

非破壊による橋梁健全性の確認手法

大久保 妙子

長野県大町市にある一般県道槍ヶ岳線の北葛沢3号橋はシースに沿ったクラックが見つかり、この調査・補修を含め工事を発注した。現地において詳細な点検を行ったところ、クラックに拡大傾向が見られず、コンクリート部に剥離やエフロレッセンス等もほとんど見られなかったため、非破壊で橋梁の健全について検査を行うこととした。桁の非破壊検査にはX線透過法などがあるが、当現場ではたわみ量に着目し、当初想定たわみ量と実際のたわみ量を比較することで桁の健全性を確認した。

キーワード：橋梁補修、非破壊、メンテナンス、载荷試験

1. はじめに

我が国では、高度経済成長期に社会資本が集中的に整備され、これらのストックは今後急速に高齢化が進行すると想定されている。

長野県においても例外ではなく高齢化が進んでいる。さらに近年厳しい財政状況が続く中においても、公共資産の合理的・効率的な維持管理は地域住民から強く求められている。このような背景から長野県では、今後増大が見込まれる橋梁の修繕経費について、長寿命化を図り可能な限りコストを縮減していく必要があると考え、平成20年6月に「長野県橋梁長寿命化修繕計画」を策定した。長野県の管理する橋梁は平成19年4月1日時点で3,820橋あり、このうち高齢化橋梁（建設後50年以上経過したもの）は568橋で全体の約15%を占めている。しかし、図-1のとおり平成29年度末には高齢化橋梁の占める割合は46%と全体の約半数にも達するなど急速に橋梁の高齢化が進むことになる。

この「長野県橋梁長寿命化修繕計画」の中では次の

3つの方針を打ち出している。

- ①持続可能なマネジメントサイクルの確立
- ②優先度付けによる橋梁修繕計画の策定と実施
- ③日常的な維持管理による予防保全への取り組み

その中の方針②に基づき、修繕を進めている。優先度は主要部材の損傷及び大型車通行量等を考慮して決められている。

2. 補修に至る経緯

北葛沢3号橋（写真-1）は、大町ダムの付替え県道の一部として昭和54年に当時の建設省により架設され、現在供用後30年が経過している。橋梁長寿命化修繕計画の一環で行われた平成21年の橋梁点検業務委託の中で、当橋梁のPC桁の一部に橋軸方向のクラックが見つかった。橋軸方向クラックは多くの場合主要部材の損傷によることが多いため、平成22年度に当該橋梁を補修することとなった。今回はこの北葛

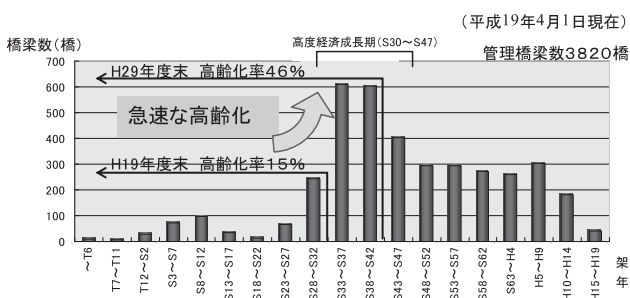


図-1 架設年次別橋梁現況（長野県）



写真-1 橋梁全景

沢3号橋で非破壊による橋梁健全性の確認手法を行った経過及びその方法等について記述する。

3. 北葛沢3号橋の概要

北葛沢3号橋は大町市内から葛温泉に向かう一般県道槍ヶ岳線の橋梁であり、橋下は国土交通省管理の大町ダム湛水域となっている(図-2)。橋梁の諸元は下記に示すとおりである。

橋梁諸元(図-3)

橋長 $L = 65.5\text{ m}$ 幅員 $W = 8.0\text{ m}$

上部工形式 2径間PCポステンT桁

規格 一等橋 (TL-20)

