

第10回垂井高架橋モニタリング評価委員会 議事録

場 所：スクワール麴町 5F「芙蓉の間」

日 時：平成 28 年 10 月 7 日（金） 13：30～16：00

出席者：委員：鎌田委員長、国枝幹事長

石橋委員、田辺委員、二羽委員、丸山委員、六郷委員

葛目協力委員、中野協力委員

国土交通省：松田道路保全企画官、三浦道路構造保全官、

藤本道路工事課長、芦谷道路工事課課長補佐、

黒田道路工事課構造係長、西野和歌山河川国道事務所副所長、

田中和歌山河川国道事務所工物品質管理官

日本高圧コンクリート（株）：鷹巣、堀

（株）計測リサーチコンサルタント：花倉、梅本

土木学会 事務局：日比谷、田中

[資料確認]

資料 10-0 平成 28 年度垂井高架橋モニタリング評価委員会 議事次第

資料 10-1-1 垂井高架橋モニタリング評価委員会 委員構成

資料 10-1-2 垂井高架橋に関する経緯

資料 10-2 第 9 回垂井高架橋モニタリング評価委員会議事録(案)

資料 10-3-1 ①垂井高架橋供用後のモニタリングの概要

②計測値の検証

資料 10-3-2 垂井高架橋モニタリング 委員会資料

(平成 19 年 8 月～平成 28 年 6 月)

資料 10-3-3 表面含浸工法について

資料 10-4 モニタリング全体工程表(案)

資料 10-5 最終報告書(案)

[議事]

1. 委員長挨拶

このモニタリングは、平成 19 年 8 月に開始され、その 10 年後の平成 29 年 8 月まで継続して行われる予定となっており、現在 10 年目に入り評価委員会としても最終ラウンドを迎えた状況である。本日は、まず例年どおり昨年度の委員会以降の桁のたわみ、橋脚付け根部のウェブ変形、あるいはひび割れの推移等についてと、最終年度に予定している表面含浸補修の詳細についてご審議いただき、最後にこの 10 年間のモニタリングの最終的な報告書案の骨子についてご議論いただきたい。

特にこの最終報告書は、今後この垂井に類似した橋梁に対する補修・補強モニタリングへの参考となる貴重な資料となる。その観点からも土木学会として社会貢献度の高い報告書を完成できるようにお願いしたい。

2. 前回議事録（案）の確認

事務局より、資料 10-2(前回委員会議事録(案))の説明があった。

委員長挨拶の 2 行目の「現在 8 年目」を「現在 9 年目」に訂正し、基本的にこれを議事録とする。

3. 前回以降のモニタリング調査について

鷹巣氏および堀氏より資料 10-3-1①、同②および資料 10-3-2 をもとに、モニタリング調査結果の説明があった。

計測結果は、全体として例年通りの動きで温度による各データの動き、桁の伸縮に伴う動きの繰り返しとなっている。目視によるひび割れ点検においても、ひび割れの進展は認められない。また橋本市では供用後 9 年間で震度 3 以上の地震が観測されたのは 1 回のみで、地震による異常は見られない。

