

I-A74 東海大府高架橋の実橋載荷実験における構造ディテール挙動

日本道路公団
川田工業（株）
株式会社 ビー・エス

水口和之
本摩 敦
西垣 義彦

日本道路公団
○川田工業（株）
三菱重工業（株）

村山 陽
吉岡昭彦
森 直樹

1. はじめに

鋼少数主桁橋では、ボルト接合による鋼重増加の抑制及び景観上の配慮から、主桁の接合工法に全断面溶接接合を採用している。この場合、フランジとウェブの溶接線の交差を避けウェブにスカラップを設ける必要がある。しかし、この部位では応力集中が起こる恐れがあるため、溶接部を仕上げるにより極力応力集中を下げるようにしている。

一方、横桁取付部などでは2次応力により疲労亀裂が発生することがあるため、本橋では、1/2 スケールモデルの室内試験により検証しながら設計を進めた。しかし、室内試験ではスケールファクターが不明なため、最終的には実橋による検証を実施する必要がある。よって、これら東海大府高架橋の構造ディテールの最終確認として実橋載荷実験を行った。

2. スカラップ部の疲労強度

スカラップ部の疲労強度は、日本鋼構造協会の鋼構造物の疲労設計指針・同解説（以下JSSC疲労設計指針）においてG等級が適用される。しかし、この疲労強度は純引張荷重を作用させた結果から定めたものであり、曲げとせん断を有する構造に対して一様に適用する場合は注意を要する。三木らは、これらの観点からスカラップの径とフランジ板厚との比、及び作用力であるせん断応力と曲げモーメント応力の比から応力集中係数を求め、ホットスポット応力（以下 H.S.S とする）にて疲労寿命を推定する方法を提案している。

一方、H.S.S による疲労寿命の推定の妥当性は、本橋の設計にあたり 1/2 スケールモデルによる室内実験により確かめられており、また実橋による疲労実験が不可能であることから、ここでは応力集中係数により疲労強度を評価することとした。

実橋の計測にあたり、H.S.S を計測するためスカラップ部に5連ゲージを貼り付けることとした。図-1及び図-2はスカラップ部の計測ひずみを示したものである。

これより、応力集中係数は2.0程度であることがわかる。これを三木らが提唱する推定式と比較すると、実測値は推定値よりいずれも下回り、ほぼ安全側の検証が可能であることが認められた。

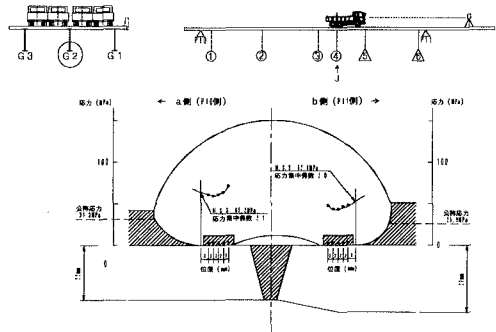


図-1 スカラップ部の応力集中
(CASE3 G2桁)

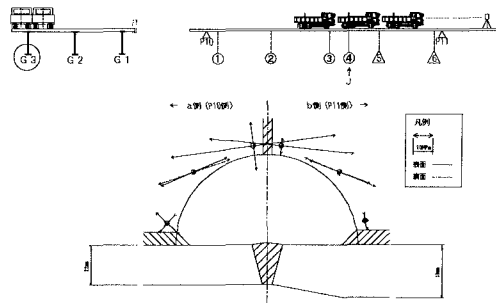
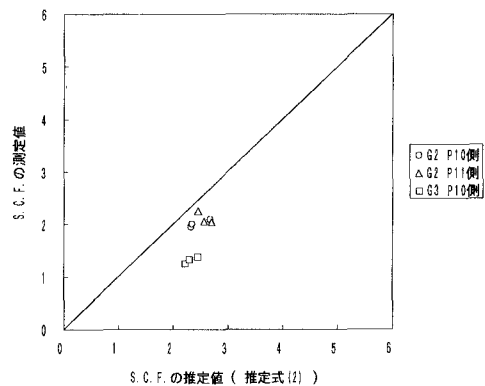


図-2 スカラップ部の応力の主応力図
(CASE1 G3桁)



$$\text{推定式(2)} \quad \text{S.C.F.} = 1 + 1.5 \left(\frac{t_f}{t_w} \right)^{-0.54} + 2.8 \left(\frac{t_f}{t_w} \right)^{0.23} \left(\frac{\tau}{\sigma} \right)$$

図-3 S.C.F.の測定値と推定値の比較

3. 横桁取付部の照査

I 桁の垂直補剛材上端部では、過去にしばしば疲労クラックの発生が確認されている。これは車両通過の際、上下 F L G が首を振ることによって上端部に大きなひずみが発生したためである。本実験においても、この部位の発生応力を確認するため、ひずみゲージより応力を計測しているが、これを過去に疲労クラックの発生が認められた事例と比較すると、そのオーダーは非常に小さいことがわかる。これは、本橋で採用している床版が従来より 28cm と厚板となっているのが要因と推察できる。

