えられる。安全性確保のため、現地の気象条件等を調査し影響を把握する必要がある。)

謝辞 上士幌町、東大雪コンクリート橋保存会、土木技術会コンクリート委員会他の御協力に感謝する。



Fig3.1 主応力解析結果

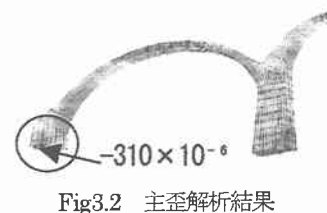


Fig3.2 主歪解析結果

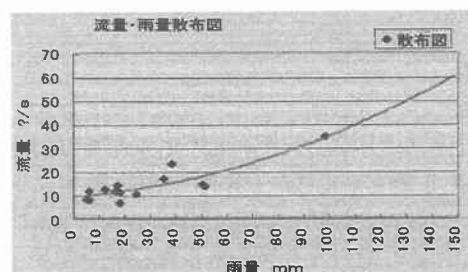


Fig3.3 流量雨量散布図