

一般走行自動車の重量とひずみの関係を用いた橋梁の損傷判定の試み

茨城大学工学部 正 会 員 原田 隆郎
 茨城大学工学部 フェロー 横山 功一
 都市開発設計（株） 吉沢恵利子

1. はじめに

道路事業の進展に伴い、現在までに 65 万橋をも超える橋梁が架設されてきた。しかし、これらの橋梁の中には、大型車両による繰り返し荷重等により、損傷が顕在化しているものも含まれている。特に、大型車両の通行台数が多い道路では、橋梁の損傷を受けるケースが多くなっている。そのため、必要に応じて劣化損傷対策として、桁増設や床版増し厚の実施及び過積載車両の規制強化が図られている。また、橋梁にひずみ測定装置を取り付け、アプローチにおける車両重量計による自動車データとともに、橋梁の動的応答の自動計測が行われている。

そこで、本研究では、そのようなモニタリング橋において観測されている通過車両の諸元（重量・軸間距離）と橋梁各部の応答のデータを用い、自動車もたらす繰り返し動荷重と応答との関係を明らかにすることにより、橋梁の損傷判定法を提案する。

2. 長期モニタリングの概要

現在、モニタリング橋では、直近の道路部に通過車両重量計測装置が取り付けられ、通過車両の速度や車軸数、総重量などが計測されているとともに、橋梁部には動ひずみ計測装置が取り付けられ、橋梁の動的応答の自動計測が行われている（図-1）。なお、モニタリング橋の諸元を表-1に示す。

3. 車両の総重量と最大ひずみの関係

本研究ではモニタリング橋を通過する車両の諸元と橋梁応答を対応させ、車両重量と最大ひずみの関係を分析した。まず、取得された車両重量 25 t 程度の大型車が単独で橋梁を通過した際に生じた G2 桁の最大ひずみデータを用い、車両の総重量との関係を分析した（図-2）。この分析結果から、最大ひずみの値は $50\mu\text{st}$ ～ $125\mu\text{st}$ と大きく変動しており、車両の総重量と最大ひずみの相関は低いことが分かった。この原因として以下が考えられる。

① 測されているひずみは、動的成分を含んでいる。そのため、ひずみの最大値は車両の静的載荷で生じる静的ひずみとは異なる。通常、車両が通過する際には走行車両の振動のため、動的成分を含んだひずみが生じるが、エアサスペンション車¹⁾のように振動が少ない車両に関しては動的成分をほとんど含まないひずみが生じる（図-3）ことから、このようなひずみの違いが図-2の車両の総重量と最大ひずみとの関係のばらつきに影響していると考えられる。

② 一方、車両は総重量が同じであっても車長や軸の配置が異なるため、橋梁に対する荷重効果には相異がある。この車両構造の違いが図-2に示すばらつきに関係していると考えられる。

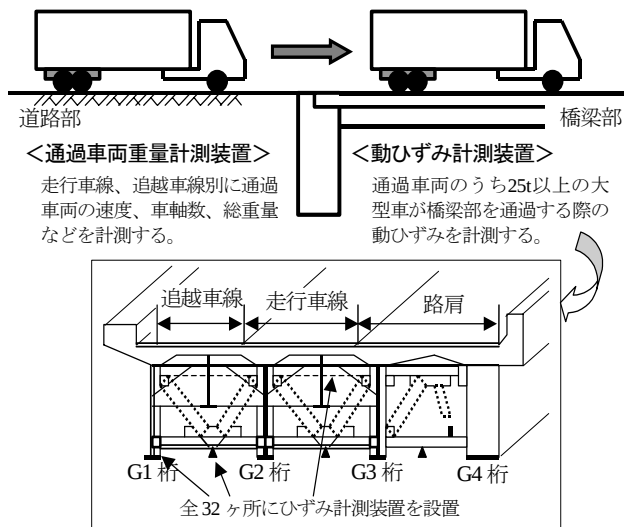


図-1 車両重量および動ひずみ計測概要

表-1 モニタリング橋の諸元

形式	床版連結合成鋼桁 3 連
橋長	86.00 m
支間長	2@29.35 m + 24.4 m
全幅員	12.6 m (3.6+3.5+3.5+0.75)
主桁本数	4 本 (内拡幅桁 1 本)
設計活荷重	TL-20

