

ずれ止めとして用いた L 形鋼ジベル溶接部の局部応力挙動とその疲労設計法に関する研究

名古屋大学 学生会員 ○崔 誠珉 正会員 舘石和雄
 三井造船(株) 正会員 浅野浩一 正会員 内田大介 正会員 小林 潔

1. はじめに

鋼・コンクリート合成床板はずれ止め構造の違いなどにより多種のものが提案されている。そのうち著者らは L 形鋼をずれ止め用いた合成床版を対象に押し抜きせん断試験および梁試験を行い、L 形鋼ジベルの溶接部に生じるホットスポット応力(HSS)を予測することができれば、疲労照査が行える可能性を示した¹⁾²⁾。本研究では有限要素解析によって局部応力の発生挙動について詳細な解明を行う。また、設計実務を念頭におき、比較的簡易な計算によって L 形鋼ジベル溶接部の応力集中を推定できる手法について検討を行う。

2. L 形鋼溶接部の局部応力解析

解析モデル 図-1 に解析モデルを示す。使用した解析ソフトは ABAQUS Ver6.7 であり、橋軸方向には床版支間以上となるよう 5,834mm、橋軸直角方向には全幅をモデル化した。鋼、コンクリートとも線形弾性体として解析を行った。解析モデルにおいて、図-1 a) の枠で囲った着目領域においては、鋼部材とコンクリートの剥離を考慮し、両者の間に接触要素を配置した。載荷荷重は橋軸方向にはモデル中央とし、橋軸直角方向に 21 箇所位置を変えて解析した。

底鋼板における橋軸直角方向の応力分布 図-2 に、床版支間中央に 100kN の荷重を載荷した場合の、モデルの対称断面における底鋼板の橋軸直角方向の応力分布を示す。底鋼板の上面と下面の応力は、ジベル取り付け位置において、底鋼板の面外変形によって局所的に急変している。また、上下面の応力の平均値は、ジベル間の底鋼板においてはほぼ一定であり、ジベル位置において階段状に変化している様子が見られる。

せん断応力と応力集中係数の関係 底鋼板の面外曲げに対しては、L 形鋼ジベル基部のせん断力が支配的であったため、せん断応力と応力集中係数の関係を図-3 に示すように整理した。なお、3 次元有限要素解析では 1 つの床版断面に対する結果であるため、床版の断面形状を様々に変化させた 2 次元有限要素解析の結果も整理した。ここで検討した断面形状の範囲においては、荷重位置や断面形状によらず、応力集中係数は次式で推定できることが明らかとなった。

$$K_t = 1 + 7.0424 \left(\frac{\tau}{\sigma_n} \right) \quad (1)$$

ここで、 K_t は応力集中係数 ($K_t = \sigma_{HSS} / \sigma_n$) であり、 σ_{HSS} : ホットスポット応力、 σ_n : 底鋼板の曲げ応力、 τ : L 形鋼ジベルに生じる平均せん断応力を示す。

