

舗装及び主桁の損傷が橋梁の動的増幅率に与える影響についての研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○近藤健一 愛媛大学大学院 学生会員 佐久間啓蔵
愛媛大学大学院 学生会員 秋山大誠 愛媛大学 正会員 全邦釘

1. 序論

近年、我が国では社会基盤施設の老朽化やそれに伴う劣化が問題になっている。そのため、橋梁の動的応答・振動特性および損傷のモニタリングの事例は 1975 年から 1980 年以降に急増している。また、交通量の増大や、走行速度の高速化など、橋梁の維持管理にとっては厳しい社会環境になっている。そのため、維持管理を効率良く行うために、損傷した橋梁の動的応答・振動特性を把握することが重要である。橋梁の動的応答は、静的応答値に対する動的応答値の比として定義される動的増幅率で評価される。しかし、橋梁の路面凹凸や損傷がこの動的増幅率に与える影響が未だに不明であり、解析実績も少なく検証を行っていく必要がある。

そこで本研究では、損傷がある実橋梁に実験を行い振動特性・動的応答の確認をする。その後、実験橋梁のモデル化を行い、実験から得られた計測データと比較し妥当性の検証を行う。そして妥当性が検証された FEM モデルに、擬似的に損傷を作成しパラメトリックスタディを行い、得られた結果から動的増幅率の変化を検証する。

2. 実橋梁に対する振動試験

実験対象橋梁は、愛媛県四国中央市寒川町の市道江之元海岸線に架かる静進橋である。PC 桁の損傷が目立つ橋梁であり、定期点検では、静進橋の健全度の評価はグレード IV で最も厳しい評価とされている。図-1 に静進橋の外観を示す。本実験では車両走行試験とハンマー打撃試験の 2 種類の振動実験を行った。使用した計測器具は加速度センサとひずみゲージである。その結果は、主桁に設置したセンサで健全部と損傷部の比較を行ったが、打撃試験による応答加速度では、損傷による顕著な差は確認できなかった(図-2)。またフーリエ解析を行い損傷桁と健全桁の低次の固有振動数を比較したが、変化は見られなかった。一方、車両走行によって発生する振動では、損傷部の真上を走行した場合のみ、損傷部の応答加速度(図-3)と健全部の応答加速度(図-4)に差が出た。しかし、下流側やその他の荷重パターンでは、損傷部と健全部の差が出なかったため、偶発的に出た結果だと考えられる。次に、車両走行によるひずみ応答の結果は、損傷部の方が健全部よりも強い応答がみられた。また、損傷が激しい桁の方が全体的にもひずみが大きく、損傷がひずみに強く影響を与えた可能性が考えられ、また、動的増幅率も変化している可能性があると考えられるため検討を行った。



図-1 静進橋外観

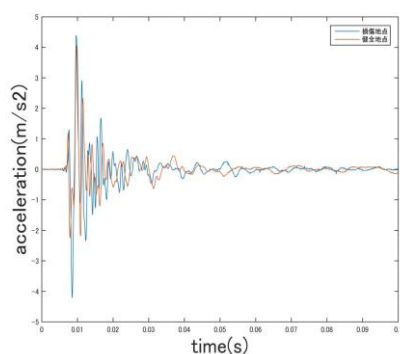


図-2 応答加速度の比較

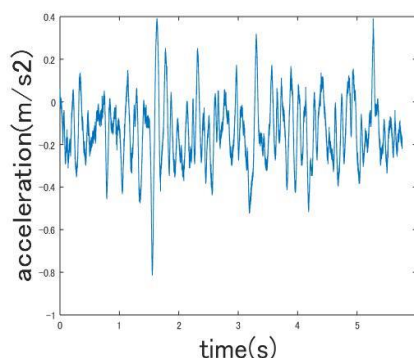


図-3 損傷位置の応答加速度

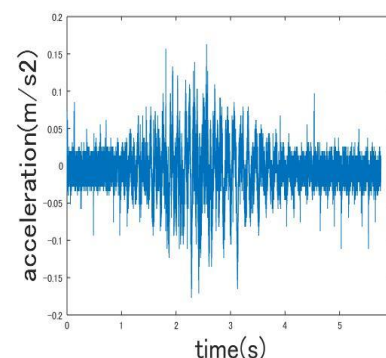


図-4 健全位置の応答加速度

3. 静進橋の FEM 解析

FEM 解析を使用したパラメトリックスタディを行う場合、使用する FEM 解析の妥当性の検証を行う必要がある。そこで、目視で確認可能な静進橋の損傷を再現し、その上で実験と同様の外力を与え解析を行い、実験結果と同様な結果が得られるか FEM 解析を用いて検証した。図-6 は静ひずみの比較であり、表 3.1 が 1 次の曲げの固有振動数を比較した結果である。このように本解析で使用した静進橋の FEM モデル(図-5)は、実験から得られた振動特性や動的応答を十分に再現できていると考える。

