

I-403 橋梁構造物の損傷とその振動特性に関する一考察

名古屋大学 正 加藤 雅史
中部復建 正 ○田 中 信 治

1. まえがき

近年、橋梁構造物の診断が橋梁の分野における重要な課題となってきた。橋梁の維持管理を合理的に行っていくためには、老朽化や地震等によって受けた損傷の程度を評価・判定するとともに、補修・補強を施した場合にはその効果確認をする技術を確立することが必要である。

こうした橋梁の診断調査の1つとして、振動特性を用いる方法が考えられ、研究も進められている。特にコンクリート構造では、ひびわれ等の損傷の発生によりその剛性が大きく変化し得ることから、固有振動数等の振動特性を用いる方法が有効な手段となる可能性があると考えられる。

筆者らは、文献1)において橋梁構造物の破壊と固有振動数に関する実験結果を紹介した。この中で各実験により固有振動数の変化の様子が異なり、これは構造系の相違や曲げ破壊・せん断破壊の相違等が影響していると考えられた。そこで、本文ではコンクリート橋梁構造物を対象として、筆者らが行った実験および他の研究機関等で実施された実験の損傷と振動特性との関係を整理して、その一般的傾向を把握しようとするものである。

2. 実験事例

損傷と振動特性の関係を実験的に研究した事例としては、川人によるRC模型梁の実験、西村らの実在RC桁梁の実験および鋼格子桁模型の実験、筆者らの実在PCラーメン橋主桁の実験、尾坂らの実在RC立体2層ラーメンの実験、田辺らのRC立体2層ラーメン模型の実験、筆者らのRCアーチ模型の実験、中村らおよび平澤らのRC橋脚模型の実験、後藤らの実在RC橋脚の実験等がある。

これらの研究では、健全な状態から破壊に至るまでの各段階で振動特性を計測しているものもあれば、人為的に作成した損傷との関係を求めているもの等もある。振動特性については、固有振動数・減衰定数・振幅等の検討がなされている。

3. 損傷と固有振動数の関係

模型および実在橋梁の実験的研究事例を比較検討すると、損傷の程度をよく表す振動特性としては、まず第1に固有振動数があげられる。減衰定数については損傷とともに増大する傾向はみられるものの、その変化の程度および値のバラツキから未だ有効な指標とは言い難いと考えられる。

そこで、ここでは損傷と固有振動数の関係について考察を加える。一般的傾向を把握するためには、実験結果を同一の尺度で比較する必要があるため、比較可能な以下の事例を検討対象とした。

- 〔事例1〕 片持梁形式RC橋脚模型の振動台上で地震波加振による実験結果²⁾
- 〔事例2〕 片持梁形式RC橋脚模型の脚頭部で交番載荷による実験結果³⁾
- 〔事例3〕 実橋RC桁梁のスパン中央で静的載荷による実験結果⁴⁾
- 〔事例4〕 実橋PCラーメン橋主桁のスパン中央で静的載荷による実験結果⁵⁾
- 〔事例5〕 RC固定アーチ模型のスパン中央で静的載荷による実験結果¹⁾

事例1および事例2は片持梁形式の模型橋脚による実験例であり、これらの固有振動数の変化の様子を図-1に示す。図の縦軸は健全時の固有振動数を1.0とした振動数比、横軸は鉄筋の降伏時載荷荷重を1.0とした載荷荷重比である。

図より、載荷荷重が大きくなるにつれ固有振動数が低下する様子が見られる。事例1の方が事例2より振動数比の低下が少ないが、事例1は実験前の固有振動数が得られておらず、100 gal加振後の値を1.0として表示しているためで、初期状態ではもう少し固有振動数は高い値であったものと考えられる。したがって、

事例1の振動数比と載荷荷重比の関係は、事例2とほぼ同程度と見なすことができる。こうしたことから、実験事例によれば片持梁形式では降伏荷重時には固有振動数が健全時の50～60%に低下すると言えよう。

