

一般国道32号「池田第一橋」における異常音発生の詳細調査報告

大西 祐未¹・水田 正弘¹・木内 雅浩¹

¹ 四国地方整備局 徳島河川国道事務所 道路管理第二課 (〒770-8554 徳島県徳島市上吉野町3丁目35)

一般国道32号に架かる「池田第一橋」は、支間長32.4mの単純鋼合成I桁4連と支間長48.2mの単純鋼合成箱桁からなる橋長181mの道路橋で、1976年に架設されている(図-1,2および表-1参照)。過去の定期点検では、主桁等に目立った損傷は確認されていないが、箱桁の支間中央部を大型車両が走行した際に、可動側支承の桁端部周辺で鋼材同士が擦れるような異常音を確認された。なお、対象部位は箱桁構造であり、箱桁内で音が反響し発生源の特定が困難であった。

今回、異常音の発生源を特定するため、超音波探傷試験やビームフォーミング法、アコースティックエミッション法(以下、AE法)等による非破壊調査を実施したものである。

キーワード 既設合成桁橋、異常音、超音波探傷試験、ビームフォーミング法、アコースティックエミッション法(AE法)

1. はじめに

道路橋は橋の健全性を確保するため、5年に1度近接目視による定期点検を実施している。また、定期点検において補修が必要と判断された橋梁については、詳細調査および補修設計を実施し、補修工事を実施している。

本橋梁においては、過去の定期点検では、主桁等に目立った損傷は確認されていない。しかし今回、大型車が箱桁の支間中央を走行した際に、走行している場所と全く違う可動支承側の桁端部周辺で鋼材同士が擦れるような異常音を確認された。このように走行している場所と違う場所での異常音発生は前例がないものである。また、今回の異常音発生を受けて、箱桁部周辺の目視確認を行ったが、目立った損傷は確認できず、異常音の原因は不明であった。

本論文では、この「池田第一橋」の箱桁端部で発生した異常音に対する詳細調査方法と結果について報告するものである。

以下に橋梁の一般図、橋梁諸元および写真を示す。



写真-1 全景 A2から起点側を望む

表-1 橋梁諸元

架橋竣工年	1976年	
活荷重・等級	TL-20 1等橋	
形式	上部工	単純鋼溶接合成I桁4連 単純鋼溶接合成箱桁
	下部工	控え壁式橋台1基 逆T式橋台1基 T型橋脚柱円型(RC)4基
	基礎工	直接基礎3基 オープンケーソン3基
橋長	181.00 m	
支間長	32.40(48.20) m	
幅員	全幅員	11.60 m
	有効幅員	10.50 m
適用示方書	昭和47年 道路橋示方書 1共通編2鋼橋編	