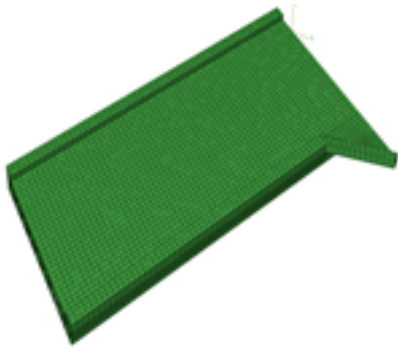


図 5 静進橋モデル

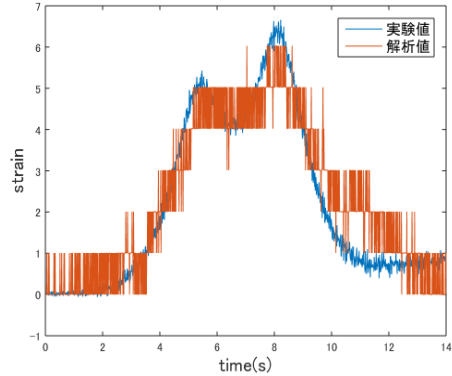


図 6 ひずみの比較

表 3.1 固有振動数の比較

	固有振動数
解析値	10.17Hz
実験値	9.76Hz
誤差	4.2%

4. パラメトリックスタディによる動的増幅率の検証結果

前項で妥当性が検証された FEM モデルを使用し動的増幅率の検証のためにパラメトリックスタディを行う。FEM モデルにおいて変化させるパラメータは、橋梁の路面凹凸と損傷の深さと発生位置である。路面凹凸は健全から 5 段階に劣化させた。モデルに与える損傷位置は実際の静進橋の損傷桁に 3 か所と橋梁の中央位置の計 4 か所であり、それに加えて桁全体の劣化を模擬した広範囲の損傷も作成した。損傷の深さは 30mm・60mm・90mm の 3 種類である。よってパラメトリックスタディに使用したモデルの数は損傷パターンが 15 あり、それに伴う舗装凹凸の段階が 5 種なので計 75 である。そのモデルに対し車両走行解析を行い、ひずみを 4 点取得し動的増幅率の算出を行う。車両走行に使用する車は HS20-44 トラックを 11 自由度系のモデルで再現している。用いる動的増幅率の評価式は、日本での評価でよく使用されている DAF と呼ばれる式(1)を使用した。その結果、最も路面の悪い状態の橋梁の中央位置の DAF は、健全時の DAF と比べ約 2 倍近くまで上昇し、測定点によっては約 3 倍になっていた。その結果を図-7 に示す。次に路面の劣化による変化(図-8)は、主桁の劣化に比べ DAF の変化は微小であり、路面形状の変化が DAF に著しい影響を与えていると考える。

$$DAF = \frac{y_{dy.max}}{y_{st.max}} \quad (1)$$

$y_{dy.max}$:最大動的ひずみ

$y_{st.max}$:最大静的ひずみ

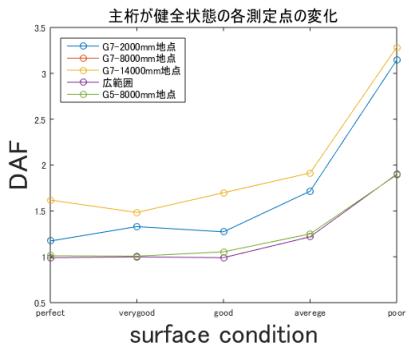


図-7 路面の劣化による変化

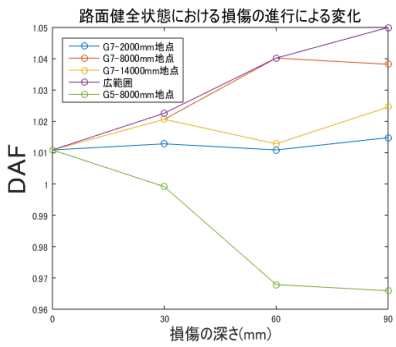


図-8 損傷の進行による変化

5. 結論

- (1) 橋梁に対し打撃試験と走行試験を行ったが、得られた応答加速度の計測値からは、損傷を同定することは難しい。ひずみについては、損傷地点ほど大きいひずみ応答が確認できた。
- (2) 路面凹凸や損傷を与えたモデルを使用したパラメトリックスタディにより、DAF の変化の検証を行った。その結果、損傷の進行よりも路面の劣化の方が DAF に大きく影響し、最も悪い路面の DAF は、健全時の DAF の 2 倍近くまで上昇することが検証された。