

実橋に取り付けた試験片による疲労寿命評価

阪神高速道路公団 正会員 ○乙黒 幸年 阪神高速道路公団 宮脇 潔
 阪神高速道路公団 正会員 澤登 善誠 横河ブリッジ 正会員 石井 博典

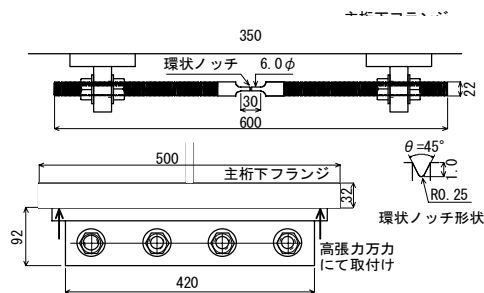
1. はじめに 実橋の疲労強度・疲労寿命は、一定振幅応力下における疲労試験結果に基づく疲労設計曲線を用いて評価することが一般的である。今回、実橋の主桁下フランジに疲労試験片（環状ノッチを有する砂時計型試験片）を取り付けて実働応力下における疲労試験を行ない、この結果を疲労設計曲線や室内疲労試験結果と比較することにより、既往の疲労設計評価手法の妥当性について検討したので報告を行う。

2. 試験方法 実橋に取り付けた疲労試験片を図－1に示す。試験片は試験対象となる平行部を細く短くし、試験片全長を長くすることにより試験片に導入されるひずみが主桁下フランジよりも拡大されるようにした。さらに、疲労亀裂を早期に発生させるために、平行部中央に環状ノッチ(φ6.0mm)を設けた。試験片は外桁および第一内桁の支間中央付近に12体ずつ、計24体設置した。応力測定位置としては、試験片環状ノッチ近傍の上下2箇所および主桁下フランジとした。また、同様の試験片を用いて図－2に示すような供試体により室内疲労試験を行った。

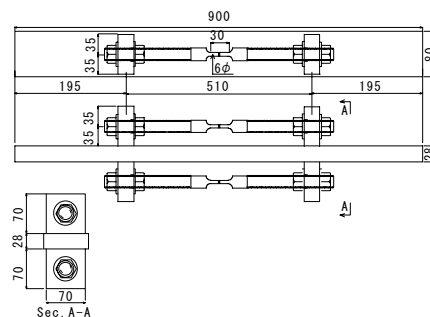
3. 試験結果 実橋試験片の設置後に、一般車走行時の動的測定を行った。その結果を図－3に示す。この測定により 1)試験片には主桁下フランジ応力の4倍程度の大きさの応力が導入されている 2)試験片の応力波形と主桁下フランジの応力波形はほぼ相似形である 3)試験片に発生する曲げ応力は軸応力の10%～20%であり室内試験結果と同程度であることが分かった。

試験片設置後に測定した24時間の応力頻度測定結果を表－1に示す。主桁下フランジの最大応力振幅は外桁で46MPa、第一内桁で31MPa程度である。これに対して試験片の最大応力振幅は、約3～4倍の131MPa、116MPa程度であり、動的波形の増幅傾向と一致する。応力頻度は、主桁下フランジに比べて試験片の方がはるかに多く測定された。これは主桁下フランジの応力が拡大して試験片に導入されるためであり、主桁下フランジの疲労寿命に影響を及ぼさない応力成分も、試験片の疲労寿命に影響を及ぼしていることになる。応力頻度からJSSC-K4～K6¹⁾ (主桁はJSSC-E～G)の疲労設計曲線を用いて疲労寿命を試算した結果を表－1に併記した。試験片の応力頻度データはK5等級よりも低かったため、K4等級とK5等級から直線補間によりK6等級を仮定した。主桁下フランジは発生応力が小さいため疲労寿命は十分長い、試験片ではK4等級で3～6年程度、K5等級で1～2年程度、K6等級では0.1～0.3年程度となった。

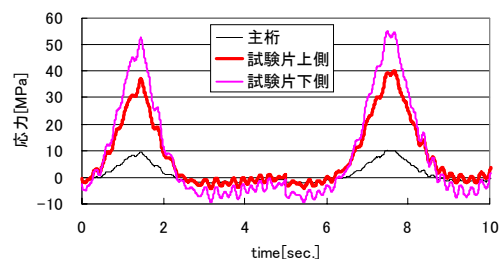
試験開始から終了までの1年間の主桁下フランジの応力頻度測定結果を図－4に示す。ここでの計測頻度は1日当たりの応力発生頻度をプロットしたものである。この図より応力頻度は一週間単位で変動していることが分かる。また、測定開始後30日付近、160日付近、260日付近に応力頻度の少ない期間が出現している。これらは正月、ゴ