昨年からの宿題となっていた、たわみ、橋脚付け根部のウェブにつけている光ファイバーなど、データの詳細な検討を行い原因と思われるものについても併せて説明があった。

(1) 計測管理結果

(a) 桁たわみ

- ・ 5 径間目と 6 径間目について、他の径間と違う傾向が見られたことから沈下計を追加し二重に計測した。両者は、夏場・冬場の変動状況が同様であり計測器・計測システムの異常ではないと判断された。
- ・ 現地測量も行い、常時計測の値とほぼ合致した結果となった。
- ・ 日々の温度差と測定値の差の割合の傾向を調べると、温度変化以外の要因によって変動している箇所が見受けられた。またその日付は、停電・水中ポンプの交換等の欠測イベントと合致した。
- ・ この欠測イベントが生じた箇所を復旧する際には、欠測直前の値に温度変化分を考慮した値から計測を再開していたが、この方法では、欠測発生前後に生じる計測値の不安定な値も含まれるため、結果として測定値にドリフトが生じていた。
- ・ このため、イベント前後の測定値と温度の 1 日間の相関関係をもとにドリフトの補正を行った結果、5 径間目と 6 径間目が他の径間と違う傾向を示す状況は見られなくなり、全径間において外気温との相関関係、夏場・冬場の平均値などが 5 年目くらいから安定した動きとなった。
- ・ 以上のことから、5 径間目と 6 径間目のたわみ計測値の異常は、計測器の欠測イベン

トの際のデータ復旧方法に問題があり、この径間では他よりも故障が多かったことからドリフトが累積したためと推定された。

(b) 橋脚付け根部のウェブ変形

- ・S-4 のデータが伸び方向に変動がみられていたことから、センサー自体とオプトボックスへの配線の交換を試みた結果、近傍の S-3 とほぼ同様な変位量を示すものとなった。
- ・オプトボックスとデータロガーの入出力値、取外したセンサーの検証を行い異常がなかったことから、異常の原因は配線に使用した多芯ケーブルの損傷であったと推定された。
- ・欠測イベント時に通電が途絶えると信号が消失する計測器であることから、たわみと同様の方法で欠測イベント時の補正を行っている。
- ・補正したデータは、外気温との回帰式、夏場・冬場の平均値などからほぼ5年目以降安定した動きとなっている。

(c) 支承の変位

- ・温度変化に伴った動きを繰り返している。
- ・橋軸方向に年間 112 mmから 122 mmの範囲で伸縮を繰り返し、橋長が年々変化するような状況は見られない。

(d) ひび割れ幅

- ・亀裂変位計は、供用開始前にエポキシ樹脂で注入補修済みのひび割れが供用開始後開くことがないかを確認することを目的に、補修したひび割れを跨いで設置している。
- ・特に C-2 亀裂変位計の値が伸び方向に推移したため、近傍にもう 1 つ亀裂変位計 C-13 をつけて推移を確認した。
- ・新設の C-13 は、夏場から冬場に向けて桁が縮んでいく際の温度との関係と、冬場から夏場に向かう際の温度との関係がほぼ同じ回帰式となっている。これに対し懸案の C-2 は、年月が経つにつれて両者の回帰式が離れていっている。
- ・補修後のひび割れは開口していないことから、(亀裂変位計が耐久性に乏しい計測器であることを踏まえて) 計測器の故障と判断した。

(e) 上下床版平均ひずみ

- ・上下床版部のひずみについても、橋脚部付け根部のウェブ変形と同じく、欠測イベントでの補正を行っている。
- ・上床版、下床版それぞれのひずみの平均値をまとめると、年間ひずみ量は若干の変動はあるが3年目くらいからほぼ横ばいで推移している。

(f) 外ケーブル張力

- ・ケーブル張力の年間変動量は、2年目くらいからほぼ横ばいで安定した挙動となっている。

(g) 温度

- ・外気温の変化は、年間 40℃程度である。桁内の温度変化は 35℃程度で、例年どおりの動きをしている。

(2) 定期点検結果

(a) ひび割れ

- ・本年は、P2-P3 径間と P6-A2 径間での調査である。来年 1 月ごろから最終的な桁のひび割れ注入を行うことから、漏れがないようにクラックビューアによる点検も併せて行った。
- ・ひび割れ本数は、昨年より 23 本少なく総延長についても 8.6m 少ない結果となった。その変動は 1%未満でありひび割れの進捗等は認められないと判断した。

