

鋼・コンクリート合成床版の性能照査型設計法への検討

REC（勤務：鉄道・運輸機構） 正会員 保坂鐵矢

パシフィックコンサルタンツ 正会員 松尾 仁

川田工業株式会社 正会員 梶田智子

川田工業株式会社 正会員 〇田坂裕一

川田工業株式会社 正会員 橋 吉宏

川田工業株式会社 正会員 街道 浩

1. 目的 鋼・コンクリート合成床版（以下、合成床版と略す）に関しては、輪荷重走行試験（以下、走行試験と略す）などの実験的な研究や有限要素解析（以下、F E 解析と略す）により耐荷力、疲労耐久性が確認されている^{1), 2)}。今後、鉄道橋に対して適用していくために、これまでの実験結果や解析結果と、合成床版の設計手法³⁾との整合性を確認する。

2. 整合性の着目点 図-1 および表-1 に示す走行試験、F E 解析に用いた試験体の構造と諸元を示す。この合成床版は、ロビンソン型の合成床版で、床版の下鋼板は、床版コンクリート打設時の鋼製型枠と下側鉄筋の役割を兼ねているため、下側鉄筋を配置していない。図-1 の試験体を文献 3) に従い設計し、この設計値と走行試験の測定値、F E 解析値との整合性を確認する。設計値と測定値、F E 解析値との整合性の確認は、コンクリート打設時の型枠のたわみ、合成床版の設計曲げモーメント、スタッドに作用するせん断力に着目する。整合性を確認する走行試験の結果およびF E 解析の結果は、文献 1), 2) を参照し、走行試験の測定値からポアソン比 $\nu = 0.2$ 、ヤング係数比 $n = 7$ とした。

3. 型枠のたわみ 合成床版の下鋼板は、下側鉄筋の役割を果たすとともに、コンクリート打設時の型枠の役割も果たす。下鋼板に溶接された横リブは、コンクリート打設時の下鋼板のたわみを抑える役割を果たしている。コンクリート打設時の型枠としてのたわみは、表-2 に示す、横リブと有効幅を考慮した下鋼板からなる逆 T 断面が抵抗するものとして、橋軸直角方向の単純梁としてのたわみを算出する。その結果、設計値のたわみは、1.79mm に対し、測定値のコンクリート打設時の型枠たわみは、1.97mm とほぼ一致している。

4. 設計曲げモーメント 使用状態における合成床版の設計曲げモーメントと走行試験での作用曲げモーメントとの整合性を確認する。設計荷重は、道路橋の活荷重の片側輪荷重 100kN とする。作用曲げモーメントは、走行試験の載荷荷重を設計荷重に換算し、ひずみと曲率の関係から算出した。作用曲げモーメント算出時において合成床版の曲げ剛性は、表-2 に示すように、コンクリートの引張領域を無視して算出した。

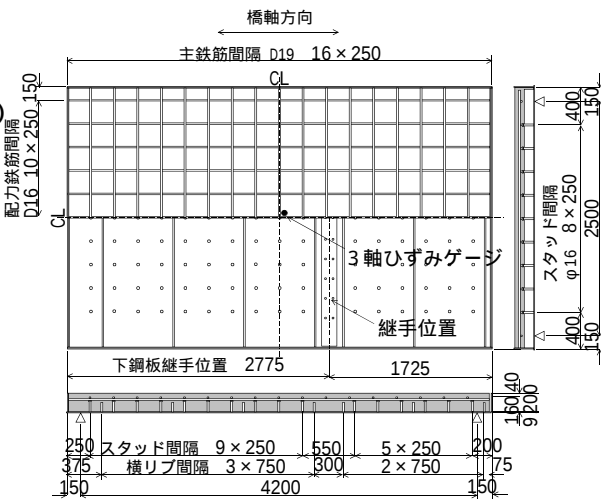


図- 1 試験体の詳細図

表- 1 試験体の構造諸元

	単位	構造諸元
コンクリート	版 厚	200
	設計基準強度	30
下 鋼 板	板 厚	9
	断 面	100 × 16
横 リ ブ	橋 軸 方 向 間 隔	750
	寸 法	φ 16 × 120
ス タ ッ ド	橋 軸 方 向 間 隔	250
	橋軸直角方向間隔	250
主 鉄 筋 (橋軸直角方向)	呼 び 隔	D19
	間 隔	250
配 力 鉄 筋 (橋 軸 方 向)	呼 び 隔	D16
	間 隔	250

表- 2 照査断面

合成前断面		有効幅を考慮した下鋼板と横リブからなる逆 T 断面
合成後断面	曲げモーメント照査 	コンクリートの引張領域無視・圧縮コンクリート+下鋼板断面+主鉄筋
	スタッドのせん断照査時 	コンクリートの全断面を有効・コンクリート+下鋼板+主鉄筋