図－1 実橋疲労試験片



図－2 室内疲労試験供試体



図－3 実橋試験片の動的測定結果

キーワード： 応力頻度測定，疲労強度，疲労寿命，モニタリング

連絡先： 〒541-0056 大阪府中央区久太郎町4-1-3 Tel 06-6252-8121 Fax 06-6252-8433

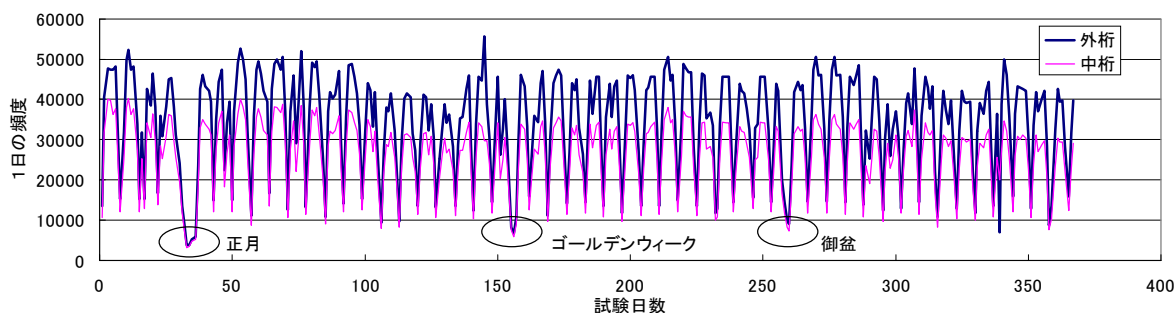
ールデンウィーク、盆休みの時期における交通量の減少による影響と考えられる。それ以外の期間では1年間を通して特に大きな変化は見られないことから、実橋の疲労評価をする場合に休日並びに特別な時期を外した、1日もしくは1週間の応力頻度データにより疲労寿命を推定すれば平均的な評価が得られるものとする。

実働応力の大きな外桁に取り付けた試験片は全数破断し、第一内桁に取り付けた試験片は12本中3本が破断した。試

表－1 24時間応力頻度測定結果

	外桁		第一内桁	
	主桁Lflg.	試験片	主桁Lflg.	試験片
総繰り返し数	89750	367543	72588	333956
最大応力範囲[MPa]	46.4	131.4	30.9	116.0
JSSC-k4 (E)				
損傷度 $Di(\angle日)$	3.9E-06	9.0E-04	5.8E-08	4.2E-04
等価応力[MPa]	33.9	48.9	30.9	41.8
試算寿命(年)	706	3.1	47364	6.5
JSSC-k5 (F)				
損傷度 $Di(\angle日)$	1.3E-05	3.3E-03	1.9E-06	1.6E-03
等価応力[MPa]	28.3	44.2	24.0	37.4
試算寿命(年)	214.6	0.8	1407	1.7
JSSC-k6 (G)				
損傷度 $Di(\angle日)$	7.4E-05	2.0E-02	1.6E-05	9.4E-03
等価応力[MPa]	18.6	39.5	17.5	33.8
試算寿命(年)	37	0.1	169	0.3

注) 主桁応力の試算はJSSC-E,F,G等級



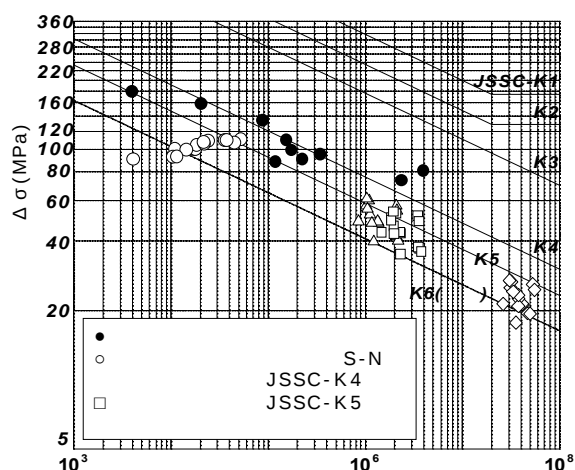
図－4 主桁下フランジの応力頻度測定結果

験片の応力頻度測定結果の経時変化は、主桁下フランジと同様に1週間単位で変動した。破断した試験片の応力頻度データから等価応力範囲を算出し、S-N線図で表したものを図－5に示す。等価応力範囲の算出にあたっては室内試験結果によるS-N線図の他、JSSC-K4～K6等級の疲労設計曲線および修正マイナー則を用いた。その結果、1)室内試験結果の応力頻度データはJSSC-K4～K5等級の疲労設計曲線付近に分布しており、試験片が切削により環状ノッチを付けたものであることからJSSC-K5等級の疲労強度を有していると考え、今回の室内試験結果は妥当である。2)実橋計測データについては、JSSC-K5～K6等級の疲労設計曲線近傍に応力頻度データが分布しており、実橋計測結果は室内計測結果と比較して疲労強度が1ランク程度下回った結果となったことが分かった。

4. まとめ 実橋に試験片を取り付け、変動応力下における疲労試験を実施するとともに、一年間にわたる応力頻度データを収集した結果次のことが解った。

- ・橋梁に作用する外力は、一年間にわたりほぼ一定であり、休日や特別な期間を避けた24時間の応力頻度測定データにより、実用的で有効な疲労評価を行なうことができる。
- ・環状ノッチを有した試験片における、実橋の変動応力下での疲労試験および一定応力下での室内疲労試験結果から、実橋の疲労強度は室内疲労試験より得られた疲労強度より1ランク程度下回る。
- ・主桁下フランジに発生する応力波形を、試験片に発生する応力波形から比較的精度良く評価することが可能であり、橋梁の疲労モニタリング手法として有効である。

【参考文献】 1)(社)日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説、技報堂出版、1993。



図－5 試験片の疲労試験結果