竣工 昭和54年

適用示方書 昭和47年道路橋示方書



図-2 位置図

から下方斜めに中央部桁下面にかけて曲線を描いており、これらの特徴からPCケーブルまたはシースが腐食している可能性が高いことが想定されていた。PC桁におけるケーブルの腐食は上部構造の安全性の根幹にかかわる損傷であり、早急な対策が求められると結論づけており、このクラック以外にも橋梁全体では橋面舗装・伸縮継手の劣化及び支承の腐食があり対策が必要となっていた。

ただし、この委託成果では桁下からの詳しい調査は行われておらず、さらにデータの信頼性をあげるため各種調査が必要であるとまとめられていた。



写真-2 桁下の橋軸方向クラック



写真-3 橋梁端部クラック

4. 橋梁調査報告書

前述の委託成果の中で当該橋梁には開口幅が0.2～0.6 mmのひび割れが観測されていた(写真-2, 3)。谷側のG4桁のひび割れは橋軸方向に桁端部側面上部

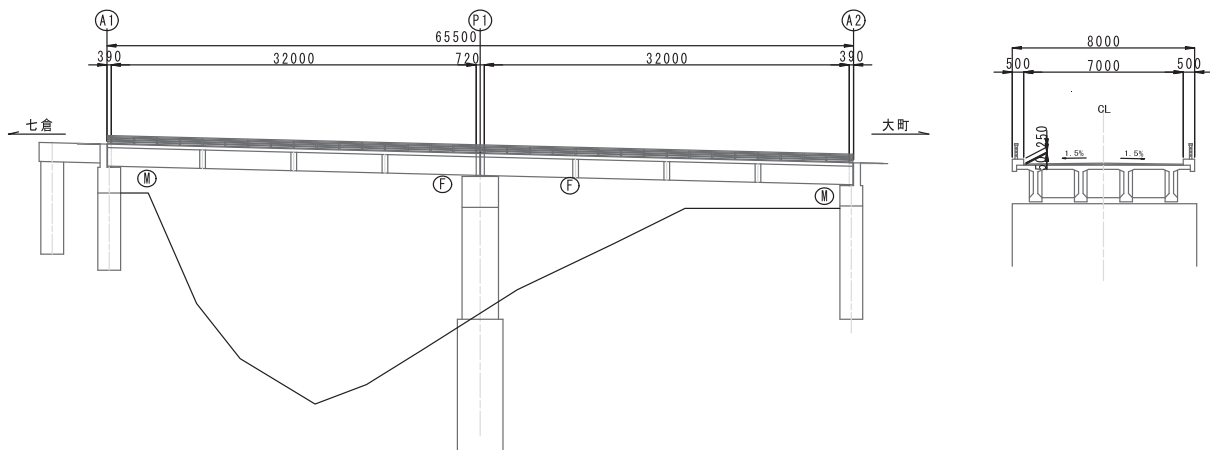


図-3 橋梁側面図・断面図

5. 工事発注後の詳細調査

工事発注後、クラックについて桁下から再度詳細な調査を行った。その結果横桁に数多くのクラックが確認され橋梁全体としてのクラック量は増加した。しかし、委託時に発見されていたクラックについては開口幅が広がっているものは確認されなかった。橋軸方向クラックについても同様に広がり確認されなかった。クラックは開口の大きなもので横桁では幅1.4 mm、縦桁では幅0.8 mmであったが、コンクリート部に剥離やエフロレンス等はあまり数多くは見られなかった。また、橋梁表面については舗装ひび割れや凹凸はあるものの、周辺道路との大きな段差はなく橋梁全体としての本来の機能は維持されている状況であると施工前調査終了時点で推測することができた。