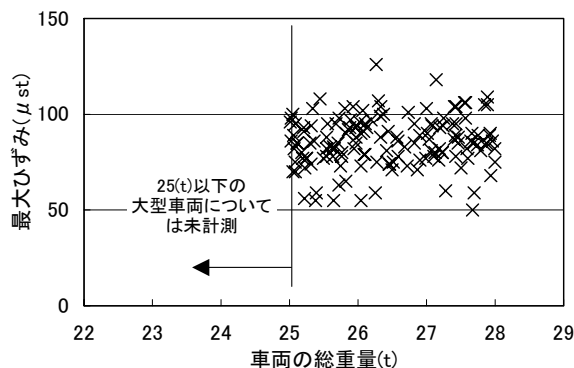


図-2 車両の総重量と最大ひずみの関係

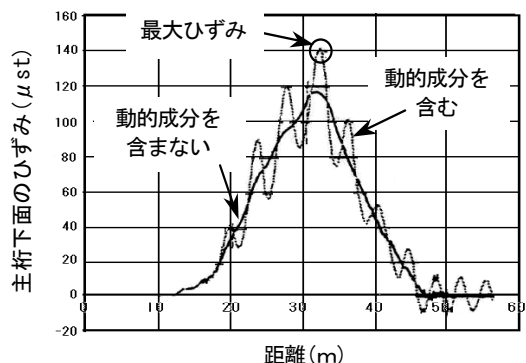


図-3 静的状態と動的状態でのひずみの違い

キーワード：橋梁、損傷判定、モニタリング、車両重量、ひずみ

連絡先：〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1 TEL：0294-38-5172 FAX：0294-38-5268

4. 改善方法と結果

3. で述べた原因を改善する方法として、①最大ひずみ、②車両の総重量、③車両の走行速度について検討を行った。以下では、それぞれの改善方法について説明する。

①最大ひずみに関する改善

計測ひずみには、自動車が通過することによって生じるひずみに動的成分が含まれていたため、計測されたひずみデータを移動平均法によって平滑化を行うことにより、動的成分を除去することとした。本研究では、式(1)を用い移動平均計算を行った。ただし、 x_i : 計測ひずみ、 X_i : 静的ひずみ、 i : 時刻である。

$$X_i = \frac{1}{4}x_{i-1} + \frac{1}{2}x_i + \frac{1}{4}x_{i+1} \quad (1)$$

また、移動平均法による繰り返し計算は、 $n-1$ 回目と n 回目の動的ひずみ値の差が ± 1.0 以下になるまで実行し、その時のひずみを静的ひずみと見なした。

②車両の総重量に関する改善

最大ひずみと車両の総重量の関係がばらつく原因として、モニタリング橋を通過する大型車の車長や軸配置を挙げた。モニタリング橋を通過する大型車は3軸車から6軸車であり、このような車両は橋梁に多軸荷重として載荷され、ひずみを生じさせる。そこで、多軸荷重によって生じるひずみと同等のひずみ

を生じさせる集中荷重を“換算総重量”とし、式(2)により算出した。ただし、 ε_1 : 連行荷重での最大ひずみ、 ε_2 : 集中荷重 $x(t)$ での最大ひずみ、 X : 換算総重量(t)である。

$$X = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} * x \quad (2)$$

③車両の走行速度に関する検討

ここでは、車両の総重量や走行速度が計測データである静的ひずみや動的ひずみにどのような影響を及ぼすのかについて調査した。その結果、車長、車軸配置がほぼ同じで、車両の総重量を 25 t と統一した場合において、走行速度が上がるとひずみは小さくなる傾向が現れた。これらの結果に基づき、速度による影響をなくすため、速度別の静的ひずみと換算総重量の関係の導いた。

以上の検討結果を踏まえ、速度 60km/h で走行した車両の換算総重量と G2 桁で発生した静的ひずみとの関係を図-4 に示す。この結果より、以上で示した改善方法により精度の高い関係式が得られた。