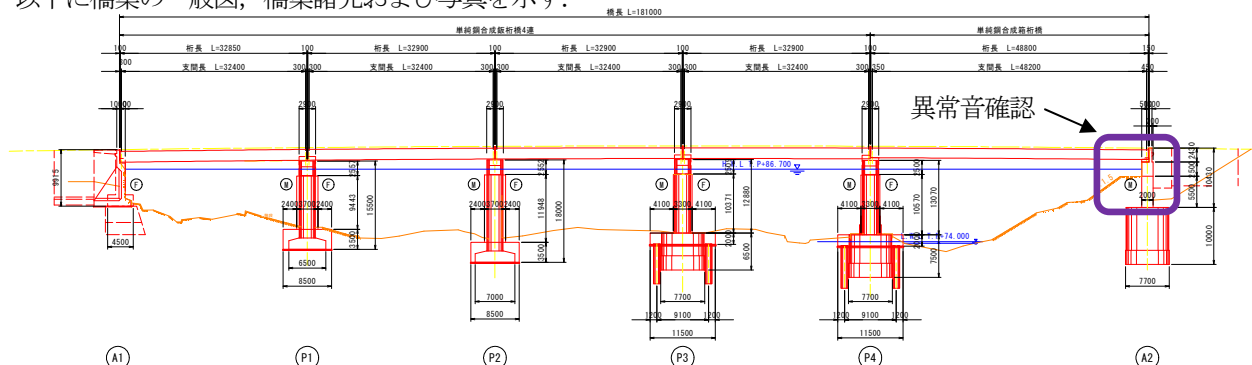


図-1 橋梁一般図

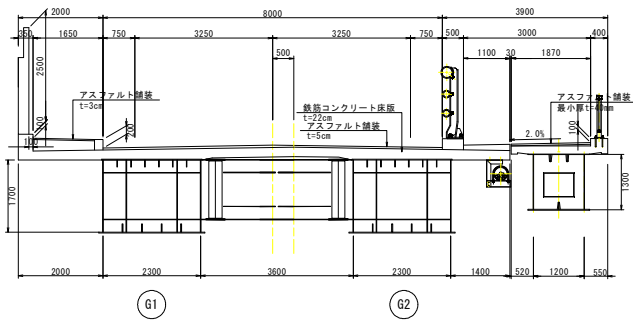


図-2 上部工断面図

2. 詳細調査フロー

今回、上部工の桁端部に発生している異常音の原因を特定するにあたり、下記に示すフローにより詳細調査を実施した。

最初に原因を推測する。次に原因の推測結果を踏まえ、一次調査を実施し、音源のスクリーニングを行い、おおよその異常音の発生源に当たりを付ける。最後に、より詳細な二次調査を実施することで損傷箇所および損傷原因を特定する流れである。

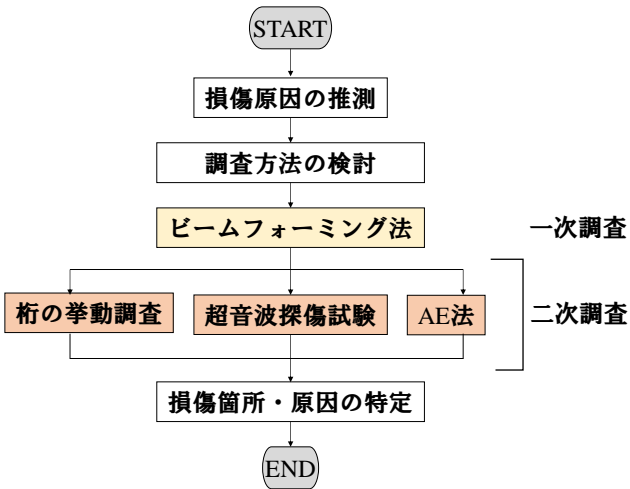


図-3 異常音の詳細調査フロー

3. 損傷原因の推測

詳細調査で確実に損傷原因を特定するためには、最初に損傷原因を推測し、損傷が発生していると考えられる箇所では詳細調査をすることが重要であると考えた。

今回は、異常音確認後に箱桁部周辺の目視確認を行った結果、目立った損傷は確認できなかったため、目視では確認不可能な箇所での損傷が発生している可能性がある。また、鋼材同士が擦れるような金属音であったことから総合的に考えると本橋梁の損傷は、スタッドジベルの損傷の可能性が高いと考えられた。スタッドジベルとは本橋梁のような合成構造において、主桁と床版を一体化させる部材である(図-4)。

また、他にも可能性がある損傷として、支承内部の損傷を疑った。

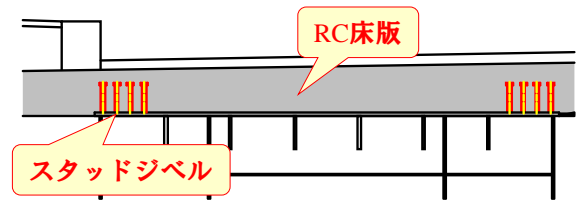


図-4 RC床版とスタッドジベルの構造

4. 一次調査

4.1 ビームフォーミング法

本橋梁は鋼箱桁構造であり、発生した音源が箱桁内で反響し、音源の特定を困難としていた。また、前述のとおりスタッドジベルの損傷を疑ったが、スタッドジベルは広範囲に設置されており、全数調査は調査に時間がかかることや費用的な面から困難であった。そこで、一次調査として、ビームフォーミング法による音源のスクリーニングを実施した(写真-2, 図-5, 6)。なお、本調査は一定の間隔で配置した複数のマイクロホンにより音源を計測し、得られた信号の時間差 Δt を補正分析することで、音源の可視化を行うものである。



