

鋼・コンクリート合成床版の張出し部の3次元有限要素解析および疲労耐久性評価

川田工業 正会員 ○街道 浩 正会員 田坂裕一 正会員 橋 吉宏
大阪工業大学 フェロー 松井繁之 大阪工業大学 正会員 堀川都志雄

1. はじめに 著者らは、これまでにロビンソン型の鋼・コンクリート合成床版（以下、合成床版と略す）を対象として、床版の単純支持部における疲労耐久性を確認した¹⁾。

本報告は、写真-1に示す床版張出し部の輪荷重走行試験の試験体²⁾に関して、単純支持部と同様にコンクリート・鋼板・スタッド・鉄筋などについて細部まで忠実に表現した3次元モデルを用いた有限要素解析（以下、FE解析と略す）を実施し、床版張出し部の疲労耐久性について検討を加えるものである。

2. 対象とする試験体 試験体の構造は、図-1に示すように2本の主げた上に床版を固定したものであり、橋軸方向の端部に横げたを設けて床版を支持している。試験体の主鉄筋は車輪走行方向に直角に配置しており、主げたの間隔が0.8m、横げたの間隔が2.9m、張出し部の全長が1.3m、主げたG2から輪荷重走行位置までの距離が0.8mである。各部の構造寸法は、コンクリート版厚200mm・鋼板厚9mm・横リブ100mm×16mm・頭付きスタッドφ16mm×120mmである。

なお、輪荷重走行試験における載荷荷重は98kNから157kN、総走行回数は26.6万回である。

3. 3次元FE解析の概要 3次元FE解析の解析モデルは、図-2に示すように床版に加えて主げた部分もモデル化している。解析モデルの境界条件は、主げたの橋軸方向の端部において下フランジの並進変位を拘束し、横桁のウェブ位置の鉛直変位を拘束した。一方、荷重条件は、輪荷重走行位置上の各箇所に道路橋示方書に示されるT荷重の載荷面である橋軸直角方向500mm×橋軸方向200mmの範囲に98kNを等分布載荷した。

解析モデルの要素構成は、床版のコンクリートはソリッド要素、下鋼板および横リブはシェル要素、スタッドおよび鉄筋ははり要素とした。コンクリートについては、ひびわれを考慮しない全断面有効モデルとひびわれを考慮した引張領域無視モデルを導入した。なお、下鋼板および横リブとコンクリートとの界面については、付着力および摩擦力を無視し、接触・非接触現象を考慮した。

4. 解析方法の妥当性の検証 試験体の中央に荷重を載荷した場合の図-1のA-A断面における橋軸直角方向の弾性たわみの測定値および解析値を図-3に示す。図中の測定値は



