L 形鋼をずれ止めに用いた鋼・コンクリート合成床版に生じる局部応力

名古屋大学 ○正会員 判治 剛　学生会員 白井 晴也　フェロー会員 舘石 和雄　正会員 清水 優
三井造船鉄構エンジニアリング(株)　正会員 内田 大介　正会員 浅野 浩一　石井 孝明　正会員 小林 潔

1．はじめに

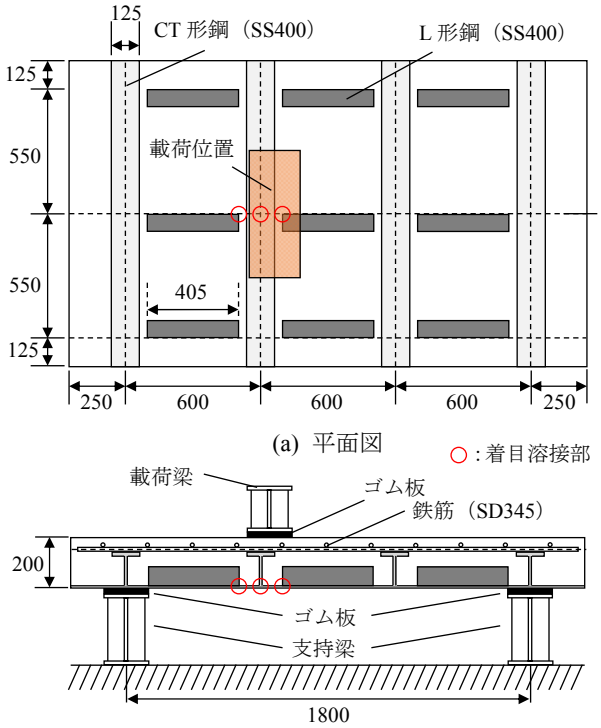
平成 29 年の道路橋示方書の改訂 [1]により，鋼・コンクリート合成床版の鋼材継手部の疲労照査が規定された．本研究では，L 形鋼をずれ止めに用いた合成床版 [2]を対象に，疲労強度に影響を与える溶接継手部の局部応力挙動を明らかにし，それを簡易に求める方法を検討した．

2．合成床版試験体に対する載荷試験と有限要素解析

試験体を図-1 に示す．床版厚 200 mm，底鋼板厚 8 mm であり，底鋼板にずれ止めの L 形鋼（75×75×9 mm）と補強材の CT 形鋼（125×125×6×9 mm）をすみ肉溶接により接合している．鋼材とコンクリートの付着を切るために鋼材表面にグリスを塗布し，コンクリートを打設してから 35 日間養生した後，載荷試験を行った．載荷位置は支間中央から 250 mm 離れた位置とした．これは，後述の解析により，着目溶接部に厳しい条件となるように決定した．載荷範囲は 500×200 mm とし，荷重は下限を 5 kN，上限を 105 kN とした．今回着目した L 形鋼と CT 形鋼が近接する溶接部周辺にはひずみゲージを貼付した．

溶接部周辺の局部的な応力分布を求めるために有限要素解析を実施した．図-2 に解析モデルを示す．解析に ABAQUS Ver.6.14-5 を用いた．8 節点ソリッド要素を用い，着目溶接止端近傍の要素寸法は約 2 mm とした．鋼とコンクリートは別々にモデル化し，その境界面に接触条件を設けて付着切れを想定したモデルと，境界面の節点を共有して一体としたモデルを作成した．鋼材と支点上のゴム板は弾性体とし，材料定数は規格値とした．コンクリートの弾性係数とポアソン比は圧縮強度試験を基に 30.1 kN/mm^2，0.191 とし，材料の非線形性を考慮した [3]．

