

I-228

疲労設計荷重に着目した鋼橋の長期応力計測

阪神高速道路公団 正員 西林 素彦
同 上 正員 中村 一平
三菱重工業(株) 磯田 厚志
同 上 岩本 洋一

1. はじめに

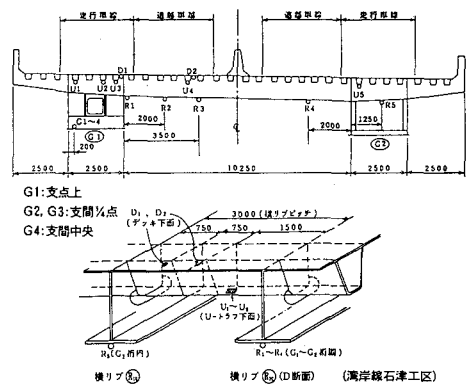
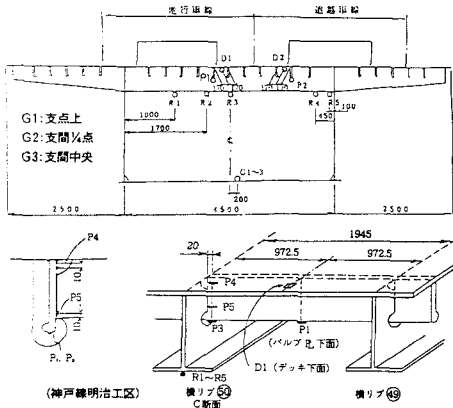
都市内高速道路の鋼橋においては、設計段階での疲労の考慮が望まれているが、荷重形態は多種多様であり、疲労設計上重要となる応力変動量及びその頻度の特定化は、鉄道橋と比べはるかに難しい。そこで、阪神高速道路の標準的な鋼床版桁橋2橋を対象として、主要部材の3ヵ月間の応力頻度計測を実施し、現状の把握、設計値との比較を行うとともに、合理的な疲労荷重の設定に関して検討を加えるものである。

2. 実働応力頻度計測の概要

計測は、以下に示す構造の異なる2種類の3径間連続鋼床版桁橋を対象とした。

- (1) 3号神戸線明治工区（以下神戸と記す）：1ボックス片側2車線。縦リブはバルブプレートタイプ。交通量が多く、供用後25年経過し、補修歴がある。平成5年9月～12月に計測。
- (2) 4号湾岸線石津工区（以下湾岸と記す）：2ボックス上下4車線。縦リブはUトラフタイプ。湾岸線の標準的な構造で、供用直後の平成5年11月～6年2月に計測。

計測機器としてヒストグラムレコーダーを用い、レインフロー法により、応力振幅、平均応力値とその頻度を計測した。計測位置は、図-1の主桁系と床組系の部位とした。なお、応力値影響線の把握等を目的として頻度計測の直前に20t車1台による載荷試験を行っている。



3. 計測結果

図-1 応力頻度計測位置

図-2に、頻度分布の実測結果の一例を示す。神戸における最大応力範囲は、主桁で713kg/cm²、横リブで778kg/cm²、縦リブで1,297kg/cm²、床版下面で973kg/cm²となった。湾岸でも同様の値となったが、供用直後で交通量が少ない状態での計測であるので、今後交通量が安定すれば異なる値を示すものと思われる。

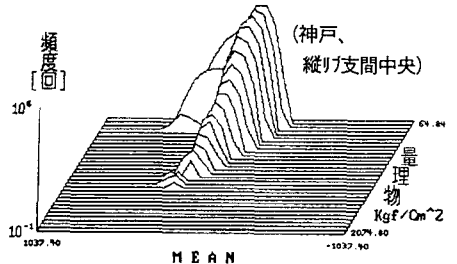


図-2 応力頻度分布出力例

4. 実測応力度と設計応力度との比較

表-1および2に、最大応力範囲の実測値と当該設計荷重による設計時の計算値を、それぞれ主桁系と床組系に対して示す。主桁系に関しては、全般的に実測値が設計値よりかなり小さく、余裕のある応力状態で

ある。湾岸は特に差が大きいが、これは TT-43荷重を適用していることと、大型車交通量がまだ少ないことに起因していると思われる。

床組系の横リブでは、実測値が設計値に近い値を示しているが、縦リブでは差が大きい。これは、同じ荷重下でも縦リブの影響線は短いので、対象車両の後軸が単軸である設計荷重とタンデムが多い実際の荷重の分散状態の違いが大きく影響すると考えられる。また、湾岸の横リブ支点上と神戸の縦リブ支点上で実測値が設計値を越えており、注意を要する。