事例3、事例4および事例5の固有振動数の変化の様子を図-2に示す。図の縦軸・横軸は図-1と同様である。事例3は単純梁形式の実橋、事例4はラーメン形式の主桁実橋であり、事例5は固定アーチ形式の模型である。事例3は実橋で実験前より損傷が発生していたと考えられ、健全な状態の固有振動数はもう少し高かったと思われる。この点をふまえて図-2を見ると、降伏荷重時の固有振動数は健全時に比べて、固定アーチ形式では90%程度、ラーメン形式や単純梁形式では85%程度に低下すると思われる。

以上に示したような実験例の固有振動数の低下の違いは、構造系の相違による原因が大きいと考えられる。そこで、片持梁・単純梁・固定アーチ梁を簡単な11要素のビーム質点モデルにモデル化し、実験事例に合わせて片持梁では固定端の、単純梁・固定アーチ梁においてはスパン中央の1つの要素の剛性を徐々に低下させ、それに伴う固有振動数の変化を調べた。

この結果を図-3に示す。図の縦軸は健全時の固有振動数を1.0とした振動数比、横軸は対象とした1つの要素の元の剛性を1.0とした剛性比である。これより、固有振動数の低下の割合は片持梁が最も大きく、次いで単純梁、そして固定アーチ梁が最も小さい。この結果は実験事例に見られる傾向と一致しており、損傷に伴う固有振動数の変化は構造系の相違により大きく異なることが明らかである。

4. あとがき

以上の検討により、コンクリート構造物の損傷と固有振動数との関係について、その構造系の相違による一般的傾向を明らかにした。本検討にあたっては、参考文献に示す貴重な実験結果を利用させていただいた。

尚、他のRC橋脚の検討例については、当日発表する予定である。

【参考文献】

- 1) 加藤ら：橋梁構造物の破壊と固有振動数，土木学会第39回年次学術講演会講演概要（第1部），1984.10.
- 2) 中村ら：橋梁の耐震性に関する研究，昭和56年度日本道路公団試験所報告，1982.12.
- 3) 平澤ら：RC高橋脚モデルの損傷過程と振動特性に関する研究，土木学会論文集，No.372/V-5，1986.
- 4) 西村ら：既存橋梁の耐荷力評価とその検証に関する研究（上），橋梁と基礎，Vol.21，No.2，1987.
- 5) 加藤ら：PC橋梁の破壊に伴う振動性状の変化に関する実験的研究，土木学会論文報告集，No.341，1984.

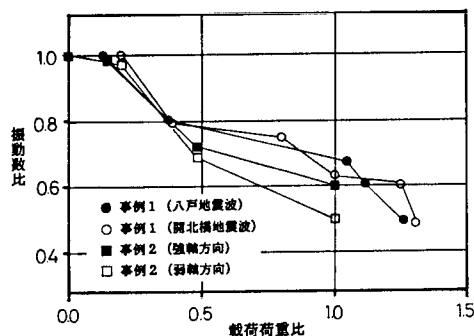


図-1 固有振動数の変化（事例1、2）

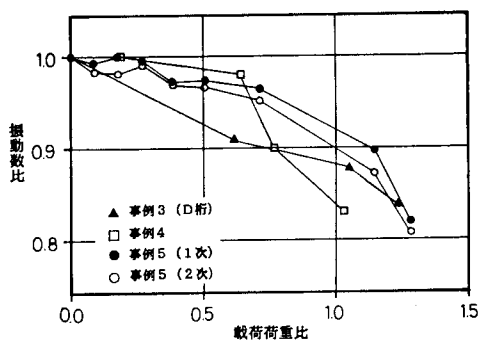


図-2 固有振動数の変化（事例3、4、5）

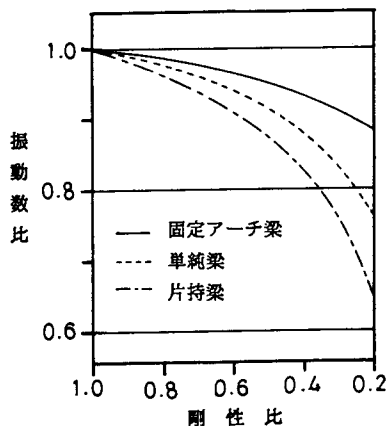


図-3 数値解析による固有振動数の変化