一方、疲労照査のためトラック載荷荷重を T60 に換算し、JSSC の簡単な疲労照査を行った。この結果も、図-4 に示すように各部位の応力はいずれも安全な応力範囲にあった。

4. まとめ

本実験の結果をまとめると以下のようになる。

- (1) スカップ部のまわし溶接部は、三木らが提唱する推定式により安全側の評価ができることが分かった。
- (2) 横桁取付部の構造ディテールでは疲労上問題ないことが分かった。

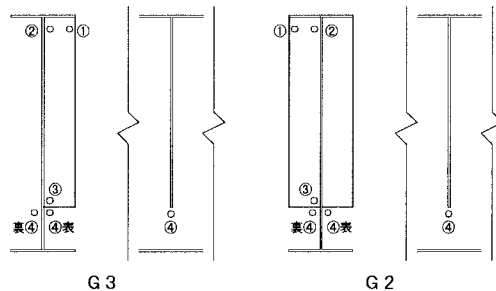
【参考文献】

三木、館石：鋼橋工形断面部材におけるスカップディテールの疲労設計手法，土木学会論文集 No.563/I-39，41-47，1997.4
日本道路協会：鋼橋の疲労，平成9年5月

表-1 垂直補剛材上端部の損傷例と発生応力

仕様	事例 A	事例 B	東海大府
支間長	30.0m~40.0m	29.0m	40.0m
幅員	16.5m	10.95m	14.5m
橋格	1 等級 (TL-20) (昭和 39 年道示適用)	1 等級 (TL-20)	1 等級 (B 荷重)
形式	単純鋼 I 桁橋	3+4 径間鋼連続 I 桁橋	鋼少数主桁橋梁
舗装	アスファルト舗装 8.0cm	アスファルト舗装 7.5cm	(実験時未舗装)
床版	軽量コンクリート床版 19.0cm~20.0cm	鉄筋コンクリート床版 19cm	プレキャスト床版 28.0cm
主要鋼材	SS41	SM50, SS41	SM490Y, SM570
主桁本数	6 本 (主桁間隔 2.9m)	3 本 (主桁間隔 4.0m)	3 本 (主桁間隔 6.0m)
交通量	約 63,000 台/日 大型車混入率：約 16%	約 60,000 台/日 大型車混入率：約 30%	—
垂直補剛材上端部の応力範囲 (20ton 車換算)	-92.4Mpa	82.7Mpa	7.3Mpa (垂直補剛材上端の最大応力から軸重 20ton に換算した)
損傷	疲労損傷あり	疲労損傷あり	未共用

事例 A, B は鋼橋の疲労 (H9.5 (社) 日本道路協会) より抜粋



照査位置	強度等級 (Mpa)	継手の種類
フランジ首溶接部 ①②	D (100)	縦方向溶接継手-すみ肉溶接継手
垂直ステフナー下端 ③④	F (80) 横軸方向 G (50) 縦軸方向	十字溶接継手 ガセット溶接継手-引上げ

疲労照査位置	G 2					G 3				
	①	②	③	④		①	②	③	④	
疲労強度等級	D (100)	D (100)	F (65)	F (65)	G (50)	D (100)	D (100)	F (65)	F (65)	G (50)
設計計算応力補正係数	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
最大応力範囲 $\Delta \sigma_{max}$	-3.5	-1.4	-8.5	30.6	-18.7	2.3	22.1	5.5	34.8	18.7
応力範囲の打ち切り限界 $\Delta \sigma_{ce}$	84.0	84.0	46.0	46.0	32.0	84.0	84.0	46.0	46.0	32.0
(一定振幅応力)										
平均応力補正係数 C_R	1.30	1.30	1.30	1.00	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
板厚補正係数 C_t	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
安全係数	γ_b	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
	γ_w	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	γ_i	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	$\gamma_b \cdot \gamma_w \cdot \gamma_i \cdot \sigma_{max}$	-3.5	-1.4	-8.4	30.3	-18.5	2.3	21.9	5.4	34.4
詳細な疲労照査の要否	$\Delta \sigma_{ce} \cdot C_R \cdot C_t$	109.2	109.2	59.8	46.0	41.6	84.0	46.0	46.0	32.0
要否の別	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

※垂直ステフナー下端鉛直方向に対しては、面外曲げ応力を $\Delta \sigma = \Delta \sigma_m \cdot (4/5) \Delta \sigma_b$ により直応力範囲に補正した。

図-4 最大荷重単位 T60 相当応力による疲労照査
(C 部横桁取付位置の垂直補剛材)