## 51. 音源探査装置(音カメラ)を用いたフィンガージョイントの

### 劣化診断に関する研究

中日本高速道路	(株)	○ 築山 有	
中日本高速道路	(株)	川井田	実
(株)熊谷組		大脇雅	直

### 1. はじめに

橋梁における伸縮装置の損傷は,通行車両に危 険を与えるだけでなく,場合によっては橋の構造 にも影響を与える可能性がある。フィンガージョ イント部の劣化メカニズムについては検討が行わ れており,疲労試験や数値解析が進められている <sup>1),2)</sup>。伸縮装置の日常点検は,一般的に走行する 車上もしくは路面や伸縮装置下面からの目視で行 われるため,点検者の経験的判断に頼るところが 大きく,簡単な装置で劣化度などが可視化できる システムができれば点検の精度や効率が向上する と考えられる。また弊社は,笹子トンネル天井板 落下事故を受けて「安全性向上3ケ年計画」を作 成した。その施策には「点検業務に関する技術の 高度化」も含まれており,本システム開発の重要 性は高いと考えている。

そこで本研究では、音源探査装置を用いて鋼製 フィンガージョイントの劣化度を推定し、可視化 する方法について実験的検討を行った。はじめに、 破断しているフィンガージョイント試験体を用い た基礎実験を行った。次に、テストコースに設置 したフィンガージョイント試験体を対象に実験を 実施し、フィンガージョイントの劣化度を推定す る方法について検討を行ったので報告する。

### 2. ジョイント試験体を用いた実験<sup>3)</sup>

### 2.1 実験概要

鋼製フィンガージョイントをハンマなどで加振 した場合,劣化の度合いによって発生する音が変 化すると考えられる。フィンガージョイントにお けるフィンガー部分を一定の加振力でハンマ打撃 し,その発生音を測定した。調査対象とした鋼製 フィンガージョイントを図-1に示す。図-2 は試験 体を横から見た状況である。フィンガージョイン トのフェイスプレートとウェブプレートの接合部 分が劣化によって破断している。

発生音の測定には音源探査装置(音カメラ)を 用いた。音源探査装置を図-3 に示す。音源探査装 置は5つのマイクロホンと1つの CCD カメラを装 備しており、マイクロホンで収録した音情報を用 いて音源方向を推定し、CCDカメラから得られた 映像情報とパソコン上で組み合わせて表示してい る<sup>4)</sup>。画面上で円の位置が音の到来方向を示し、 色の違いは周波数を、円の大きさは音のレベルを 表している。

### 2.2 実験結果

発生音の周波数特性の例を図-4および図-5に示 す。フィンガー部の①,②, ⑩, ⑪は健全部,③ ~⑨はフェイスプレートとウェブプレートの接合 部が劣化によって破断している部分である。健全 部と劣化部を比較すると,周波数特性に差が見ら れた。特徴的な周波数範囲を抽出して音源探査装





置の測定データを分析した結果を図-6 および図-7 に示す。音源位置の表示に関するしきい値は 45dB に設定している。3200~3500Hz に着目した場合, 図-4,図-5 に示す周波数特性では加振時に発生す る音が重なり合い,判別が難しい状況もあったが, 図-6 の音源推定方向結果では,健全部と劣化部か らの発生音の周波数の違いが色の違いとして確認 できる。5000~5500Hz に着目した場合,図-4,図 -5 に示す周波数特性では劣化部で卓越した周波数 成分が見られる。図-7 の音源方向推定結果では, 健全部は音源位置が表示されず,音が変化した加 振点は音源位置が表示されていることがわかる。

# 3. テストコースに設置したジョイントの実験<sup>5)</sup> 3.1 実験概要

実験は図-8に示すようにテストコース(幅員5m, 1 周 750m) に設置された鋼製フィンガージョイン ト試験体を対象に行った。試験体は長さ 1900mm の ものを 2 個設置してあり,このうち劣化を想定し て長さ 970mm,幅5mm の模擬亀裂を付加したものを 「亀裂有り試験体」,模擬亀裂のないものを「健全 な試験体」とした。調査対象とした鋼製フィンガ ージョイント(亀裂有り試験体)を図-9に示す。



図-6 測定結果(3200~3500Hz)



図-7 測定結果 (5000~5500Hz)

### 3.2 ハンマ加振による実験

試験体を一定の加振力でハンマ打撃して発生音 を測定した。加振位置はフィンガー部,フィンガ ー根元部,フェイスプレート部とした。ハンマは 0.23kg(0.51b)と1.13kg(2.51b)の2種類を用 いた。ハンマ加振による発生音の周波数特性を図 -10に示す。ハンマの種類について比較すると, 2.51bのハンマでは亀裂部を加振したときに 6504Hz付近に卓越した周波数が見られるが,650Hz