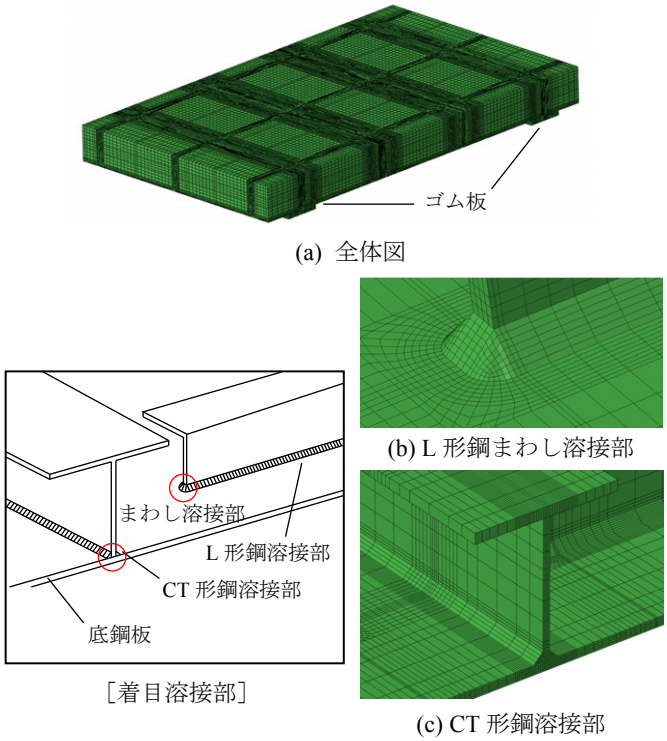
着目部周辺の変形図を図-3 に，底鋼板内面における長手方向応力の分布を図-4 に示す．鋼板が局部的に変形し，L 形鋼まわし溶接部に高い応力集中が生じている．試験体において付着が十分に切れていない可能性が高いが，実験値は 2 つの解析結果の間に位置しており，分布の傾向は両者でおおむね一致している．よって，本解析手法により合成床版の挙動を再現できているといえる．



(a) 平面図

(b) 断面図（幅方向中央）

図-1 試験体（単位：mm）



(a) 全体図

(b) L 形鋼まわし溶接部

(c) CT 形鋼溶接部

［着目溶接部］

図-2 解析モデル

キーワード　鋼・コンクリート合成床版，溶接継手，応力集中，局部応力

連絡先　〒464-8603　名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科土木工学専攻　TEL: 052-789-4618

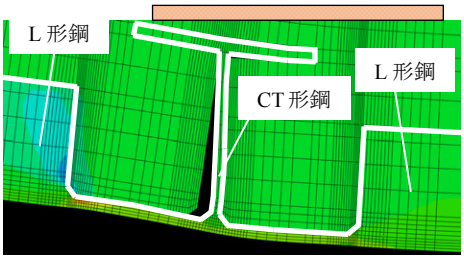


図-3 着目溶接部周辺の変形図（250 倍）

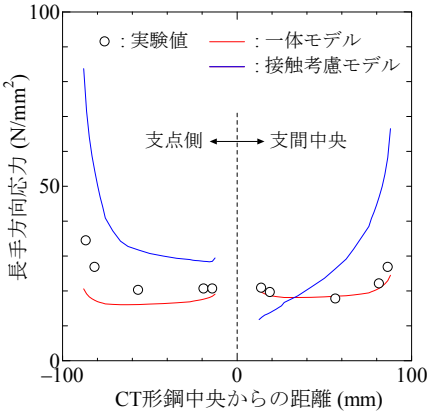
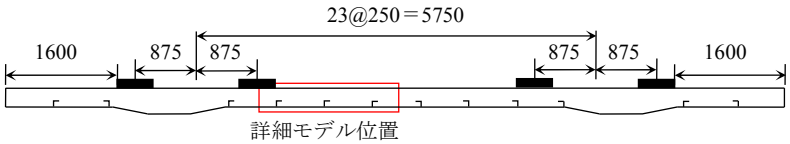


