

I-A 377 厚板フランジ溶接部のスカラップの疲労強度

日本道路公団 角 昌隆 日本道路公団 檜作正登
 川田工業 正会員 勝俣 盛 川田工業 正会員 町田文孝
 三菱重工業 正会員 熊谷洋司 東京工業大学 フェロー 三木千壽

1. まえがき

第二東名神の鋼 I 桁形式の橋梁では、構造の簡素化や部材数の低減などの合理化を推進するため、従来の多主桁橋から桁高を高くし、フランジに厚板を用いることによる少数主桁橋の適用が検討されている。その一つとして、工場製作での加工工数の低減、また鋼重の削減や景観上の配慮からも、主桁の接合を全断面現場溶接接合とすることが提案されている。その際、フランジとウェブの溶接線の交差を避けるためにスカラップを設ける必要があるが、スカラップ近傍はその形状から応力集中箇所と成りやすい。また、せん断力作用下では、フランジのスカラップに挟まれたフランジギャップが面外変形することによってスカラップのまわし溶接部に大きな局部応力が発生し、JSSCの疲労設計指針¹⁾に定義されている当該ディテールの疲労強度等級よりも低くなることが薄板で構成された試験体を用いた研究により報告されている^{2~4)}。

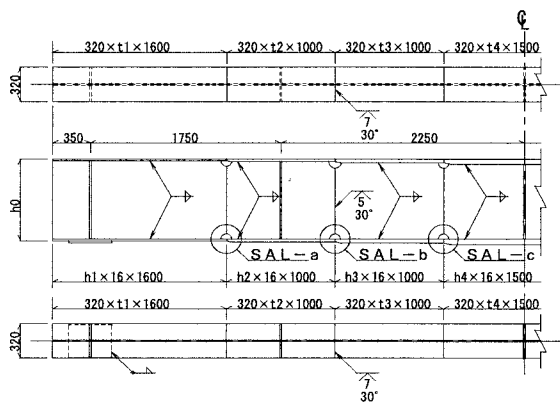
本報告では、フランジを厚板で構成した大型梁模型に対して、静的载荷試験、FEM解析、および疲労試験を実施し、薄板で構成された既存の研究結果と比較することによってスカラップの疲労強度の検討を行った。以下にその概要を記す。

2. 試験体と静的载荷試験

試験体は、図-1 に示すように桁高を 766mm、上下フランジの板厚を 16, 25, 36, 50mm で構成した中厚板モデルと、桁高を 940mm、フランジの板厚を 40, 50, 70, 90mm で構成した厚板モデルの 2 体とした。支間中央に载荷した場合、いずれも梁理論で算出される曲げ応力がスカラップ位置で等しくなるように配慮した。また、板厚の違いによる影響を確認するため、スカラップ形状は、全て、半径 $R=50\text{mm}$ とした。

静的载荷試験は、単純支持の 3 点曲げ载荷により実施し、曲げモーメントとせん断力の比率が、まわし溶接部の応力集中に及ぼす影響を確認するため、図-2 に示すように荷重载荷位置と支間を変えた 4 ケースとした。その際、溶接止端部の残留応力が降伏点近くになっていると予想されたことから、疲労試験前に残留応力の再分配が行われないようにするため、フランジギャップ部のひずみ量を確認しながら荷重を载荷した。

なお、ホットスポット応力（以下、H.S.S.）を求めるため、まわし溶接止端部より 3mm の位置が初めの測定点となるように応力集中ゲージを貼付した。



鋼材は全て SM490 を使用

フランジ厚/ウェブ高	中厚板モデル	厚板モデル
$t1/h1$	16/734	40/860
$t2/h2$	25/725	50/850
$t3/h3$	36/714	70/836
$t4/h4$	50/702	90/816

図 - 1 試験体の寸法

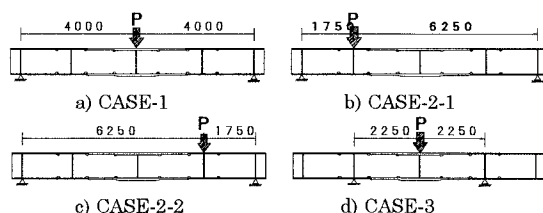


図 - 2 試験ケース

3. フランジギャップ部の応力特性

荷重ケース CASE-1 の SAL-b 近傍の応力性状を算出するため、FEM 解析を行った。解析は、中厚板・厚板モデルとも試験体の対称性を考慮するとともに、1 次のソリッド要素を用いて要素分割し、汎用構造解析プログラム MSC/NASTRAN を用いて実施した。