写真-2 ビームフォーミングによる調査状況

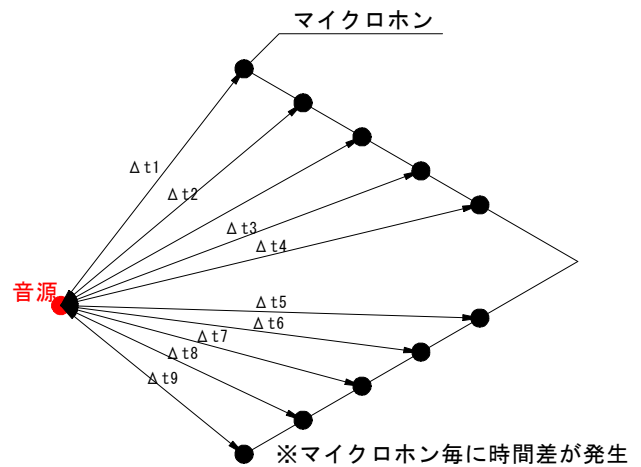


図-5 ビームフォーミングによる音源特定方法

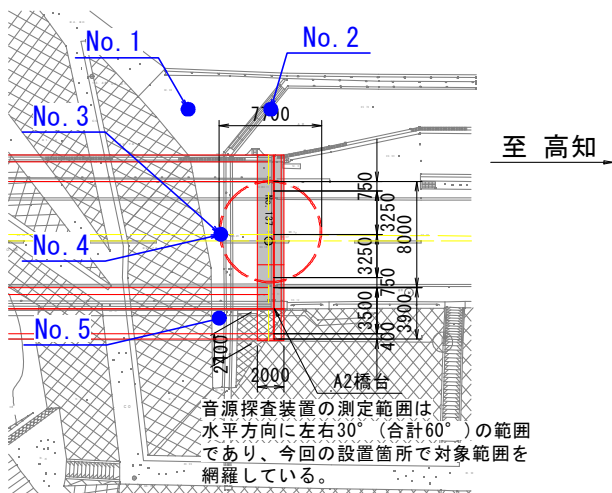


図-6 ビームフォーミング法による調査箇所

4.2 ビームフォーミング法調査結果

ビームフォーミング法による調査の結果、異常音は桁端部より発生していることは特定できた(図-7,8)。また、多少広範囲で音源が確認されたが、これは、発生した異常音が箱桁内で反響していることが原因と考えられる。

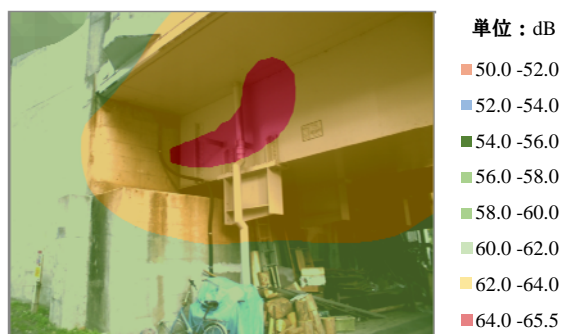


図-7 ビームフォーミングのコンター図 (No.1 : G1)



図-8 ビームフォーミングのコンター図 (No.5:G2)

5. 二次調査

一次調査の結果、桁端部から異常音が発生していることは特定できたため、より詳細な調査である二次調査は調査箇所を絞って桁端部付近で実施することとした。

5.1 超音波探傷試験

(1) 超音波探傷試験の概要

主桁と床版はスタッドジベルで一体化が図られた構造形式であり、前述のとおりスタッドジベルに損傷が生じ、異常音が発生していることが考えられた。このため、超音波探傷試験により、スタッドジベル溶接部の健全性の調査を行った。

