

鋼床版道路橋における大型車交通量と疲労損傷の検討

○中央大学 学生員 斉藤 萌子
中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. 研究背景

わが国では、高速道路整備が高度経済成長期に集中的に行われてきた。そのため、開通後 30 年以上経過している高速道路延長は約 4 割に上る。中でも首都高速道路においては、開通から 30 年以上経過した路線が約 6 割に達している。

このような高速道路の高架橋において床板における疲労亀裂や桁などに発生するひび割れなどの疲労損傷の事例が数多く報告されている。複雑な形状の構造物が多く、交通量も多い首都高速において、これらの損傷を補修することは容易ではない。

また、図-1¹⁾ に示す大型車交通量の比較から、首都高速における 1 日当たりの大型車の交通量は、地方道や他の高速道路の交通量に比べてはるかに多い値となっている。首都高速のこのような過酷な使用状況は損傷の原因として問題視されている。

2. 研究目的

さまざまな疲労損傷の事例が報告されるなか、鋼床版橋梁における疲労損傷ではデッキプレートと U リブ溶接部の疲労損傷亀裂(以下、デッキ貫通亀裂)が最も多い。首都高速では平成 13 年に初めて報告された。デッキ貫通亀裂は、図-2²⁾ に示すように鋼床版橋梁のデッキプレートと U リブの溶接部で発生しやすい。特に輪荷重が常時裁荷される位置直下の溶接部ではその傾向は顕著に表れる。また、デッキ貫通亀裂は目視で確認できる変状が表れた段階では、損傷はかなり進行している。最終的に突然の路面陥没や舗装の破損が生じ、車両の走行安全性に深刻な悪影響を及ぼす可能性があり、非常に危険性が高く、着目すべき損傷である。

そこで、本研究では鋼床版道路橋における、大型車交通量と疲労損傷の発生傾向の関連性について解析的検討を行う。

3. 解析方法

本研究は、スパン長 30m の道路橋とし、大型車交通量の違いが疲労損傷にどのような影響を及ぼすかを検討する。研究対象とする橋梁は首都高速道路の中でも大型車交通量の多い湾岸線の辰巳 JCT～新木場 IC を採用する。また、橋梁の種類は鋼床版箱桁橋を使用する。

3.1 活荷重シミュレーション

図-3 に示すフロー図に従ってプログラムを組む。ランダムに発生させた 8 種類の車両を弱点と考えられる点に通過させ、荷重を載荷させる。この際、荷重は車重を車軸に分けて載荷させる。そして応力への変換は橋梁工学(鋼床編)第 4 版にて定められている T 活荷重の車道部分への負荷方法を用いる。

また、不規則要因として、車種、車重、車長、大型車混入率が挙げられる。これらの条件は既存の研

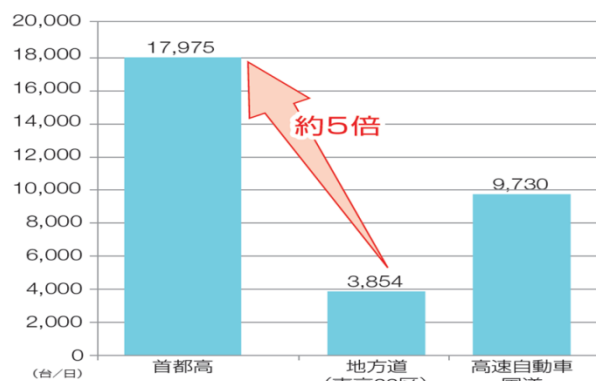


図-1 大型車交通量の比較
(2010 年時点)