3. ずれ止めの設計

提案した応力集中係数の式を適用するためには、各ジベル位置に

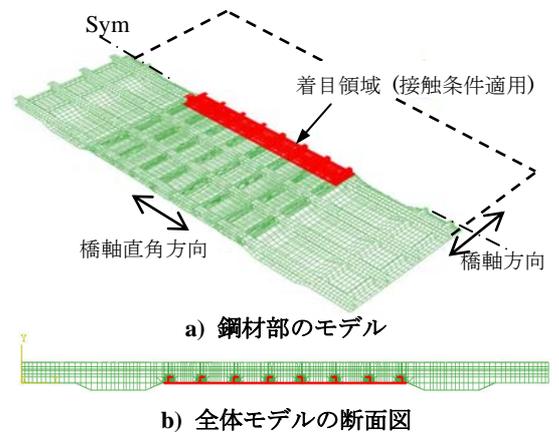


図-1 解析モデル

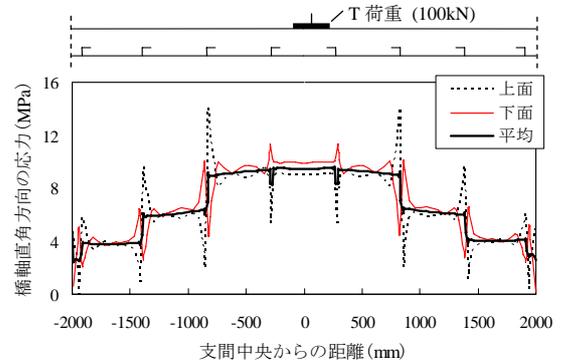


図-2 底鋼板における橋軸直角方向の応力分布

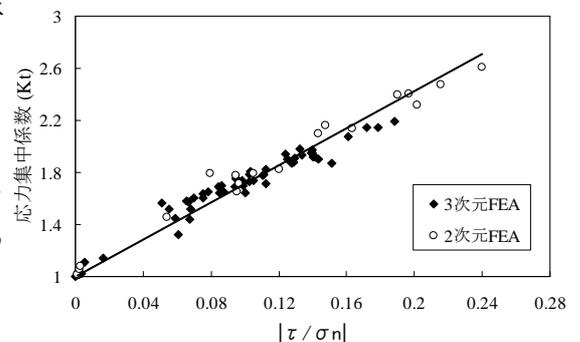


図-3 応力集中係数と平均せん断応力

キーワード 合成床版, L 形鋼ジベル, せん断応力, ホットスポット応力
 連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学研究科 TEL 052-789-4620

における曲げ応力(σ_n)と L 形鋼ジベル近傍の局部変形の影響を考慮した正確な L 形鋼ジベルの設計せん断応力(τ)を算出する必要がある。

曲げ応力の算出法の提案 図-2に示したように、底鋼板の平均応力は、L形鋼ジベル取り付け位置近傍を除いてほぼ一定であり、ジベルの位置で階段状に大きく変化している。これは、ジベルとジベルの間では底鋼板が引張材として機能していることを示すものである。そこで、平板理論を用いて曲げモーメント分布を求め、2つのジベルの間にある底鋼板の曲げモーメントは、その区間の曲げモーメントの平均値として評価することとする。この曲げモーメントに対して全断面有効として底鋼板の応力を求め、それを曲げ応力とする。

図-4 に 3 次元有限要素解析より求めた結果と上記の手法により計算した結果の比較を示す。一部解析結果を再現できていない点はあるものの、本提案による手法は全体的に 3 次元 FEA の傾向をよく再現している。ジベル位置の底鋼板の曲げ応力は、ジベル両側の曲げ応力の平均値として評価することができる (図-5 参照)。

$$\sigma_n = \frac{1}{2}(\sigma_{left} + \sigma_{right}) \quad (2)$$

L 形鋼ジベルのせん断応力の算出 L 形鋼ジベルに生じるせん断力は、図-5 に示すように、ジベルの両側の底鋼板に生じている曲げ応力の差と強く関連しており、次のようにして計算される応力は L 形鋼ジベルのせん断応力と関係があるものと推察される。

$$\tau = \frac{t}{t_z}(\sigma_{left} - \sigma_{right}) \quad (3)$$

図-6 に 3 次元 FEA によるせん断応力と、ジベルの両側の底鋼板に生じている曲げ応力の差から求めたせん断応力との比較を示す。提案式によるせん断応力が 3 倍程度大きな値となっている。しかし、非常に高い相関が認められるため、単純に補正した次式で L 形鋼ジベルのせん断応力を求めることを提案する。