6. 非破壊検査について

PC 桁の非破壊検査の代表的な手法としては X 線透過法・超音波法・衝撃弾性波法・打音振動法等がある。前述の委託の中では X 線透過法によりグラウトの充填確認を行った後、CCD カメラによる削孔調査を行いグラウト等に異常があった場合は補修する必要があると記載されていた。しかし、本橋梁の桁厚は厚い部分で 50 cm あり、X 線透過法による検査が難しい状況であった。シーす内に空隙が存在することが確定できていれば、CCD カメラによる調査が有効である。しかし、空隙部分を確定できなければ場合によっては桁に損傷を与えるだけになってしまう。このことから、桁が現在どのような状況であるのかを別の方法で確認し、橋軸方向クラックが桁にどの程度影響を与えているのかを判断することはできないのか検討を行った。NPO 法人橋梁メンテナンス技術研究所からのアドバイスをを受け、「静的載荷試験」を実施することとした。これは実際に橋梁に荷重をかけた時のたわみ量により、現在の橋梁がどの程度安全性を確保できているのか判断するための一つの方法である。

7. 静的載荷試験

静的載荷試験は荷重既知（約 21 t）の荷重車をスパン中央に載せ、この時のたわみを測定する。たわみ測定方法は図-4 に示すように、主桁（G1・G4）よりインバー線を介して重錘を下げ、その下に変位計を設置した。そして、荷重車により主桁がたわむと同時に重錘が下がり、そのたわみ量を変位計にて測定する。

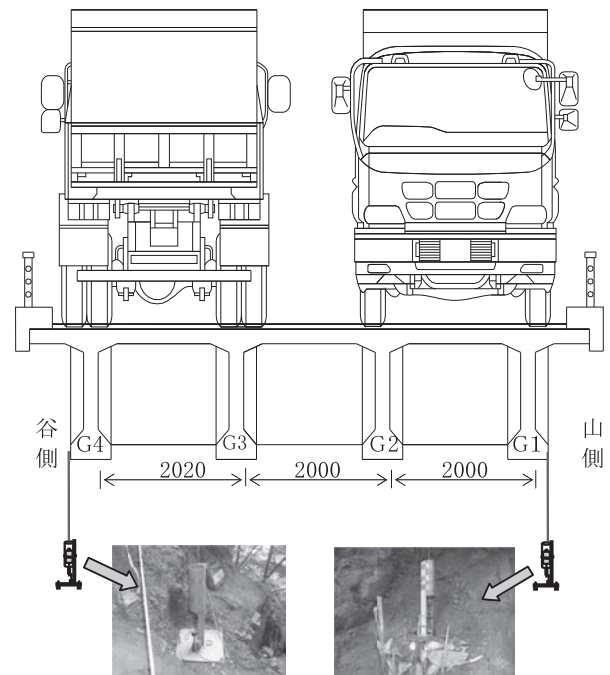


図-4 たわみ測定方法

静的載荷試験は合計 3 回の載荷試験結果を平均することなたわみ量とした。

静的載荷試験として 21.203 t の荷重車を大町方向（山側）と七倉方向（谷側）に片側載荷した場合のたわみ量は以下の表-1 に示す通りである。

表-1 静的載荷試験結果 単位：mm

大町方向（山側）載荷		七倉方向（谷側）載荷	
G1（山側）	G4（谷側）	G1（山側）	G4（谷側）
2.821	0.677	0.893	3.100

8. 桁の健全性の評価および対策工法の選定

本橋梁は 4 主桁（道路中心線に対して対象構造）であり、山側・谷側とも載荷時の外桁のたわみは本来同じであるが、載荷実験では谷側載荷時のたわみが大きくなっており、G4 桁下面の橋軸方向クラックの影響と考えられる。しかし、橋軸方向クラックが発生している（主桁剛性の低下 $2.82/3.10 \div 0.9$ と推定される）ものの、復元設計（現地状況及び昭和 47 年道路橋示方書による）により応力にはゆとりがあることが判明した。

$$\text{応力：PCT 桁 上縁 } \sigma_c = 9.17 \leq 14.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{下縁 } \sigma_c = -1.24 \geq -1.50 \text{ N/mm}^2$$

