

大阪大学大学院 学生員 神原康樹

大阪大学工学部 正 員 松井繁之
(株)リクルート 宮田珠己

1. まえがき 橋梁の疲労照査は設計上の重要な1項目である。道路橋の場合、自動車は橋面上を任意の組み合わせで任意の位置を走行するため、自動車重量の分布特性がわかっても、それからある着目点の応力頻度分布に直接変換するのは簡単でない。筆者らはシミュレーション解析によって自動車の連行や並走の影響を考慮した応力ピーク値の頻度分布について研究を行ってきた(土木学会第40回年次講演会I-156)。さて、疲労効果は応力振幅で評価するのが一般的であるため、今回、レインフロー法によって応力振幅をカウントする自動車荷重走行シミュレーション解析プログラムを作成した。ここでは、連行や並走の影響を評価するとともに、自動車重量特性・車種別混入率・走行車線数・交通量の違いが橋梁部材の疲労寿命に与える影響度について比較検討した。

2. シミュレーション解析方法 モンテカルロ・シミュレーションによって、交通流の条件に合う自動車荷重列を作成し、着目部材の影響面上を短い時間間隔で移動させ、応答値時系列を計算する。この時系列から振幅度数分布をレインフロー法によってもとめる。

3. 計算ケース 自動車を13車種に分類し、車種別重量特性・車種別混入率は、それぞれ阪神高速道路・阪堺大橋の2橋、および、阪堺大橋・松葉跨線橋の2橋での実測結果(表-1)を用いた。その他の交通流パラメータも既存の実測結果である。対象橋梁は松葉跨線橋(支間24.234m 幅員11.25m 3車線4本主桁単純活荷重合成桁)で、外桁の支間中央の下フランジの疲労に着目した。計算ケースを表-2に示す。ただし、比較を容易にするため同じ車線には同じ荷重列を載荷させるものとした。交通量は基本として1車線当たり600台/hとし、5時間のシミュレーションを行った。結果の1例として、計算ケース①～④のひずみ振幅度数分布を図-1～

4に示す。第1車線だけ走行した場合には分布形状に違いがみられるが、他の場合はほぼ同様の分布形状を示した。

4. 考 察 ひずみ振幅度数分布図からは差異を明確に評価できないため、現行示方書のT20のトラック1台が第1車線を走行したときのひずみ(108.97 μ)を基準とした等価回数(Neq)を求め、ケース①に対する等価回数比(Neq比)で評価することにした。また、第1車線を走行した自動車の重量度数分布から20tトラックを基準とした重量等価台数(Weq)と重量等価台数比(Weq比)についても求め、Neq比と比較した。このWeq比は自動車走行の影響を受けない場合の等価回数比に相当する。これらの全結果、および最大ひずみ振幅を表-3に示す。表-3から次のようなことが考察できる。

表-1 車種別重量特性・車種別混入率

車 種	分布形	車種別重量特性				車種別混入率	
		阪神高速道路		阪堺大橋		阪堺大橋	松葉跨線橋
		μ	σ	μ	σ		
乗 用 車	LOG	1.37	0.40	1.37	0.34	0.4880	0.7073
小型トラック2軸	LOG	3.00	0.88	3.00	0.88	0.0635	0.0743
中型トラック2軸	LOG	4.99	3.23	4.97	2.99	0.0635	0.0744
大型トラック2軸(空)	NOR	8.41	3.02	7.64	2.13	0.0780	0.0411
" (積)	LOG	13.09	3.60	22.20	8.00	0.0820	0.0411
大型3軸A(空)	NOR	14.42	2.96	11.51	2.11	0.0765	0.0196
" (積)	LOG	25.20	8.59	37.00	11.00	0.0765	0.0196
大型3軸B(空)	NOR	12.61	3.22	11.51	2.11	0.0130	0.0077
" (積)	LOG	17.57	4.19	39.00	11.00	0.0130	0.0077
トレー4軸(空)	NOR	13.87	3.29	13.67	2.97	0.0130	0.0018
" (積)	LOG	26.81	8.98	49.00	24.00	0.0130	0.0018
トレー5軸(空)	NOR	19.47	3.48	13.67	2.97	0.0100	0.0018
" (積)	LOG	43.89	12.66	49.00	24.00	0.0100	0.0018