$$\tau = 0.3244 \frac{t}{t_z}(\sigma_{left} - \sigma_{right}) \quad (4)$$

4. 提案した設計計算手法によるホットスポット応力の推定

図-7 に、提案手法により算出したせん断応力と曲げ応力を、応力集中係数の推定式(1)に代入して求めた HSS と 3 次元有限要素解析により求めた HSS との比較を示す。HSS が大きい領域で、提案した手法による HSS が 3 次元有限要素解析よりも大きめになっている点もあるが、全体的に両者はよく一致している。提案する手法は非常に簡易であるにもかかわらず、鋼とコンクリートの付着が消失した後の L 形鋼ジベルのせん断応力、底鋼板の曲げ応力の計算を可能とし、さらにそれらに基づき L 形鋼ジベル溶接部の応力集中係数、ホットスポット応力を推定することができる。

参考文献

- 1) 館石和雄ら, L形鋼をずれ止めに用いた鋼・コンクリート合成床版の疲労耐久性, 鋼構造論文集, Vol.14, No.55, pp.123-131
- 2) 浅野浩一ら, ずれ止めとしてL形鋼を用いた鋼・コンクリート合成梁の疲労強度, 土木学会第63回年次学術講演会

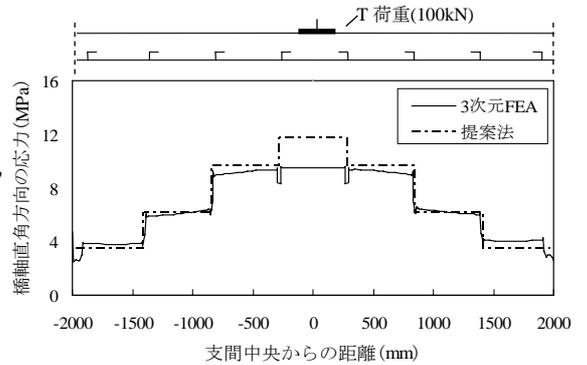


図-4 底鋼板における曲げ応力

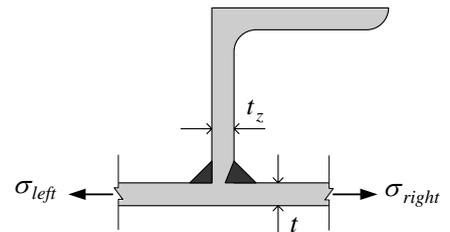


図-5 底鋼板における曲げ応力

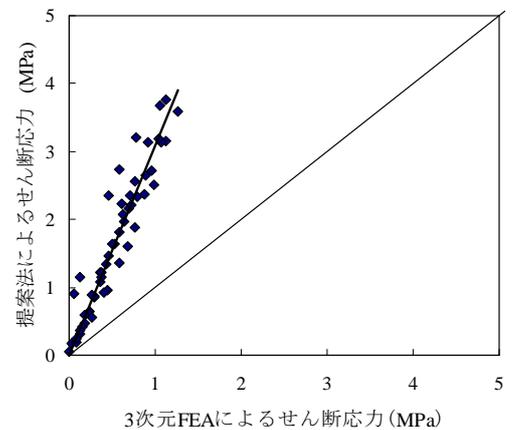


図-6 提案法と 3 次元 FEA によるせん断応力

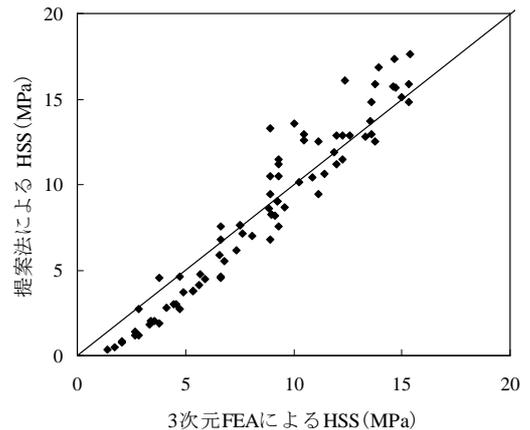


図-7 提案法と 3 次元 FEA による HSS