

劣化によるたわみの影響線の変化に着目した橋梁のヘルスマニタリング

宇都宮大学 学生員 ○武田龍國 フェロー会員 中島章典

1. はじめに

我が国の道路橋は、国土交通省の統計によると、支間長2m以上の橋が約70万橋存在し、現在建設後50年以上経過した橋が道路橋全体の約16%であるのに対し、20年後には約65%にまで増加することが示されている¹⁾。また、道路橋全体の9割以上が地方公共団体の管理下にあり、厳しい財政状況下でこれらの橋を従来と同様のサービス水準で維持するためには、効率的な維持管理が必要である。現在の橋梁の維持管理は、近接目視点検が中心であるが、人材・人手不足の問題などがあり、この維持管理方法では、前述の通り増加する老朽橋により、ますます財政状況は厳しくなるであろう。そこで、簡易で、定量的に構造物の劣化を診断できる方法の開発が必要とされている。その1つに、供用中の構造物において、変位や応力、振動など、構造物の実際の挙動により構造性能を診断する、構造ヘルスマニタリングがある。

橋梁における、構造ヘルスマニタリングの研究は数多くなされているが、その中では橋梁の振動特性に着目したものが多く、しかし、振動特性に着目した橋梁のヘルスマニタリングは、劣化による振動特性の変化が微小であること、劣化の有無を評価できたとしても、劣化箇所を特定することは難しいことなどにより、近接目視点検に代わるほどの方法の開発には至っていない。

そこで本研究では、振動特性よりも構造物の劣化に敏感に反応すると考えられる、橋梁のたわみに着目したヘルスマニタリング方法を考察する。

2. 劣化の評価

本研究で考察する方法は、劣化により生じるたわみの影響線の変化率に着目して、劣化箇所や劣化度を評価する方法である。まず、本研究における橋梁の劣化の取扱いについて考察する。橋梁の劣化には、鋼材の疲労や腐食、亀裂、コンクリート部材のひび割れ、浮き、剥離、遊離石灰など様々なものがあるが、ここでは、これらの劣化をヤング係数の低下や有効断面の欠損、つまり、曲げ剛性の低下として評価する。劣化により曲げ剛性が低下すると、たわみは大きくなる。ゆえに、たわみの影響線においては、劣化部のたわみが大きくなる。健全な状態のたわみの影響線と、劣化した状態のたわみの影響線とを比較し、その変化率を用いて、劣化箇所の特定や劣化度を評価する。ここで、劣化した状態のたわみの影響線と健全な状態のたわみの影響線の差を、健全な状態のたわみの影響線で除して、百分率表記したものをたわみの影響線の変化率と定義する。

3. 実験概要

上記の方法により、実橋梁モデルの解析を行ったところ、劣化を検出することができたので、簡単な実験を行い、実際に劣化を検出できるかを確認する。

実験で用いた試験体の概要を図-1に示す。図-1に示す通り、本実験では、平鋼からなる梁に別の鋼板をボルトを用いて取り付け、その状態を橋梁の健全な状態とし、鋼板を部分的に取り外すことにより、劣化を表現した。鋼板を取り外すことにより断面2次モーメントは51%減少する。図-1の側面図において、取り付け鋼板を、左より鋼板1、鋼板2のように表記することにする。本実験では、3通りの劣化パターンについて実験を行った。3通りの劣化パター