スタッドジベルが健全な場合は、探触子から出た超音波はスタッドジベルの先端まで伝搬する(図-9)。一方、スタッドジベルが破断や損傷していれば損傷位置までしか超音波は伝搬しないこととなる(図-10)。

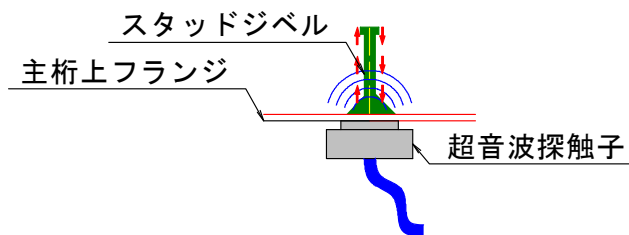


図-9 スタッドジベル溶接部の探傷方法
(スタッドジベルが健全な場合)

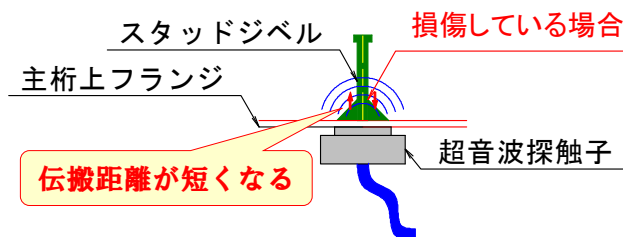


図-10 スタッドジベル溶接部の探傷方法
(スタッドジベルが損傷している場合)

(2) 超音波探傷試験結果

箱桁内部より、スタッドジベル溶接部について超音波探傷試験を実施した(写真-3)結果、ジベル溶接部においても破断等の損傷は確認されなかった(図-11)ため、スタッドジベルは健全であると考えられる。



写真-3 超音波探傷試験による調査状況

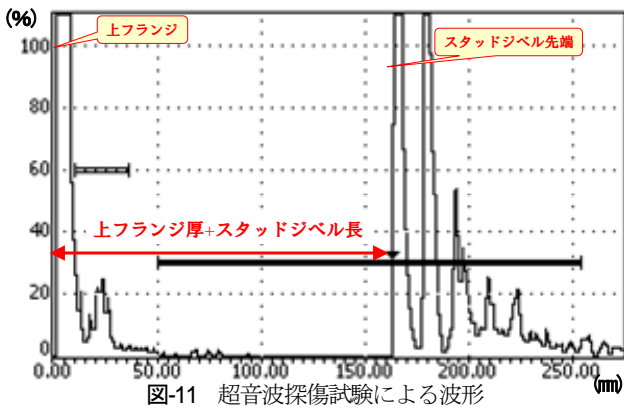


図-11 超音波探傷試験による波形

5.2 AE(アコースティックエミッション法)

(1) AE(アコースティックエミッション法)の概要

部材が損傷を受ける際、構造部材の内部では微細な変形が生じ、蓄えていたエネルギーを弾性波として放出する。AE法は、部材表面に設置したセンサにより、この弾性波を検知する方法である。

本調査では、複数のセンサを主桁に配置し、各センサに到達する時間差から弾性波の発生源の特定を行った。(写真4, 図-12, 13)