5. 新しい損傷判定法

これまでの分析結果をもとに、本研究では静的ひずみと換算総重量の関係を利用して、橋梁の損傷判定法を提案する。すなわち、速度 60km/h で走行した車両に対する損傷判定基準線（図-5）を提案した。この基準線は各主桁ごとに定めた。損傷判定としては、60km/h で通過した車両により発生するひずみが基準線から大きく離れている場合には橋梁に損傷があると考え、発生したひずみが基準線上にあることを確認できれば損傷はないと考えることとした。また、どの主桁に発生したひずみが基準線から一番離れているかによって損傷が大きい桁を予測することができる。また、損傷の有無の確認後、桁に生じている損傷の程度の把握については、図-6 に示される今までに行われてきた補修経緯とその際に生じている応力²⁾との関係から損傷の程度を推定することが可能であると考えられる。

6. おわりに

本研究の解析結果より、一般走行車両の走行速度別に移動平均法によるひずみの平滑化と影響線を用いた総重量換算計算を行うことで、ひずみと車両重量の関係が得られた。これにより、桁別のひずみと車両重量の関係を定義した橋梁の損傷判定法として活用できると考えられる。

【謝辞】

本研究を実施するにあたり、日本道路公団東京管理局千葉管理事務所より各種データをご提供いただいた。ここに、謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 社会法人日本建設機械化協会：改良型エアサスペンションの動的輪荷重低減効果に関する調査，1998.11
- 2) 長江進：京葉道路の維持管理－橋梁老朽化に伴うモニタリング橋梁の長期監視調査，第1回鋼構造物の維持管理に関するシンポジウム資料集，pp.39-47，1999.7

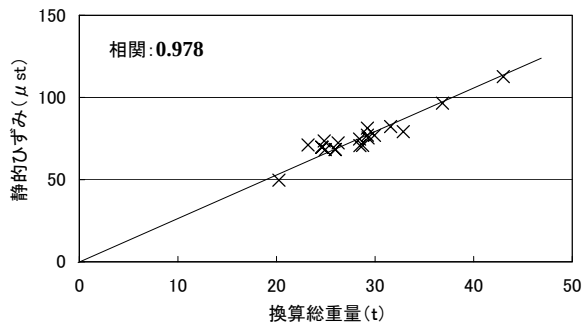


図-4 静的ひずみと換算総重量の関係（60km/h）

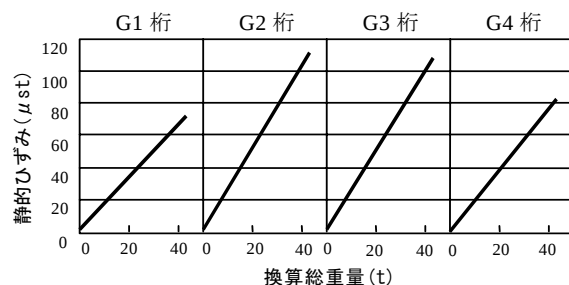


図-5 損傷判定基準線（60km/h）

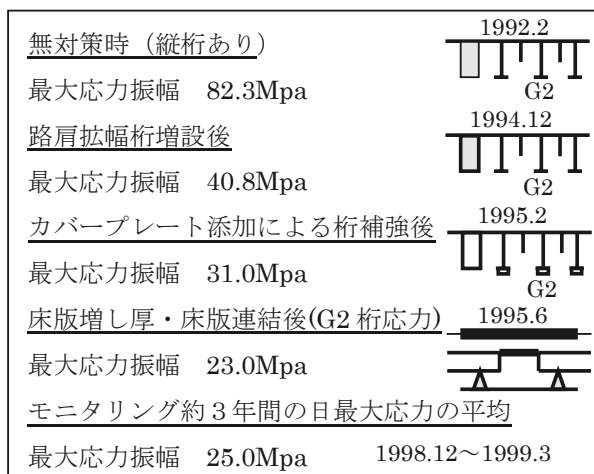


図-6 補修・補強と発生応力の経緯