(b) 上床版下面の変状

- ・上床版下面の一部に、白色の汚れが確認されていた箇所について継続的に観察しているが、今年の調査でもその部位に新たなエフロレッセンスや漏水は見られなかった。

(c) 沓座および外面状況

- ・沓座、外面とも、特に異常は認められなかった。

(4) 質疑応答

- ・議事録はまとまった段階で、委員の記憶が新鮮なうちに確認いただくようにしたい。
- ・補正について、補正区間を変えてみて同じ結果となることを確認したほうがよい。
- ・データについては、いろいろな角度からクロスチェックができていると安心である。
- ・温度による変化が結構大きく出ている。実際の荷重によるたわみがどの程度でその比率はどのくらいか。机上計算でも良いので、温度変化によるものと荷重によるものとの割合を押しえておくとよい。
- ・耐用年数について、計測器がどのくらいの頻度で、どのくらいの期間で不具合が生じたかについて報告書にまとめておくと有用なデータとなる。

4. その他（最終報告書他）

(1) 最終報告書

10 年間のモニタリングの最終報告書の構成について、委員長、幹事長、鷹巣氏、堀氏の間で、これまでに 3 回のワーキングを開き、素案に相当するものを作成した。この案について意見交換を行った。

(a) 最終報告書の内容

- ・昨年度は、第一編、第二編とする案を提示したが、今回は、重要な内容を整理してまとめた本編と、データの詳細を掲載した資料編の 2 部構成とすることを考えた。
- ・本編は、序、第 1 章はじめに、第 2 章モニタリング概要、第 3 章モニタリングの結果、第 4 章モニタリング方法に関する参考知見、第 5 章最終モニタリングデータ、第 6 章

維持管理への参考知見、第7章おわりの順とした。結論を先に知りたい方には、第3章を読んでいただければ分かるようにし、以降重要なものから並べた。

- ・本日は第3章、第4章、第5章についてはたわみの部分のみと第6章を説明する。

(b) 質疑応答

- ・第4章は、主に計器計測についてまとめられているが、目視によるひび割れ計測方法は、計測時期を、8月からひび割れ幅が最大化する2月に変え、計測範囲を絞るなど、いろいろ試行錯誤した。目視によるひび割れ計測についても、これらの点をまとめられるとよい。
- ・「コンクリート標準示方書の想定を超えたコンクリート」という記述より、収縮が大きかったコンクリートを使った点を具体的に記述するとよい。
- ・「今後の耐久性も同様の工法を用いて補修された他の構造物と比べて遜色のないものであることをここに記す」とあるが、同様の工法を用いたものが何年持つかわかっていないのが現状である。まずは「供用10年たっても大丈夫である」点を示すのがよい。
- ・この報告書は、似たようなモニタリングをしようと思う人や、何十年後かに橋梁の昔のことを調べたい人が熱心に読んでくれると思われる。そういう視点で全てを書かれるとよい。例えば「垂井高架橋の現在の状況」というタイトルを「10年間モニタリングした後の・・・の状況」とするなど。また閾値の決定にも苦心したが、10年前を振り返ればこんなふうを決めることもできたというようなモデル的なものがあれば面白い。
- ・当初、損傷対策特別委員会で原因などをまとめ、その後補修で行くという判断になり、損傷に関する調査特別委員会で補修補強の方法を決めた経緯がある。これらとこのモニタリングは一体であるので、上記も含めた全体をまとめた報告書にするほうがよい。これについては、歴代委員長や推進機構と相談して進めるのがよい。
- ・報告書はPDF版をインターネットで閲覧できる他に、DVD版を作成するのがよい。それに加えハードカバー版も作り、限定で関係者に配るとともに土木学会に何部か残して欲しい。
- ・国土交通省としては、この報告書だけを見ても深いところがよくわからないところがある。この垂井高架橋を今後10年、20年、30年あるいはもっと管理していくうえで、後の人が読んでわかるような内容にしていけないといけないと思う。我々も意見を言わせてもらい、今後、最終までに内容を詰めていきたい。

また、10年経って来年から通常の定期点検、いわゆる「橋梁定期点検要領(平成26年6月)」に基づく点検に移行していくことになる。この橋梁を通常の点検スケジュールにのせていく上で、点検のポイントや注意点について、点検や診断を行っている業者に意見を求めるなどし、もう少し詳しく突っ込み、点検に漏れがないような形で充実させたいと考えている。

