

寒冷地の文化財的コンクリート建造物の保存と活用に関する研究

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

1.はじめに 寒冷地のコンクリート建造物は長期間供用すると、過酷な凍結融解作用や温度が原因で、耐荷性や第三者影響度、耐久性が低下する可能性がある。しかし、それらの建造物の中には地域のランドマークとなり、文化財的な遺産として保存を望まれ、国の有形文化財として指定された建造物もある。また、それらの建造物を保存し、市民や地域の文化遺産として多くの人に知ってもらい、利活用したいという声が多くあがっている。

本研究の目的は既往の研究を基に、現地による現況調査、非破壊試験、温度解析、FEMによる解析から建造物の安定性を検討すると共に、地域のNPOや自治体との利活用検討会を通じて保存や今後の利活用を検討にする。

2. 研究方法 ①**研究手順** 予備調査、解析、安全性の評価、保存活用及び地元の意向調査のフローである。②**対象建造物** 本研究では対象建造物を景観が良い橋梁群である旧国鉄士幌線、第三音更川橋梁と第六音更川橋梁とする。寒冷地内陸環境下に位置し、厳しい環境下にある。第三音更川橋梁は筆者等の既往の研究結果をもとに市民団体、地域住民から保存や今後の活用の期待が高まっている。

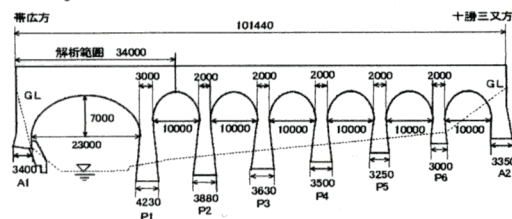


Fig. 2.2.1 第六音更川橋梁 概略寸法

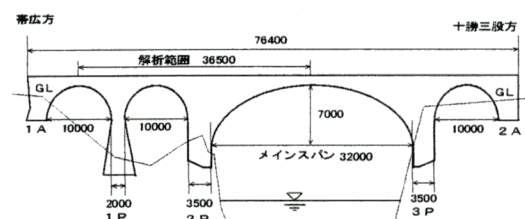


Fig. 2.2.2 第三音更川橋梁 概略寸法

また、第六音更川橋梁は、1Aが洗掘されており、経年的な洗掘の進行が確認されている。また、2002年の10月には滑落していた洗掘防止工が河川により流出している。筆者とNPO等は洗掘に対する対策を要望している。③**目視調査・非破壊試験方法** 目視調査は主に、凍害の進行状況など、コンクリートアーチ橋の見た目から経年的な変化を見る。特に第六音更川橋梁の洗掘については詳細調査を行う。非破壊試験はシュミットハンマーやパンジットを用い、反発度から圧縮強度、超音波伝播速度から橋脚内部の劣化を調査する。④**温度解析方法** 劣化の外的要因である冬期間の部材深さ方向の凍結融解回数を算定するため非定常境界条件の二次元熱伝導方程式で、橋脚等の凍結融解回数を算定する。境界条件として凍結融解期間である1994年10月から1995年4月までの毎日毎時の外気温を表面温度として入力する。⑤**FEMによる解析方法** 応力解析として有限要素法によるシステム「MARC」を使用し、静的な線形解析と外気温を入力した二次元温度応力連成解析を行う。第六音更川橋梁は洗掘していることから列車荷重は一切考慮せず、雪荷重と橋梁死荷重のみを荷重条件とする。外気温と熱伝達係数は2000年1/1～2/29までの外気温と風力データを使用する。また、地盤の支持条件は、洗掘されている橋脚1Aの拘束を現況の洗掘状態や防止工が設置されたと仮定、さらに設計段階である前面拘束されている各条件を設定し、主応力を連成解析し総合的に自立の安全性を検討する。第三音更川橋梁の解析条件は、冬期間は第六音更川橋梁と同様の条件とし、荷重条件は更に利活用の希望があった軌道材料の荷重を考慮する。夏季はNPOからの橋梁の活用要望から、トロッコ列車荷重を考慮し温度条件・熱伝達係数は2000年7/1～8/31の外気温と風力データを使用する。この時、静的な解析のため、トロッコ列車がある点にある場合を想定し4ケースに分けて解析した。また、参考までに冬季も列車荷重を考慮し解析を行う。他の境界条件をTable 2.6.1に示す。

これらの諸条件を設定し、各条件での解析を行い、応力・歪を連成解析し総合的に安定性の検討・考察を行う。⑥**NPOとの検討会等による意向の把握** 本研究では技術的、政策的、経済的な合理性一辺倒の目標追及が中心であった共同研究からさらにNPOや市民も交え、検討会やワークショップ、討論会から、意見交換と連帯意識と多様性のある高付加的価値のある利活用を見出す。

3. 調査解析結果と考察

3.1 調査解析結果 ①**目視調査及び非破壊試験結果** 目視調査では、凍害による劣化が酷く、クラックや表面剥離、コンクリート片の剥落が確認できた。また、経年的に調査を行っているが、昨年までには無かった大きなコンクリート片が剥落している。今後も剥離や剥落は発生するものと考