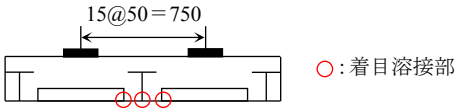
図-4 底鋼板の長手方向応力の分布

表-1 橋梁諸元と解析結果 （単位：mm）

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
主桁形式	3 主 I 桁	2 主 I 桁	2 主 I 桁	2 主 I 桁
幅員	10200	9500	11200	14500
床版支間	3700	5300	6500	8100
床版厚	200	240	270	310
底鋼板厚	8	8	8	8
L 形鋼	75×75×9 間隔：725	75×75×9 間隔：750	75×75×9 間隔：682.9	75×75×9 間隔：800
CT 形鋼	100×100×5.5×8 間隔：800	125×125×6×9 間隔：800	175×175×7×11 間隔：750	200×200×8×13 間隔：800
$\Delta\sigma_{HSS,max}$	45.5 N/mm²	55.5 N/mm²	55.1 N/mm²	55.4 N/mm²



(a) 橋軸直角方向の載荷位置



(b) 橋軸方向の載荷位置

図-5 対象橋梁概要（Case 3）（単位：mm）

３．実橋梁を対象にした有限要素解析

実橋梁に対する解析を行い，溶接継手部に生じる局部応力を明らかにした．橋梁の諸元を表-1 に，その例を図-5 に示す．これらは過去の実績に基づいて作成した．解析にはズーミング手法を用いた．全体モデルにおいて，橋軸方向には CT 形鋼で区切られる 32 パネル分をモデル化し，そのうちの 2 パネル分には鋼とコンクリートの境界面に接触条件を与えた．その接触を考慮した領域から，床版支間内の 2 列または 3 列の L 形鋼を含む領域を詳細モデルとして作成した．詳細モデルの要素分割は前章と同様である．コンクリートの非線形性が鋼材の局部応力に与える影響は小さかったため，ここではコンクリートも弾性体としている．図-5 に示すように T 荷重を移動させ，L 形鋼まわし溶接部と CT 形鋼すみ肉溶接部のホットスポット応力範囲を求めた．その結果，試験体の場合と同様に，L 形鋼まわし溶接部において最大の応力範囲が生じることが明らかになった．得られた最大値は表-1 に示すとおりである．

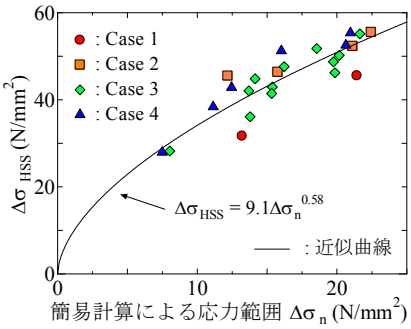


図-6 ホットスポット応力範囲の推定

４．L 形鋼まわし溶接部のホットスポット応力範囲の推定

L 形鋼まわし溶接部に着目し，ホットスポット応力範囲を簡易な計算から推定することを試みた．簡易計算には級数解法を用いた平板解析 [4]を用いた．T 荷重を移動載荷したときの L 形鋼端部位置の曲げモーメントの変動範囲を求め，それと断面剛性から算出した応力範囲と，前章において求めたホットスポット応力範囲の関係を図-6 に示す．ホットスポット応力範囲は簡易計算による応力範囲より大幅に大きいことがわかる．また両者には相関が認められ，累乗近似すると図中の式が得られた．Case 1 のホットスポット応力範囲が他に比べて小さい傾向にあるなど，多少のばらつきはみられるが，簡易な計算からある程度の精度でホットスポット応力範囲を推定できるといえる．

５．まとめ

L 形鋼をずれ止めに用いた鋼・コンクリート合成床版の局部応力挙動を明らかにし，L 形鋼まわし溶接部のホットスポット応力範囲の簡易推定手法を提案した．今後は推定精度の向上や適用範囲の拡大が課題である．

参考文献 1) 道路橋示方書・同解説, II 鋼橋･鋼部材編, 2017. 2) 内田･浅野：三井造船技報, No.193, pp.10-16, 2008. 3) コンクリート標準示方書, 2012. 4) 土木学会鋼構造委員会：道路橋床版の設計の合理化と耐久性の向上, 2004.