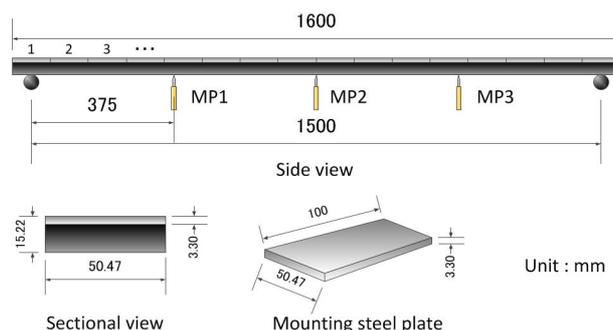


図-1 試験体概要図

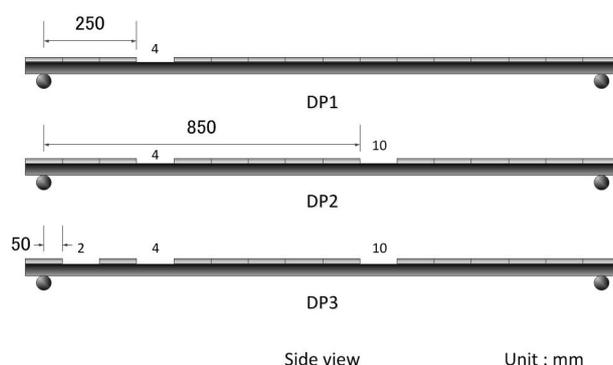


図-2 劣化パターン

ンは、鋼板4、鋼板4と10、鋼板2と4と10を取り外した状態とした。これを図-2に示す。この各劣化パターンにおいて、上記の方法を用いるため、支間1/4、1/2、3/4の箇所であわみを測定した。質量11.19kgの重りを図-1の側面図の左支点より、100mmの間隔で載荷し、測定点におけるたわみの影響線を得る。鋼板を取り外す前の健全な状態でのそれとを比較し、劣化箇所や劣化度を評価する。

4. 実験結果及び考察

(1) 実験結果

実験より得られた、たわみの影響線の変化率を図-3に示す。各劣化パターンについて、鋼板4を取り外したものをDP4(Degradation point 4)、鋼板4と10を取り外したものをDP410、鋼板2と4と10を取り外したものをDP2410と表記する。また、支間1/4点のたわみの測定点をMP1(Measuring point 1)、支間1/2点のたわみの測定点をMP2、支間3/4点のたわみの測定点をMP3とする。さらに、図-3において、劣化箇所を緑線で表記した。

(2) 解析結果と比較

図-3は全てのパターンにおいて、実験で得られた、たわみの影響線の変化率のピーク箇所が、おおよそ劣化箇所と一致していることを示している。しかし、図-3-aや図-3-bにおいて、DP4付近の変化率のピークが劣化箇所からずれている。この原因を考察するため、試験体と同様のモデルで解析を行った。解析より得られた、たわみの影響線の変化率も図-3に示す。図-3は、解析結果と実験結果の傾向が一致していることを示している。また、解析結果は、たわみの影響線の変化率のピーク箇所が全て劣化箇所と一致し

Key Words: 構造ヘルスマニタリング, たわみ影響線

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6208

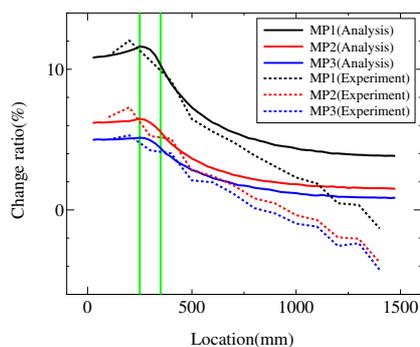


図-3-a DP4

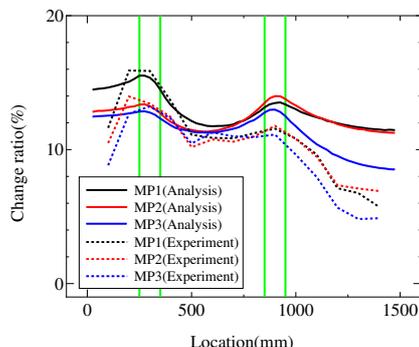


図-3-b DP410

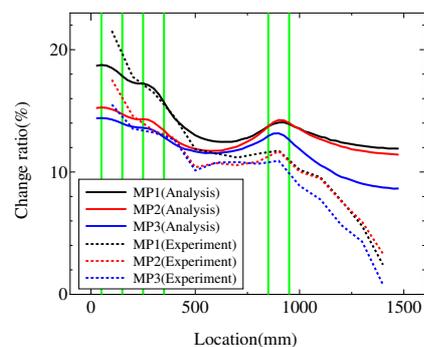


図-3-c DP2410

図-3 各劣化パターンにおけるたわみの影響線の変化率 (51%劣化)