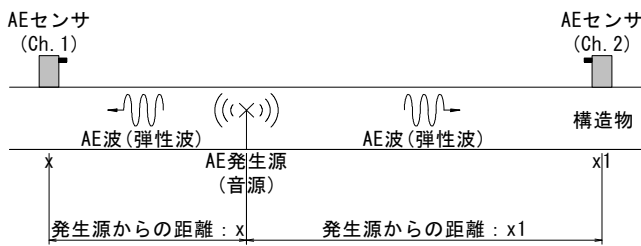


図-12 AE法による発生源の特定方法

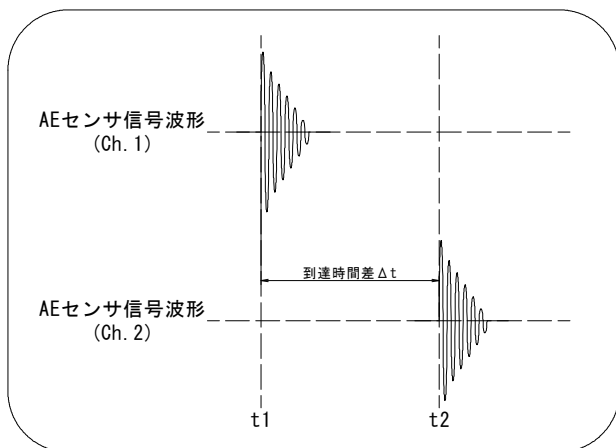


図-13 AEセンサによる弾性波の信号波形



写真4 AE法による調査状況

(2) AE(アコースティックエミッション法)調査結果

AEセンサを各4点設置し、調査を実施した。その結果、下フランジ面にセンサを配置したケースにおいて、支承のソールプレート付近で信号が確認された。このことから異常音の発生原因は支承であると考えられる。(表-2, 図-14, 15)

表-2 AE調査結果一覧表

調査箇所	G1主桁	G2主桁
主桁上フランジ面	信号無	信号無
主桁下フランジ面	信号有	信号有
端横桁面	信号無	信号無
主桁ウェブ面	信号無	未実施

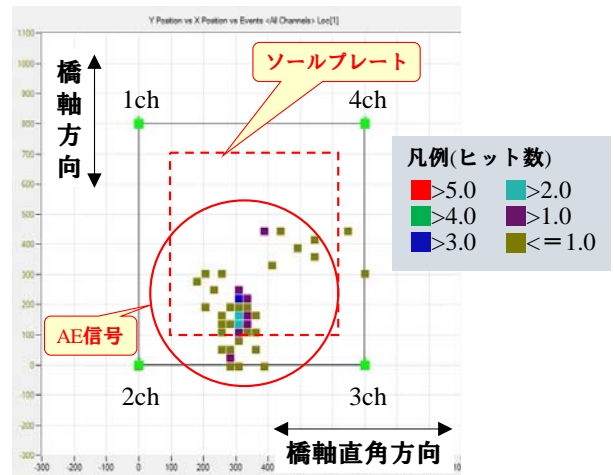


図-14 AE法によるヒット数の分布 (G1 下フランジ)

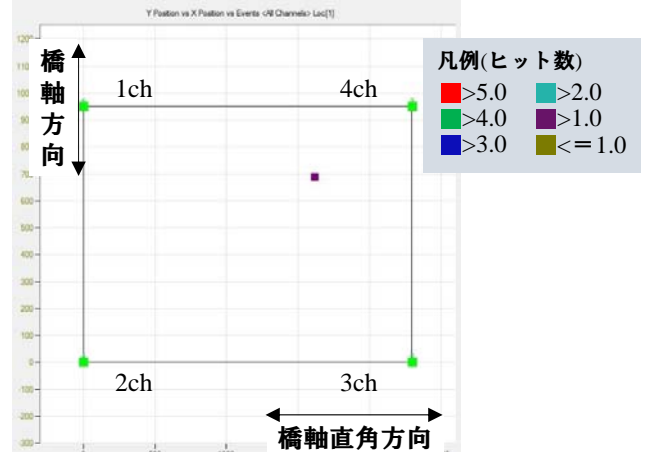


図-15 AE法によるヒット数の分布 (G1:上フランジ)

5.3 桁の挙動調査

(1) 桁の挙動調査方法の概要

異常音が発生している箇所は、可動側の桁端部付近であるが、支承の接触面の摩擦が大きくなり、桁の挙動を阻害している可能性が考えられた。このため、主桁に桁の水平移動状態を確認するため、桁の挙動に合わせてゲージが動くダイヤルゲージを設置し、異常音と桁の挙動の関係性について調査を実施した（写真-5）。