写真-1 張出し部の輪荷重走行試験の試験体

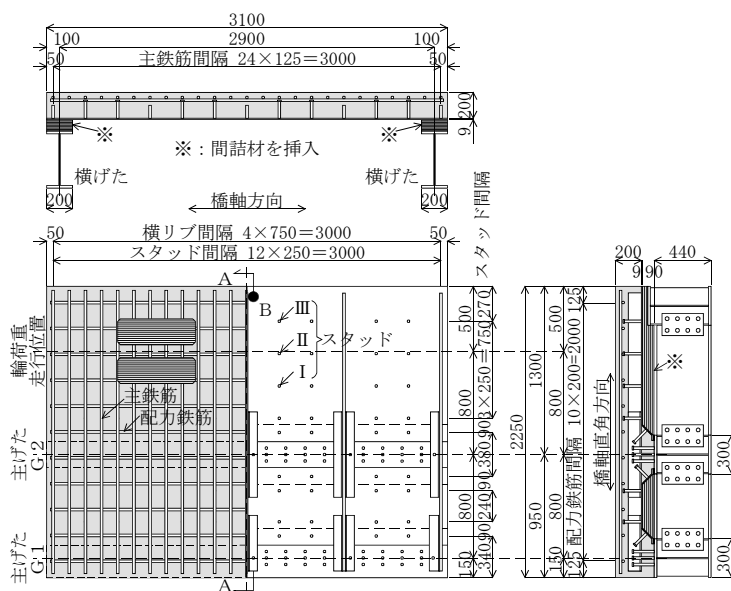


図-1 試験体の詳細図

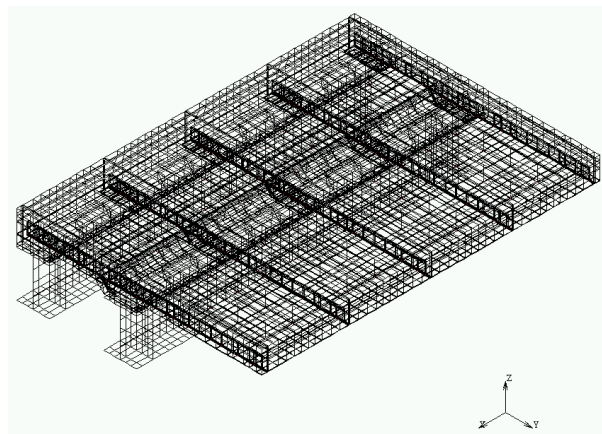


図-2 全断面有効モデルの要素分割

キーワード：鋼・コンクリート合成床版、張出し部、3次元有限要素解析、疲労耐久性、スタッド
〒550-0014 大阪市西区北堀江 1-22-19 TEL 06-6532-4897 FAX 06-6532-4890

すべて98kNに換算した値である． 荷初期の測定値は全断面有効モデルの解析値にほぼ一致している． また， 荷終了時の測定値は， 引張領域無視モデルの解析値の75%程度であり， 両者の分布形状はほぼ等しい． この結果から， 前述したモデル化を適用した3次元FE解析により， 試験体の挙動が精度よく表現できるものと判断した．

5. 試験体のたわみの変化および劣化度 張出し部の先端である図-1に示すB点の弾性たわみの変化を図-4に示す． また， 文献3)において提案されているRC床版の活荷重たわみによる劣化度の評価の方法を， 試験体に適用した結果を式(1)に示す． 試験体の走行試験における劣化度は， 荷終了時の荷重が157kNの場合においても使用限界と定義される1.0の65%程度に留まっている．

$$D_{\delta} = \frac{W - W_0}{W_c - W_0} = \frac{1.604 - 0.553}{2.180 - 0.553} = 0.646 \leq 1.0 \tag{1}$$

ここで， W は弾性たわみの測定値(mm)， W_0 は全断面有効モデルの解析値(mm)， W_c は引張領域無視モデルの解析値(mm)である．

6. スタッドの累積損傷度 図-1に示すスタッドⅢは， 張出し部の先端付近に位置するせん断力が最大のスタッドである． このスタッドの基部に関して， 引張領域無視モデルにおける橋軸方向に作用するせん断力の変化を図-5に示す． なお， 図中に付記するスタッドⅢ' は， 試験体の中心線に関してスタッドⅢと対称の位置にあるスタッドを示す． スタッドⅢのせん断力は大きく交番し， 最大値は2.670kN， 最小値は-1.624kNであり， せん断力の振幅は4.294kNとなる． このせん断力の振幅に道路橋示方書に示される衝撃係数を考慮し， スタッドの断面積で除したせん断応力振幅は29.7N/mm²であり， 文献4)に示される合成床版のスタッドの疲労強度50N/mm²の60%程度となる．

次に， 合成床版のスタッドの疲労寿命曲線⁴⁾にマイナーの線形被害則を適用して， スタッドに作用するせん断力をもとにした累積損傷度を算出した結果を表-1に示す． 試験体の損傷度は， スタッドの破壊と定義される1.0に対して非常に小さく， 荷荷重が157kNの場合においても疲労寿命は3,700万回と大きいことがわかる．