たわみについても、設計計算上の活荷重（TL-20）たわみ量 18.6 mm に対して、剛性低減 90% 時のたわみ量は 20.8 mm 程度であり桁の応力が許容限界に達するときのたわみ量 28.0 mm にはまだ余裕があることが判明した。

桁の橋軸方向クラックの発生要因としては次のようなことが考えられる。

- ①緊張力が当初より設計通り作用しておらず、活荷重等による疲労による場合
 - ②施工に起因する場合（グラウト不足によるシース内への浸水あるいはかぶり不足）
 - ③材料に起因する場合
 - ④設計時の荷重以上の環境下で使用されている場合
- 等が考えられるが、ほとんどは上記のうち複数の要因が重なっていることが多い。

このうち、本橋梁はPC鋼線のシース管内部の充填不足が原因の凍結融解の痕跡ではないかとの疑いは残る。しかし、現時点では応力的にまだゆとりがあると推定されること、委託時からクラック幅・長さの拡大や浮き・剥落が見られないこと及び橋軸方向クラック部からの錆汁の析出が確認されていないこと等を総合的に判断して、PC鋼線・シースの腐食はそれほど進行していないものと判断した。これらの結果を基に今回の工事では大がかりな補強工事は実施せず、劣化の促進を抑制する補修工を行うこととした。

ひび割れに対しては樹脂注入工および表面保護工を実施することが適切と判断した。また、本橋梁は竣工年次の関係からPC鋼線が上面定着方法であったため、桁端部定着方法と比較するとシース管内に水が入りやすい状況にあった。このため今回舗装下に防水層を施工することにより今後水の侵入を防ぐことでさらに劣化進行を抑えられると期待された。



写真一4 上面定着跡

9. おわりに

今回実際のたわみ量を測定したことにより、今後同様の測定を行うことで桁剛性がどの程度低下したのかを判断することができる。たわみの管理限界値（下回ると危険と判断される値：本橋梁の場合 14.2 mm）が明確になっているので、この値を目安に測定結果を定量的に判断することができる。もちろんこの基準値に

抵触するようであれば、足場を組んでの詳細な調査や補強工事を行う必要がある。しかし、今回補修工を実施したこともあり、みかけの剛性が現在の1/5となるのはかなり時間的に先になると考えられる。

大がかりな補修工事が必要なのか、それとも劣化の進行を食い止めることにより桁を延命させるのかを判断する場合、桁の健全性がひとつの指標になると思われる。この健全性の判断方法として、静的載荷試験を有効に利用することができるのではないだろうか。また今回、参考として常時微動による桁の固有振動数の測定を行っている。桁の剛性低下に伴い長周期化（振動数の減少）することから、静的載荷試験のたわみ量と併せて桁剛性の低下判断指標になるものと思われる。常時微動測定は、橋面に振動計を置くだけの簡易な測定で、人為的に橋を振動させる強制加振は必要ないため、既設橋梁に負担を与えない非破壊試験と言える。また、今回のデータを基に次回定量的に数値として比較・検討できることが静的載荷試験や常時微動測定方法の優れているところではないだろうか。

今回の試験を通して橋梁の正確な剛性低下度を知るためには、初期値を設置時に把握することが基本だと感じた。設計・橋梁架設時からメンテナンスを見据えた、データの蓄積・管理が今後はさらに重要になってくるのではないだろうか。

また、橋梁に限らず今後も維持修繕すべきインフラは増大し、そこには明確な指針や数値で基準等を示すべきことも多くなると考えられる。橋梁の場合、維持修繕の第一歩は目視での点検である。もちろん、目視での点検も有効であるが、目視点検できる人材の確保や目視者によって評価にバラつきが生じる点については今後も課題となるであろう。その中で数値として判断できる評価方法を確立することも必要となってくるのではないかと期待している。

JICMA

《参考文献》

- 1) 長野県橋梁長寿命化修繕計画, 2008年6月
- 2) 国土交通白書 2012

【筆者紹介】

大久保 妙子（おおくぼ たえこ）
長野県安曇野建設事務所
整備課整備係
主任