表-1：最大応力範囲の比較（主桁系）

計測 部位	路 線	最大応力範囲 (kgf/cm ²)	
		設計値 (荷重系)	実測値
下 フ ラ ン ジ	支間	K 1,261 (L-20)	713
	中央	W 1,277 (TT-43)	499
	支間 1/4点	K 859 (L-20)	573
		1,451 (TT-43)	580
		1,693 (TT-43)	589
	支点	K 792 (L-20)	441
横 リ ブ 取 付 部 の ウ ェ ブ	支間	K 1,030 (L-20)	582
	中央	W 871 (TT-43)	340
	支間 1/4点	K 704 (L-20)	470
		1,030 (TT-43)	412
		1,217 (TT-43)	423
	支点	K 621 (L-20)	346
		W 633 (TT-43)	197

K：神戸、W：湾岸

5. 疲労設計荷重の設定

実際の大型車による応力変動は、大型車の軸配置と着目部位の影響線の形状により複雑に変化するので、疲労設計においては、大型車1台に相当する疲労設計荷重を想定し、実橋の疲労損傷と等価な1つの応力範囲を発生させる等価荷重モデルを用いるのが合理的である。¹⁾そして、これによる着目点の応力範囲と大型車交通量のみを用いての疲労設計が可能になる。

そこで、神戸の実際の交通量調査結果と実測の頻度分布により、等価応力範囲を次式により求めた。

$$\Delta \sigma e' = \sqrt[3]{\sum \Delta \sigma i^3} \cdot n_i / N_L \quad (1)$$

ここで、 $\Delta \sigma e'$ ：大型車1台当りの等価応力範囲(kg/cm²/台)、 $\Delta \sigma i$ ：レンジiの応力範囲成分(kg/cm²)、 n_i ： $\Delta \sigma i$ の頻度、 N_L ：計測期間中の大型車通行台数(台/レーン)

表-3に各部位の $\Delta \sigma e'$ の推定値を示す。これを、20ton車による載荷試験の応力範囲実測値と比較すると、良好に適合している。従って、この車両が神戸線における等価荷重モデルと等しいと考えられる。

一方、実用上等価荷重モデルをT-20とする提案もある。²⁾そこで、T-20

を用いたFEM解析との比較を

表-2：最大応力範囲の比較（床組系）

計測 部位	路 線	最大応力範囲 (kgf/cm ²)	
		設計値 (荷重系)	実測値
横 リ ブ	支間	K 857 (T-20)	778
	中央	W 789 (L-20)	555
	支点	K -702 (T-20)	519
		W -991 (L-20)	1,107
縦 リ ブ	支間	K 1,327 (T-20)	1,297
	中央	1,327 (T-20)	778
		W 1,537 (T-20)	494
	支点	K -465 (T-20)	908

表-3：大型車1台による応力範囲の比較（神戸）（単位：kgf/cm²）

対象部位		頻度計測による等価応力範囲 ($\Delta \sigma_e'$)	載荷試験による実測値 (20t車)	FEMによる計算値	
				T-20 荷重	T-20(タンデム)
下 フ ラ ン ジ	支間中央	63	71	69*	—
	支間1/4点	117	105	138*	—
	支 点	149	143	158*	—
横 リ ブ	支間中央	206	200	257	235
	支 点	92	107	158	138
縦 リ ブ	支間中央	343	319	1,174	580
		209	223	1,540	749
	支 点	216	208	400	232

* 骨組解析による値

行くと、応力範囲は主桁（表-3では骨組解析の値を示しているが、FEM解析の値とはほぼ同一である）と横リブでは載荷試験結果と大差はないが、縦リブでは過大となり、後軸タンデムと考えると近似してくる。従って、疲労設計荷重としてのT-20は、影響線の長い部位には妥当であるが、縦リブのような影響線の長い部位には、軸数に考慮する必要があることがわかる。

参考文献 1) 阪神高速道路公団、日本鋼構造協会：都市高速道路橋の疲労設計荷重の設定に関する研究、1993.4、2) 三木他：道路橋の疲労照査のための活荷重に関する一考察、土木学会論文集No.432/I-16 pp.63-68、1991.7