7. まとめ 本報告では， 合成床版の張出し部に関して3次元FE解析を実施し， 床版の劣化度の評価やスタッドの累積損傷度の算定を行った． 今後は， スタッドのせん断力に及ぼすコンクリート版厚や横リブの影響について検討を行う予定である．

<参考文献>1)街道， 渡辺， 橋， 松井， 堀川： 鋼・コンクリート合成床版の輪荷重走行試験および3次元有限要素解析による疲労耐久性評価， 構造工学論文集 Vol.50A， 土木学会， 2004.3. 2)街道， 渡辺， 橋， 松井， 堀川： 床版張出し部の輪荷重走行試験および曲げモーメント性状について， 構造工学論文集 Vol.48A， 土木学会， 2002.3. 3)松井， 前田： 道路橋RC床版の劣化度判定法の一提案， 土木学会論文集 第374号／I -6， 1986.10. 4)土木学会： 鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物， 平成9年版， 丸善， 1997.9.

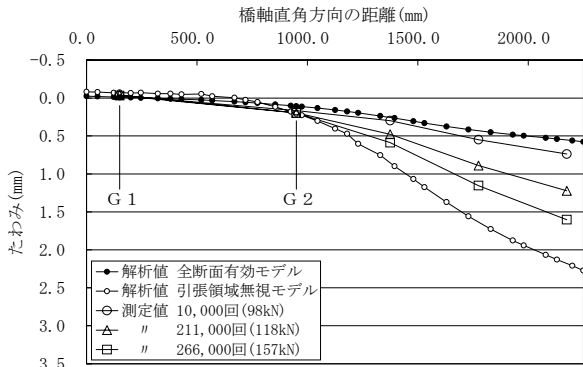


図-3 たわみ分布の比較（A-A断面）

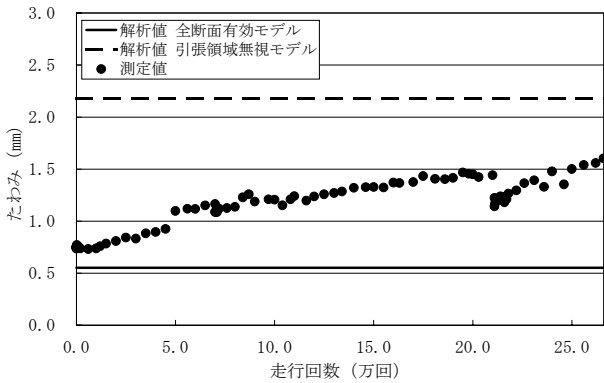


図-4 たわみの進展図（B点）

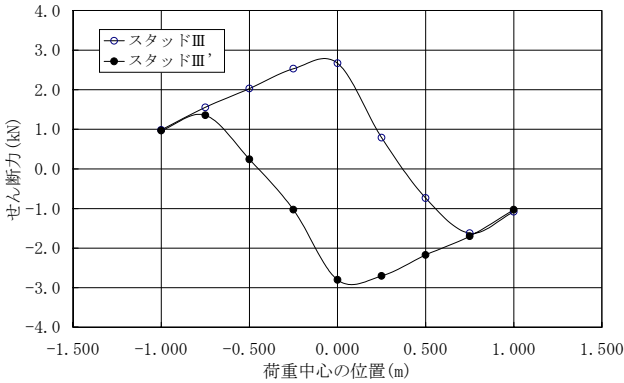


図-5 スタッドⅢに作用する橋軸方向のせん断力

表-1 スタッドⅢの累積損傷度

荷荷重	走行回数	せん断応力振幅 の換算値	τ_i に対応する疲労寿命	損傷度 D_i
kN	n_i	τ_i (kN/mm ²)	N_i	$\sum n_i / N_i$
98	70,000	29.7	326,216,429,116	0.000
118	141,000	35.7	9,108,390,392	0.000
137	5,000	41.5	513,031,178	0.000
157	50,000	47.5	37,144,253	0.001
	266,000		累積損傷度 D_c	0.001