えられ、橋梁付近の散策は危険である。散策などをする際には注意書き、又は落石防止網等を設置するなどの安全対策が必要である。非破壊試験結果は、シュミットハンマーについては推定圧縮強度で満足する値が得られたが、パンジットによる超音波伝播速度の測定では値を得ることができなかった。これは、橋脚内部の劣化が酷くクラック等が原因で測定不能になったと考えられ、劣化が著しいということを示している。②凍結融解回数解析結果 推定結果は、Fig. 3. 2に示したままで、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のみと推定され、凍結融解作用による強度低下は少ないものと推定される。しかし、アーチ部材中心部は橋脚と比べて部材厚が小さく、Non-AEコンクリートであることから、ひび割れ等による内部への水の浸透が凍害に大きな影響を及ぼし、表層部分の剥離やひび割れに対する対策が必要である。③FEMによる解析結果 二次元FEM温度応力連成解析結果として第六音更川橋梁の結果の一例をFig3. 3. 1に示す。ここでは現状洗掘状態での解析結果を示す。また、第三音更川橋梁の解析結果の一例を示す。第三音更川橋梁については、列車荷重がメインスパン中央に来たときの夏の解析結果をFig3. 3. 2に示す。両橋梁とも橋脚上部に側壁を隣のスパンと縁切りする目地を設けたモデルを仮定した。第六音更川橋梁の解析結果は洗掘されている部分とP1橋脚のアーチ付け根の下部に大きな圧縮応力が生じているが、これは許容範囲内の応力である。しかし、アーチ中央下部では引張り応力が大きく生じている。これは許容範囲を上回る結果となった。アーチ上部は剥落なども起こしていることから危険な状態であるといえる。第三音更川橋梁の解析結果は、夏期には圧縮応力が集中した結果となった。また、所々に引張り応力も 0.6 N/mm^2 程度生じている。その他のケースでの解析結果も似た結果となり、夏の条件ではトロッコ荷重による影響は大きくでなかった。しかし、冬の条件での解析結果では、アーチの付け根下部付近で圧縮応力が大きい値を示し、それ以上にアーチ付け根上部とアーチ中央下部で冬季間の温度収縮によると思われる引張り応力が許容範囲を上回る結果となった。これは本来アーチを拘束する支承としてヒンジが入る部分で詳しい図面が残っていないがアーチと橋脚をつなぐ鉄筋が配筋されていると思われる。支点の状況を今後確認し新たな考察の必要がある。

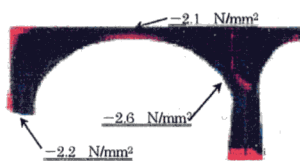


Fig3.3.1 第六音更川橋梁 解析結果 例 (冬)

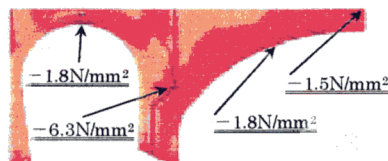


Fig3.3.2 第三音更川橋梁 解析結果 例

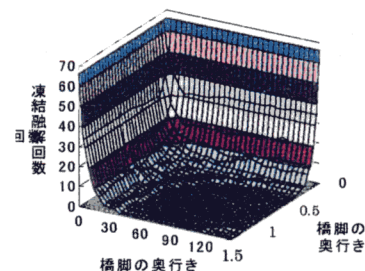


Fig3.2 凍結融解推定結果

Table2. 6.1境界条件

材料性	単位	設定値
ヤング率	kgf/m ²	① 2.38×10^5 ② 2.43×10^5 ③ 2.48×10^5
密度	kg/m ³	2.3×10^3
ポアソン比	---	0.2
熱伝導率	W/m·K	2.558
比熱	W/kg·K	1.047×10^3

3.2考察 本研究の調査解析結果の考察としては、凍害の影響を受けていることや、構造解析結果から六音更川橋梁、第三音更川橋梁の両橋梁とも今後さらに安全上の注意が必要である。現段階では橋梁についてアーチ部のように構造上明らかにする必要がある部分が多く、設計書などの詳しい資料がないことから、足場をかけた詳細な構造物の調査が必要と判断する。今後、保存や利活用するには、更なる調査、研究が必要であり、大規模な詳細調査や、安定性を維持するために基づく大規模な補修等を行うことが望ましいと思われる。

4. 結論 ①寒冷地の古いコンクリート構造物はnonAEコンクリートのため凍害の影響を著しく受け、相当な劣化をしているため保存や活用には十分な配慮や対策が必要である。②文化財的構造物の健全度評価には非破壊による測定や解析が有効であるが、活用を検討するには更なる適切な解析モデルの検討やそれを裏付ける詳細調査が必要である。③文化財的構造物の保存や活用は、産官学と市民の連帯し検討する場を設け意向を十分に把握し検討することが望ましい。

謝辞 NPO 東大雪アーチ橋友の会、土木学会北海道支部、道土木技術会コンクリート委の北見工大山が鼻君等の御協力に感謝する。