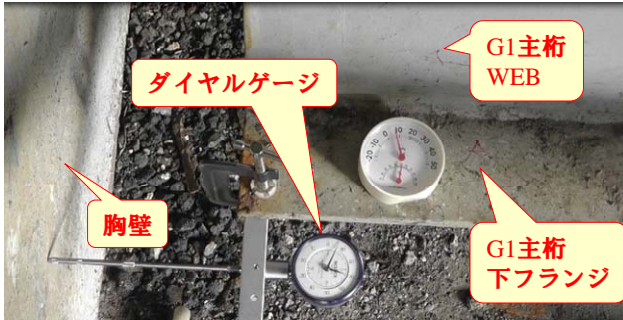


写真-5 桁の挙動調査状況

(2) 桁の挙動調査結果

大型車が支間中央を走行する際、すなわち、荷重が支間中央に載荷された際に、桁のたわみが最大になる。桁がたわむと中立軸より上は圧縮側であるため、桁は縮む側に挙動する。一方、中立軸より下は引張側であるため、伸びる側に挙動することとなる。従って、可動支承上は、中立軸より下側であり、桁がたわむと引張側となるため、桁は伸びる側に挙動する。そして、支間中央から大型車が離れれば、桁のたわみは無くなり、桁は縮む側に挙動し元に戻る（図-16, 17）。

桁の挙動調査を実施した結果、桁の水平移動はスムーズではなく、ギギギと引っかかるような非線形な挙動を示し、その挙動に合わせて異常音が発生していることを確認した。

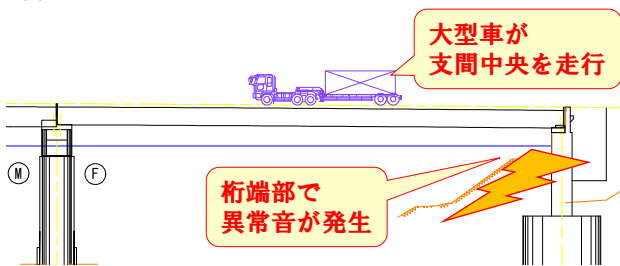


図-16 大型車と異常音の発生位置

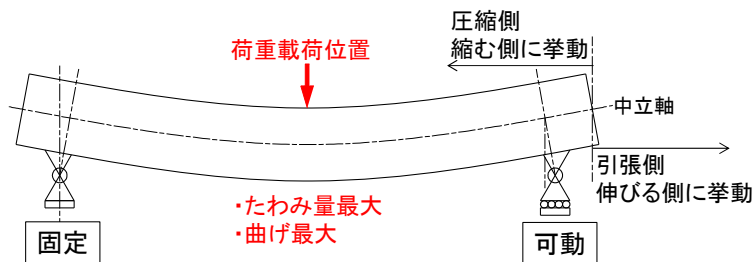


図-17 主桁のたわみと桁端部の移動

6. 損傷箇所・原因の特定

超音波探傷試験の結果、スタッドジベルが健全であることや AE 法で支承付近から弾性波が発生していること、および桁の挙動調査より可動支承であるにも関わらず、桁がスムーズに挙動せず、引っかかりながらスライドしていることから、支承の上沓が腐食し、上沓とステンレス板の摩擦が大きくなり、桁の水平移動時に異常音が発生しているものと考えられる（図-18）。