付近や1216Hz付近,1446Hz付近の卓越周波数より も相対的に音圧レベルは小さい。それを除けば, 発生音の音圧レベルに違いはあるが,周波数特性 に有意な差は見られなかった。発生音の卓越周波 数の測定結果を表-1に示す。健全な試験体では 1652Hz および1708Hz付近の成分が卓越していた が,亀裂有り試験体では650Hz付近や1216Hz付近, 1446Hz付近の成分が卓越しており、卓越周波数に 違いが見られた。これは、リブの間隔や模擬亀裂 の長さから数値計算で求めた固有振動数に概ね一 致していた。

ジョイント試験体を用いた実験においてハンマ 加振したときの発生音は、5000~5500Hzの高音域 に卓越した周波数成分が見られたが、このときの 試験体は疲労などによってできた亀裂であり,場 所によって微細な幅であると考えられ、フェイス プレート上からの加振によって亀裂の上下が当た って発音いた可能性がある。今回の実験では高音 域の卓越した周波数成分は亀裂部を 2.51b のハン マで加振した時に見られたが、他の卓越周波数と 比べると相対的に音圧レベルが小さく、0.51bのハ ンマ加振時では確認できなかった。実験対象の模 擬亀裂の幅は 5mm 以上あって十分開いている状態 のため、亀裂の上下が加振によって接触すること はない状態であった。ハンマ加振時の発生音にお ける音源方向推定結果の例を図-11に示す。表示の しきい値は 75dB とした。健全な試験体と亀裂有り 試験体を比較すると,発生音の卓越周波数に明確 な違いが確認できる。

### 3.3 車両通過による実験

車両が試験体の模擬亀裂上を通過した場合と健 全部上を通過した場合について測定を行った。通 過時の発生音は路肩から音源探査装置を用いて測 定した。対象とした車両は総重量 20t の大型車で ある。車両速度は 50km/h とし,試験体上を車両が 通過する時にクラッチをオフにした。亀裂有り試 験体において,ハンマ加振で特徴的な卓越周波数 が見られた 650Hz 付近と 1446Hz 付近について検討 を行った。模擬亀裂上および健全部上を通過した 場合における FFT による周波数特性を図-12 に示



図-10 ハンマ加振時の発生音の周波数特性 表-1 ハンマ加振音の卓越周波数

試験体	主な卓越周波数[Hz]						
健全な試験体				1652	1708		
亀裂有り試験体	650	1216	1446				



図-11 ハンマ加振時の発生音 650Hz付近



図-12 車両通過時の発生音の周波数特性



図-13 車両通過時の発生音 650Hz付近

す。周波数特性を比較すると、模擬亀裂上を通過 した場合と健全部上を通過した場合では明確な差 は確認できない。音源方向の推定結果を図-13、図 -14 に示す。表示のしきい値は 55dB とした。模擬 亀裂上を通過した場合は音源方向の推定結果が試 験体付近に概ね集中しているが、健全部上を通過 した場合は音源方向の推定結果が広い範囲にばら つく傾向が見られ、今回の実験では 650Hz 付近の ほうが顕著であった。健全部上を走行した場合は 試験体から発生する音が相対的に小さく、車両か らの発生音などの影響が大きくなったためと考え られる。

### 4. まとめ

ハンマ加振による発生音によって健全部と亀 裂部分の差を確認できた。ジョイント試験体を用 いた実験とテストコースに設置したジョイントの 実験では劣化部分(亀裂部分)における卓越周波 数に違いが見られた。車両通過時の発生音につい ては,通過車両が大型車で,通過時にクラッチを オフにした場合では健全部上を通過した場合と亀



図-14 車両通過時の発生音 1446Hz付近

裂上を通過した場合で音源方向の推定結果に差が 見られた。テストコースにおけるフィンガージョ イント試験体は亀裂部分の幅が十分に開いていた 状態であり,破損が相当進んだ状況を模擬したも のであった。鋼製フィンガージョイントの破損が 徐々に進んでいるような状態では発生する音が異 なる可能性がある。今後は,道路点検車両による データ収集などを行い,フィンガージョイントの 劣化度と発生音の関係などについてさらに精度よ く判断するための手法を検討していく予定である。

#### 謝辞

本研究は中日本高速道路(株)と(株)熊谷組 の共同研究によるものです。関係諸氏に深謝しま す。

### 参考文献

- 西浩嗣,荒本貴司,酒井修平,小野秀一:鋼製フィン ガージョイントの疲労試験,土木学会第63回年次学 術講演会,pp.145-146,2008.9
- S. Ono, S. Sasaki, T. Imamura : Fatigue evaluation of steel finger type expansion joints for highway bridges, Bridge Maintenance, Safety and Management - IABMAS' 10, p661, 2010.7
- 3) 大脇雅直,築山有二,川井田実:音源探査装置(音カメラ)によるフィンガージョイントの劣化診断に関する研究その1,土木学会第67回年次学術講演会,2012.9
- 大脇雅直:音カメラの開発と適用事例,騒音制御 Vol.35, No.5, pp.421-426, 2011.12
- 5) 川井田実,築山有二,大脇雅直,財満健史:橋梁伸縮 装置の劣化診断に関する実大実験一音源探査装置に よる劣化度の可視化に関する基礎的検討一,日本音響 学会講演論文集 1-3-8, 2013.9