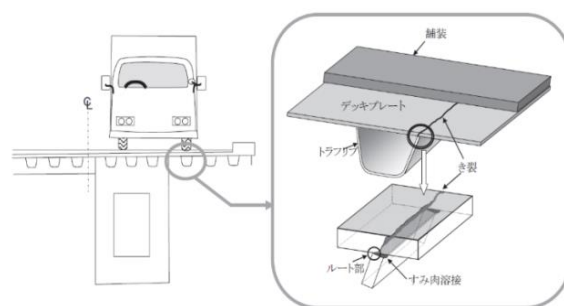


図-2 デッキ貫通亀裂の発生位置

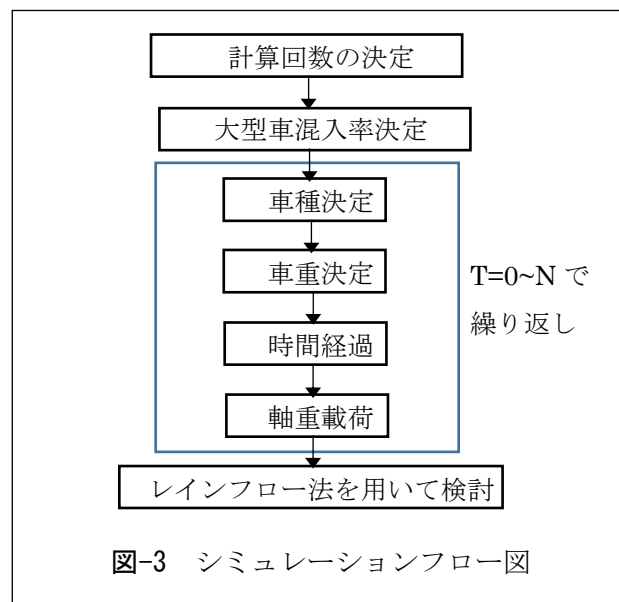


図-3 シミュレーションフロー図

究³⁾

から得られた数値を採用する。

交通量は時間帯によって偏りがあると推測する。そこで、本研究では渋滞時を想定してシミュレーションを行う。したがって車間距離は 2m とし、車両

の走行速度は時速 10km とする。

3.2 レインフロー法

活荷重シミュレーションによって得られた結果の検討にレインフロー法を採用する。レインフロー法とは、図-4 に示すように横軸に応力、縦軸に時間をとる時系列波形を用いて、応力の発生回数をカウントするアルゴリズムである。小ささまざまな大きさで発生する応力振幅であるが、小さい応力は大きい応力に吸収して考えられるサイクルカウント法である。

4. 疲労寿命評価

疲労寿命評価の方法として、鋼構造物の疲労設計指針・同解説⁴⁾では、橋軸直角方向の位置*i*としたときの疲労損傷比を求める式(1)が提案されている。

$$D_i = \frac{ADTT}{C_0} \Delta\sigma_i^3 p_i \quad (1)$$

ADTT：日平均大型車交通量(台)

C_0 ： 2.25×10^{12}

$\Delta\sigma_i$ ：応力範囲

p_i ：相対頻度

ここで、走行位置 *i* の相対頻度 p_i は、正規分布に従うものとする⁴⁾。

5. 結果

活荷重シミュレーションの解析結果を表-1 に示す。これは、応力を 10N/mm^2 ごとに区切って、繰返し数をカウントしている。また、それらは3つの大型車混入率ごとに分けて、示されている。この結果を見ると、大型車混入率が高いほど、大きな応力範囲での繰返し数が少なくなっているが、これは大型車のサイズそのものが大きいため、一定時間内の車両通行数が少なくなることを反映した結果となっているものと思われる。

この結果を用いて疲労寿命評価を行った結果を表-2 に示す。これは、一般的な常識とは一致していないため、今後、大型車混入率の高い交通路と低い交通路での車両通行数などの条件も併せて再検討する予定である。

6. まとめと今後の課題

今回得られた結果は、大型車の交通量と疲労の発生確率は相関関係にあると自分が予想していたものと異なるものとなった。したがって、大型車の交通量が多いことが必ずしも橋梁の壊れやすさに繋がるとは言えない。

今後は、今回の研究対象とした首都高速湾岸線だけでなく、他の路線も対象としてシミュレーションを行っていくこと。また、橋梁の種類を鋼床版箱桁橋としたが、他の種類の橋梁についても同様に検討を行う必要があると考える。

また、首都高速道路で多く発生している他の疲労損傷事例についても、シミュレーションを行い、橋

梁全体の壊れやすさについても検討したいと思う。

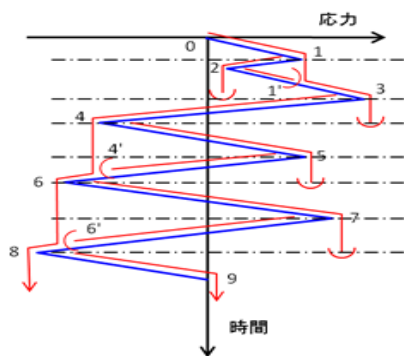


図-4 レインフロー法

表-1 解析結果

大型車混入率		32.50%	40%	60%
応力(Min)	応力(Max)	繰返し数		
0.00E+00	1.00E+01	0	0	1
1.00E+01	2.00E+01	16	16	1
2.00E+01	3.00E+01	107	125	41
3.00E+01	4.00E+01	0	0	0
4.00E+01	5.00E+01	0	0	0
5.00E+01	6.00E+01	31	58	68
6.00E+01	7.00E+01	0	0	0
7.00E+01	8.00E+01	0	0	0
8.00E+01	9.00E+01	0	0	0
9.00E+01	1.00E+02	0	0	0
1.00E+02	1.10E+02	10	19	120
1.10E+02	1.20E+02	0	0	0
1.20E+02	1.30E+02	0	0	0
1.30E+02	1.40E+02	128	132	58
1.40E+02	1.50E+02	0	0	22
1.50E+02	1.60E+02	0	0	16
1.60E+02	1.70E+02	2	8	4
1.70E+02	1.80E+02	0	0	0
1.80E+02	1.90E+02	0	0	0
1.90E+02	2.00E+02	60	75	44
2.00E+02	2.10E+02	1857	1774	1620
総繰返し数		2211	2207	1996
等価応力範囲		1.97E+02	1.94E+02	1.95E+02

表-2 疲労寿命評価

大型車混入率	32%	40%	60%
位置 <i>i</i> における1日あたりの疲労損傷比	0.002026	0.001963	0.001968
年当たりの累積疲労損傷比	0.739368	0.716362	0.718353
寿命(年)	1.352507	1.395943	1.392074

参考文献・出典

- 1) 首都高速道路株式会社：首都高速道路の現状
- 2) 日本橋梁建設協会：国土技術政策総合研究資料 第 471 号，2008
- 3) 秋山慎一郎：交通渋滞が疲労設計荷重・同時載荷係数に及ぼす影響，2012
- 4) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，2012 年改定版