それを証明するものとして、詳細調査後に撮影した写真を以下に示す（写真-6）。

本写真は、支承の胸壁側の狭いスペースで撮影したものである。腐食が発生していないように見えた支承も胸壁側から見ると上沓に腐食が確認できた。

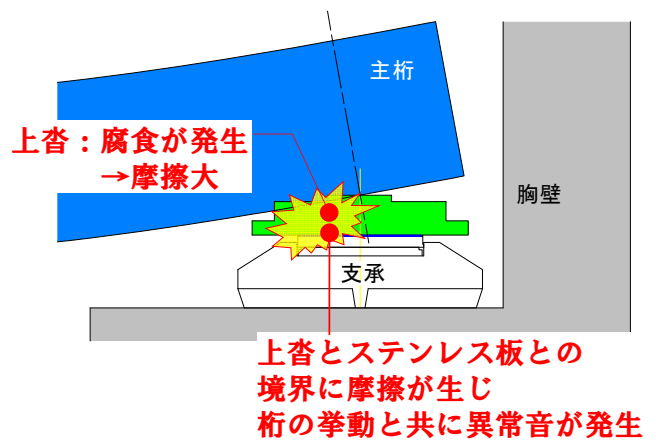


図-18 支承の構造と異常音発生箇所



写真-6 上沓の腐食

前述のとおり可動支承の腐食により桁の挙動時に異常音が発生していることが特定できたが、支承に傾きやセットボルトの緩みがないことから、比較的、支承は健全であると判断できる。さらに現状では桁端部において路面からの漏水対策を実施済みであり、漏水がないため、腐食が急速に進む可能性は低いと判断し、当面経過観察を行うこととした（写真-7,8）。

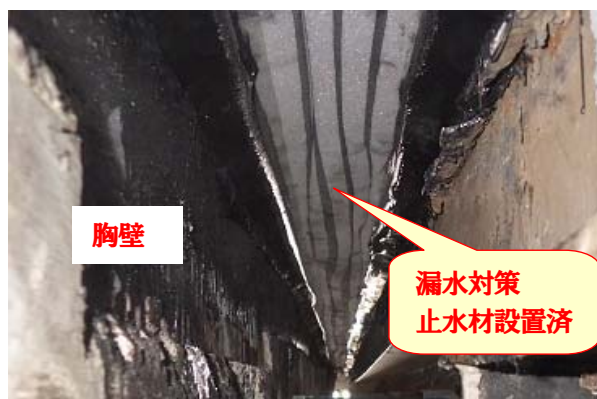


写真-7 漏水対策済写真、桁端部の漏水なし



写真-8 支承の状況写真、傾きやセットボルト緩みなし

7. おわりに

一般国道 32 号「池田第一橋」において、大型車が箱桁部の支間中央を走行した際に、走行している場所と全く違う箇所である可動支承側の桁端部周辺で鋼材同士が擦れるような金属音が確認された。このような、走行している箇所と違う箇所での異常音発生は前例がないものであった。また、周辺を目視確認したところ、目立った損傷は確認できず、異常音の原因は不明であった。

そのような状況であったが、原因を推測し、原因と考えられる箇所で詳細調査を行うという流れで、異常音の原因を特定することとした。

原因を推測したところ、対象箇所は鋼箱桁構造であり、異常音の特定が困難で、目視では確認不可能な箇所での損傷が発生していることが危惧された。

そして、一次調査で異常音は桁端部で発生していることを確認した。次に、二次調査で桁端部の詳細調査を実施することで異常音の発生源が支承であると特定した。

私見であるが、道路構造物の維持管理が重要視されるようになってまだ歴史は浅く、前例がない損傷等が発生し、対応に苦慮することがある。維持管理においては、さらなる経験・事例の蓄積が必要と感じている。そのため、今回、詳細調査により前例のない異常音の原因を特定したことは、貴重な経験・事例の一つ蓄積することができたものと考えている。

今後、高度経済成長期に造られた構造物は一斉に老朽化し、様々な損傷が発生すると思われる。他の橋梁でも今回同様の異常音が発生する可能性は十分にある。本橋と同様の異常音が発生した際には、今回実施した詳細調査方法を参考にして頂き、原因の特定に役立てて頂ければと考えている。

参考文献

- 1) 道路橋示方書同解説 I 共通編・II 鋼橋編
：(社)日本道路協会／平成24年3月
- 2) 土木鋼構造物の点検・診断・対策技術
：(一社)日本鋼構造協会／2017
- 3) 道路橋支承便覧
：(社)日本道路協会／平成16年4月
- 4) 道路橋点検必携 ～橋梁点検に関する参考資料～
：(社)日本道路協会／平成27年4月
- 5) 鋼道路橋の疲労設計指針
：(社)日本道路協会／平成14年3月
- 6) 鋼橋の疲労
：(社)日本道路協会／平成9年5月
- 7) 鋼道路橋防食便覧
：(社)日本道路協会／平成19年3月
- 8) アコースティック・エミッションの特性と理論
：森北出版株式会社／2005年第2版