※LOG=対数正規分布 NOR=正規分布

表-2 計算ケース

ケース	自動車重量	車種別混入率	走行状態	時間交通量
①	阪神高速道路	阪堺大橋	第1車線 非連行状態	600
②	"	"	第1車線 自由走行	"
③	"	"	第1車線 自由走行	"
④	"	"	第2車線 自由走行	"
⑤	"	松葉跨線橋	全車線 自由走行	"
⑥	阪堺大橋	阪堺大橋	"	"
⑦	阪神高速道路	"	第1車線 自由走行	400
⑧	"	"	第2車線 自由走行	"
⑨	"	"	"	800

※第1車線=着目桁上, 第2車線=中央車線

1)連行の影響 計算ケース①②を比較すると、Neq比、最大振幅ともほぼ等しい。これは橋梁支間が24m程度であるため、大型車2台が橋梁上に載る確率が少なく、たとえ載っても1台は端部に載るため、応答値の大きな増加がなかったことによる。しかし、支間長が大きくなれば大型車連行の影響は大きくなると考えられる。

2)並走の影響 計算ケース②③④を比較すると、Neqに対しては多車線走行による並走の影響の大きいことが理解できる。一方、最大振幅は増加していない。このことから、最大振幅は1台の重量車によって決まると思われる。さて、2車線走行から3車線走行になってもNeq比は4%しか増加せず、第3車線目の影響は非常に小さいと考えられる。

3)車種別混入率の影響 計算ケース④⑤を比較すると、Neq比は大型車混入率の大きい④が⑤の約3.6倍にもなった。また、Weq比も同様の傾向を示している。一方、最大振幅は1.2倍程度しか増加していない。このことから、車種別混入率の違いは疲労寿命に大きな影響を与えることがわかる。最大振幅値からはこの影響を十分に評価できない。

4)車種別重量特性の影響 計算ケース④⑥を比較すると、Neq比は重量の大きい⑥が④の約3.2倍にもなっている。また、Weq比も同様である。したがって3)と同様、重量の大きい車両が現れる確率が高いほど飛躍的に疲労の危険性が増すことが理解できる。ここでも、最大振幅値はこの傾向を十分に表していない。

5)時間交通量の影響 計算ケース③⑦⑧を比較しても、Neq比における差異は見られなかった。これも1)と同様の理由によると思われる。

5. 結 論 以上から、同一の自動車荷重分布をもつ荷重下でも車線が複数になると、疲労に対して並走の影響の大きいことが明確になった。

今回の橋梁では支間長が短かいため連行の影響は現れなかったが、支間長が長くなれば、この影響は大きくなるものと予想される。また、車種別混入率は疲労に対して大きな影響因子であることがわかった。

最後に、疲労安全性評価には今回のようなシミュレーション解析が有効な手段であるといえる。

表-3 計算結果

ケース	Neq	Neq比	Weq	Weq比	最大振幅 ($\times 8.415 \mu$)
①	861.0	1.00	1097.8	1.00	31
②	824.7	0.96	〃	〃	32
③	1019.0	1.18	〃	〃	32
④	1052.1	1.22	〃	〃	32
⑤	291.7	0.34	281.1	0.26	26
⑥	3357.4	3.90	3355.3	3.06	46
⑦	1020.0	1.18	1097.8	1.00	33
⑧	1025.8	1.19	〃	〃	38

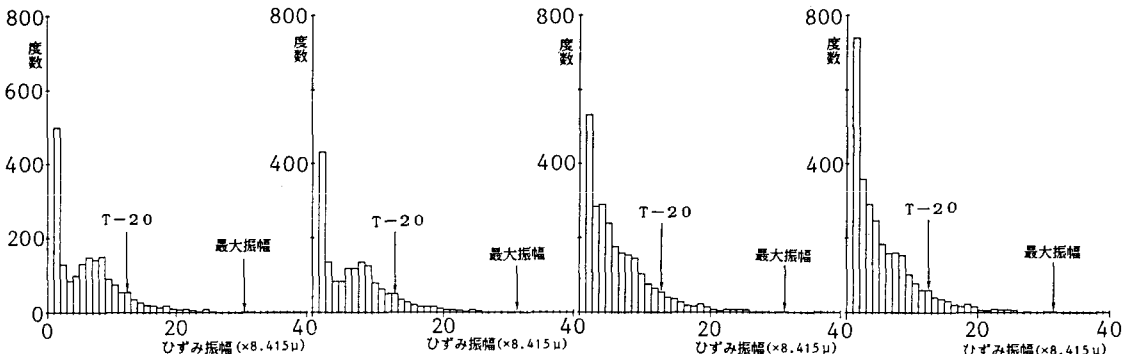


図-1 計算ケース①

図-2 計算ケース②

図-3 計算ケース③

図-4 計算ケース④