キーワード 鋼・コンクリート合成床版，設計曲げモーメント，スタッド

連絡先 〒550-0014 大阪市西区北堀江 1-22-19 T E L 06-6532-4891

算出した作用曲げモーメントの値を図-2 に示す。設計曲げモーメントは、文献 3) に示されている橋軸直角方向の活荷重曲げモーメント $M_x = (0.114L + 0.144)P$ を用いて算出する。式中の L は床版支間、 P は設計荷重である。図-2 には、この設計曲げモーメントである橋軸直角方向の活荷重曲げモーメント $M_x=42.9\text{kN}\cdot\text{m/m}$ も示している。図-2 より、作用曲げモーメントと設計曲げモーメントは、ほぼ一致しており、使用状態の合成床版の設計曲げモーメントは、文献 3) に示されている式を使用し、断面照査は表-2 に示すように、コンクリートの引張領域を無視した断面で照査を行うものとする。

5.スタッドに作用する水平せん断力 ロビンソン型合成床版の損傷形態のひとつにスタッドの疲労損傷があり、この現象に

対しては、文献 2) で評価を行っている。文献 2) では、図-1 に示す試験体を細部まで忠実に再現した 3 次元モデルを用いて F E 解析を実施し、スタッドに作用するせん断力を算出している。この F E 解析では、図-1 の試験体の中心に設計荷重 $P=100\text{kN}$ を載荷している。文献 2) より、スタッドに作用するせん断力は、橋軸方向よりも橋軸直角方向が卓越しており、合成床版のスタッドの照査においては、橋軸直角方向のせん断力に対し照査するものとする。また、文献 2) では、合成床版の横リブの影響を確認するために、横リブがある場合と、ない場合の F E 解析を行っている。その結果、スタッド 1 本に作用するせん断応力は、表-3 に示すように、横リブがあることでスタッドに作用するせん断応力は 35%減少していることが分かった。合成床版のスタッドの設計においては、文献 3) に示される版の設計せん断力算出式を用いて設計する。版のせん断力算出式は $V_d = k(0.011L + 0.747)P^3$ で示され、式中の L は床版支間、 P は設計荷重、 k はずれ止め形式によって決定される作用荷重の分担率で、スタッドの場合は $k=0.5$ である。この式の中では横リブの影響は考慮されていない。せん断応力算出時の断面は表-2 に示すように、全断面有効としている。この式を使用し、スタッド 1 本に作用するせん断応力度を算出すると、表-3 に示すように $\tau=48.1\text{N/mm}^2$ となった。表-3 より、設計値のせん断応力度は、横リブなしに対し 2.4 倍と解析値と比較し大きな応力となった。実際の床版においては、活荷重の偏心載荷により表-3 に示す F E 解析で得られたスタッドに作用するせん断応力よりも大きなせん断応力が発生していることが考えられるため、設計値が大きすぎると判断するには、十分な検討が必要であると考えられる。しかしながら、F E 解析において横リブの影響を考慮すると、スタッド 1 本に作用するせん断応力が小さくなることが確認できているため、横リブの影響を考慮してせん断力算出式を検討することが今後の課題である。また表-1 に示すように、合成床版には直径 16mm のスタッドが板厚 9mm の下鋼板に溶接されている。道路橋示方書の、スタッドを溶接する鋼板の最小板厚 10mm より下鋼板厚は小さく、疲労耐久性の問題が懸念されるが、文献 4) を参考に照査した結果、F E 解析のようにスタッドに作用するせん断応力範囲が小さい場合は、板厚 9mm と 10mm による差異は見られず、合成床版に適用する下鋼板の板厚は 9mm で問題ないと考えられる。

6.まとめ 1)合成前の型枠としての照査においては、有効幅を考慮した下鋼板 + 横リブ断面で型枠のたわみを照査する。2) 使用状態での設計曲げモーメント算出式は、文献 3) に示される式を使用し、コンクリートの引張領域を無視した断面で照査を行う。3)今後、合成床版の横リブの影響を考慮した、スタッドに作用するせん断力算出式を検討することが課題である。4)合成床版に適用する下鋼板厚は 9mm で問題ないと考えられる。

参考文献 1)国土交通省土木研究所，(財)土木研究センター，民間企業 21 社 17 グループ：道路橋床版の輪荷重走行試験における疲労耐久性評価手法の開発に関する共同研究報告書(その 1)。2)街道，渡辺ら：鋼・コンクリート合成床版のスタッドに作用するせん断力の性状について，土木学会構造工学論文集，vol.51A，2005 年 3 月。3)土木学会：鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物，丸善，1997 年。4)保坂，平城ら：曲げ変形を拘束したスタッド付き鋼板の複合加力疲労試験，第 60 回年次学術講演会，2005 年。

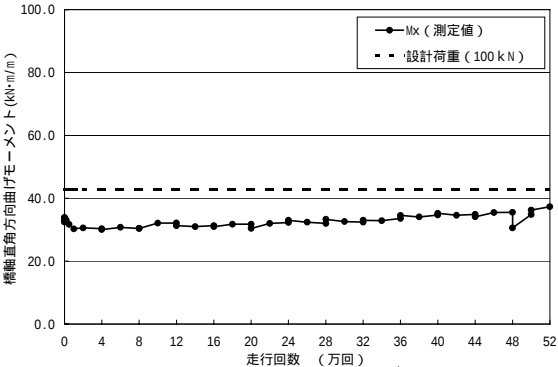


図-2 主鉄筋方向曲げモーメント

表-3 スタッドに作用するせん断応力度

	F E 解析 ²⁾	設計値 ³⁾
横リブあり	12.9 N/mm ²	-
横リブなし	20.1 N/mm ²	48.1 N/mm ²