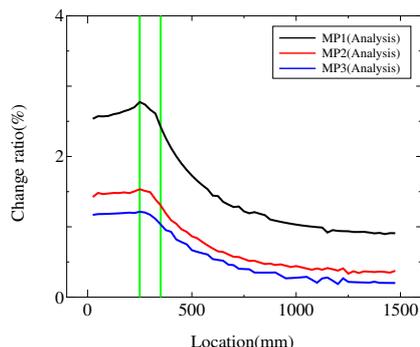


図-4-a DP4

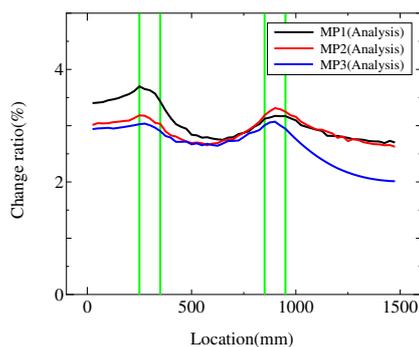


図-4-b DP410

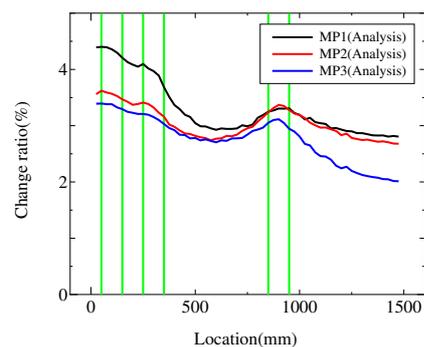


図-4-c DP2410

図-4 各劣化パターンにおけるたわみの影響線の変化率 (20%劣化)

ている。ゆえに、上述のたわみの影響線の変化率のピーク箇所が劣化箇所からずれることは、実験の誤差によるものであると考えられる。

(3) 考察

本実験では、たわみの影響線の変化率により劣化を検出することができた。劣化度の評価に関しては、下記に述べる。

図-3は、劣化により近い測定点の方が、劣化をより正確に捉えていることを示している。例えば、図-3-aは、DP4が劣化箇所(250~350mm)なので、劣化箇所にもっと近い測定点である、MP1(375mm)の変化率の方が、他の測定点のそれより大きく表れている。さらに、劣化箇所より遠い測定点の変化率は全体的に小さくなっている。また、図-3-bのMP1に着目すると、MP1(375mm)はDP10(850~950)よりDP4(250~350mm)の方に近いので、DP4付近のたわみの影響線の変化率がDP10のそれより大きくなっている。反対に、梁中央の測定点MP2(750mm)はDP4よりDP10の方に近いので、DP10付近のたわみの影響線の変化率が大きくなっている。しかし、図-3-cでは、MP1はDP2(50~150)よりDP4に近いにも関わらず、DP2のたわみの影響線の変化率が大きくなっている。これは、梁の端部のたわみの影響線の変化率が、他の箇所より大きく劣化に影響されることに起因すると考えられる。

以上より、理論的には、たわみの影響線は1か所を測定するだけで劣化を捉えることができるが、複数の測定点において測定することで、より劣化箇所の特定の信頼度が上がる。ゆえに、実橋梁においては、複数箇所であらためてたわみを測定することが望ましい。

5. 劣化度が低い場合の解析結果

上述の実験では、たわみの影響線の変化率により劣化を検出することができたが、劣化度が51%と高く、実橋梁では相当な劣化として捉えられると考えられる。そこで、本実

験の試験体を20%劣化させたモデルを作製し、解析を行った。その結果を図-4に示す。図-4は、劣化度が小さくなっているため、誤差の影響を大きく受け、グラフが滑らかではない。しかし、劣化度が20%のモデルにおいても、たわみの影響線の変化率により劣化を検出できる可能性を示している。また、図-3と図-4を比較すると、全体的な傾向は、劣化度が変化しても変わらない。ゆえに、実橋梁で劣化度を評価する際には、測定されたたわみの影響線の変化率と、解析でのそれとを合せることにより、劣化度をおおまかに評価することができると考えられる。さらに、図-3より、解析と実験のたわみの影響線の変化率は同程度であったため、試験体を20%劣化させた実験においても、図-4と同程度の変化率の結果が得られると考えられる。

6. まとめ

本研究より、たわみの影響線の変化率により劣化を評価する方法の基礎的な検討を行った。しかし、実橋梁への応用には様々な課題がある。実橋梁において、どの程度の劣化度が危険であるか、また、本研究で考察した方法では、健全な状態のたわみの影響線のデータが必要であるが、一般には実橋梁におけるそのデータを得ることが困難であることなどが挙げられる。橋梁の劣化度の定量評価は、設計の側面により検証していく。また、実橋梁の健全な状態でのたわみの影響線のデータは、入手できない場合もあるため、一定年毎に測定を行うか、得られたデータを解析的に処理し劣化を評価する方法を検討している。さらに、本研究ではじめに述べたが、この方法は劣化を定量的には評価できていない。変化率を見てやはり人が劣化を判断しなければならない事も課題である。

参考文献

- 1) 鋼構造委員会幹事会: 土木学会平成27年度全国大会 研究討論会 研一19 試料 鋼橋の点検・診断資格の課題と展望, pp.1, 2015.9.