なお、本解析では、主としてフランジギャップ部の長手方向の応力分布に着目するため、まわし溶接のビード部は、ウェブ厚相当分だけモデル化することとした。

厚板モデルの SAL-b 近傍の応力分布を図-3 に、フランジギャップ部の長手方向の直応力分布を図-4 に示す。

これより、板厚が 25mm と 50mm のとき、板厚の差は最大応力に殆ど影響しないことが解る。また、測定値は若干異なるものの、H.S.S.の値は比較的良く一致している。

4. 疲労試験結果

疲労試験は、CASE-1 の状態で荷重速度を 1~2.5Hz とし、以下の 2 ケースについて実施した。

まず、T-60 荷重を荷重させた実橋モデルの FEM 解析より継手位置の最大応力振幅が 35MPa となることから、試験体の着目位置での応力振幅が 35MPa となるように荷重を設定し、疲労試験を実施した。その結果、中厚板・厚板モデルとも SAL-c の溶接止端部に貼付したひずみゲージの値に変動が見られたが、200 万回の繰り返し荷重後も疲労亀裂の発生は確認されなかった。このため当該ディテールの疲労強度等級 G 等級（50MPa）に着目部の応力振幅がなるように荷重を設定し、疲労試験を続行したところ、中厚板・厚板モデルとも試験初期の段階で疲労亀裂が SAL-c に発生した。しかしながら、他の箇所では 200 万回の繰り返し荷重後も亀裂の発生は無かった。

疲労亀裂が溶接止端より母材に達した時点疲労強度として整理した結果を図-5 に示す。中厚板モデルに発生した亀裂は、ほぼ G 等級を示していた。しかしながら、厚板モデルに発生した亀裂は、フランジ溶接の余盛を残したため、余盛とまわし溶接のギャップが小さいために局部応力が大きく、G 等級を下回る結果となった。

5. あとがき

静的荷重試験による SAL-b の応力集中係数とせん断力と曲げモーメントの比 (V/M) を表-1 に示す。ここでは、H.S.S.と梁理論より算出した公称応力の比から応力集中係数を定めている。その結果、V/M が 0.5 以下のとき、板厚が $t=25\sim 50\text{mm}$ の範囲内であれば板厚の影響は殆どないものと推定される。現在、データ整理につき、他の板厚や V/M の影響と新たに実施している長寿命疲労試験の結果については、発表当日に報告する。

【参考文献】 1) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，1993，2) 田島・山下：曲げ部材のスカルップ周辺の応力集中について，土木学会第41回年次学術講演会概要集，1986，3) 三木・館石・石原・梶本：溶接構造部材のスカルップディテールの疲労強度，土木学会論文集，第483号，1994.1，4) 吉岡・町田・越後・多田・吉家・三木：鋼床版縦リブのスカルップの疲労強度について，土木学会第50回年次学術講演会概要集，1995。

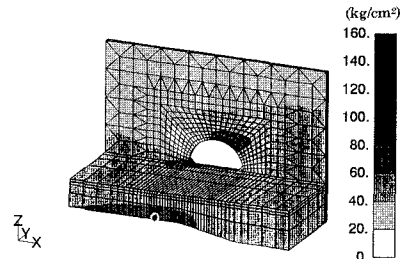


図-3 等応力分布図（厚板モデル）

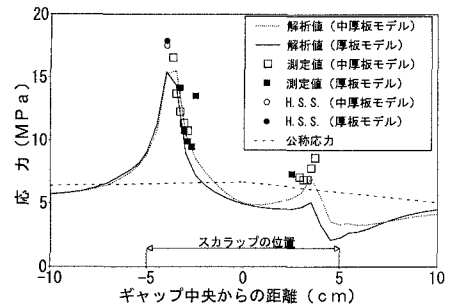


図-4 フランジギャップ部の応力分布

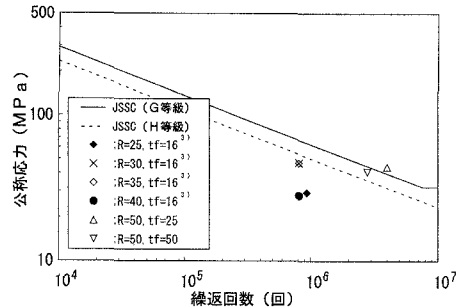


図-5 公称応力による疲労強度

表-1 応力集中係数

板厚 (mm)	CASE-1	CASE-2-2	CASE-3
中厚板 ($t=25$)	2.41	2.80	4.12
厚板 ($t=50$)	2.55	2.58	5.85
V/M	0.444	0.445	2.00