最終報告書の素案の全体的な方向性は問題が無いということになっているが、データの補正が前提となっている。これとは違う方法の検証など、その保証をもう少し強化して、より信頼性の高いものにしてほしい。

- ・本日の資料は抜粋版であり、フルバージョンを各先生、近畿地方整備局に推進機構から送付して意見を集約する。

(3) 表面含浸工法について

堀氏より、資料 10-3-3「表面含浸工法の再検討について」をもとに、表面含浸工法についての説明があった。

- ・当初、2005年に発行された「表面保護工法設計施工指針(案)(土木学会)」を参考に工法が決まっていたが、水処理や下地処理の懸念から、昨年度の委員会での議事に基づき、2012年に発行された「けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針(案)(土木学会)」の知見も加え、表面含浸工法の最新の動向も踏まえて工法を再検討した。
- ・この資料は、本日ご欠席の宮川委員(当時、垂井高架橋の損傷に関する調査特別委員会補修補強分科会の主査)に事務局を通じ事前に意見をいただいた。
- ・宮川委員より、「使用実績と費用を各工法横並びで調べること」、「長期での効果確認の実績があるかを調べること」の2点の指摘があり、本日の資料へと修正し再度確認いただいた。
- ・水処理が不要なこと、けい酸塩系の新しい規準にも準拠していること、もともとの表面保護工のグレード評価が良いこと、長期の信頼性の確認もなされていることから、CMP工法のうちのドライプロテクト工法が提案され、承認された。

(4) 全体工程

鷹巣氏より資料 10-4をもとに、モニタリング全体工程の説明があった。

- ・来年の8月2日のモニタリング終了まで常時計測を継続する。
- ・「ひび割れ注入・表面含浸」を、冬期の来年1月から3月にかけて行いたいと考えている。
- ・補修作業が終わってから最終年度の定期点検、振動測定、自然電位を含めた測定を行いたい。
- ・「最終報告書審議」の委員会は、これらの補修工事、点検作業が終わった状態で現地見学会を行うことも考慮し、6月に行う。最終モニタリング計測の8月2日まで2か月あり、よいタイミングである。
- ・最終報告書案の作成は、その後の修正期間も考慮して3月か4月を目処に進めていきたい。

(5) コンクリート構造物のひび割れを見える化するFRP製センサーの紹介

国枝幹事長より、コンクリート構造物のひび割れを見える化する FRP 製センサーについて紹介があり、この垂井高架橋に貼付する計画について説明があった。

- ・補修された構造物に対し、ひび割れがあるかないかより、そのひび割れが動いているか、あるいはそのひび割れがどんどん開く方向にいくかに着目しないと正常な維持管理ができないということが、近い将来垂井高架橋でも起こってくる可能性がある。
- ・FRP センサーは、正確に 0.01 mm レベルを測るものではないが、少なくとも増加傾向にあるかどうかを目視で見えていくことができる。できれば今後の維持管理に活用したいという思いから垂井高架橋に試験的に設置する手続きを進めている。
- ・細長いテープ状の FRP 製のセンサーを貼り付けると、ひび割れが出た箇所が白色化する。これは不可逆で、そのひび割れが閉じてもそこに色が残り計測期間中の最大ひび割れ幅の履歴を残すことになる。
- ・外ケーブルを配置した高速道路、PC 箱桁橋、新設高架橋での架設荷重載荷時など、ひび割れ管理で何十か所も実績がある。ただしひび割れを検出した実績はなかなか表に出にくいので、このセンサーの有効性の検証も含め検討している。
- ・ひび割れの位置、幅、バランスおよびバリエーションを考慮して、14 か所に約 80 cm の長さのセンサーを貼付し、それがどう変化するか見ていこうと計画している。

以上