

RC 床版の支持条件が T 荷重に対する応答に及ぼす影響

熊本大学 大学院自然科学教育部 学生員 ○案浦 宏太
 熊本大学 くまもと水循環・減災教育センター 正会員 松村 政秀
 熊本大学 大学院先端科学研究部 正会員 森山 仁志

1. まえがき

鋼道路橋コンクリート床版は、設計上は主桁上の相対する2辺は単純支持、橋軸直角方向の2辺は自由支持の等方弾性無限板として扱われ、活荷重に対する疲労耐久性は床版供試体長辺を丸鋼で支持した輪荷重走行試験により検証される。実構造物における RC 床版は、スタッドやスラブアンカー等のずれ止めを用いて主桁上で接続されるため、RC 床版下面に発生する引張応力は設計値と比較して低く、疲労耐久性に関して安全側の評価となる¹⁾。本稿では、RC 床版の支持条件が T 荷重に対する応答に及ぼす影響を数値解析により検討する。

2. 解析条件

既往の輪荷重走行試験に用いられる供試体を参考にして、解析対象とする RC 床版は図-1 に示すように、床版支間 2,500 mm、長辺 4,500 mm、床版厚 t 220 mm とする。コンクリートは 8 節点弾性ソリッド要素、厚さ方向の要素長は 1 辺 44 mm に 5 分割にモデル化した。材料特性は、コンクリートの設計基準強度 f_c を 50 N/mm^2 と仮定し、弾性係数 E_c を $33,000 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比 ν_c を 0.17 とした。分布荷重 $p(x, y)$ は T 荷重 100 kN を図-1 に示す供試体中心 $200 \times 500 \text{ mm}$ の範囲で除した一様分布荷重として与えた。解析ソルバーは EPASS/USSP を使用する。

輪荷重走行試験では、供試体寸法が限定されるため短辺を弾性支持とした無限板の挙動に着目される。解析では短辺下面を成す節点にはり要素を共有し、はり要素の曲げ剛性は、式(1)で表される弾性薄肉曲げ理論の微分方程式を 2 重フーリエ級数展開して得られる理論解²⁾と数値解析のたわみの最大値が一致するように試行により決定した。

$$D \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = p(x, y) \quad (1)$$

ここに、 $D = E_c t^3 / 12(1 - \nu_c^2)$: 板の曲げ剛性、 w : たわみ、 $p(x, y)$: 分布荷重

長辺の支持条件は表-1 に示すように単純支持 *SS*、固定支持 *FIX*、スタッド支持 *STUD*、すべり支持 *SLID* とする。スタッド支持 *STUD* およびすべり支持 *SLID* は、図-2 に示すばね要素を 100 mm 間隔で配置した。スタッドの水平剛性は直径 d が 13 mm のスタッド 2 本の押し抜きせん断試験結果³⁾を参考に、図-2(a) に示すマルチリニアでモデル化し、初期剛性 k_{STUD1} を 150 kN/mm 、降伏変位 δ_{yield} を 0.4 mm、降伏荷重 P_{yield} を 60 kN、二次剛性 k_{STUD2} を 20 kN/mm 、三次剛性 k_{STUD3} を 2 kN/mm 、終局変位 δ_{ult} を 4.0 mm ($= 0.3 d$) とする。スタッドの鉛直剛性は図-2(c) でモデル化し、既往研究³⁾より、圧縮剛性 $1,300 \text{ kN/mm}$ 、引張剛性 88 kN/mm とする。すべりの水平剛性は図-2(b) に示すバイリニアでモデル化し、初動変位 $\delta_{sliding}$ は 0.1 mm、摩擦係数 μ は 0.01, 0.10, 0.50 の範囲で変化させる。すべりの鉛直剛

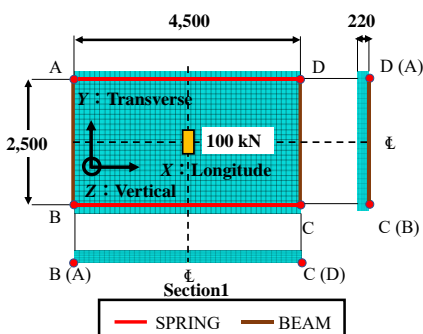


図-1 床版供試体の諸元 (単位: mm)

表-1 床版下面の支持条件

ケース名	長辺 (辺AD,辺BC)	短辺 (辺AB,辺CD)	隅角部			参考
			点B	点C	点D	
<i>SS</i>	u_z	弾性支持	u_y u_z	u_x u_y u_z	u_x u_z	設計上の仮定
<i>FIX</i>	u_y, u_z					-
<i>STUD</i>	スタッド支持					実構造
<i>SLID</i>	すべり支持					-

キーワード 鋼道路橋コンクリート床版、疲労耐久性、輪荷重走行試験、数値解析

連絡先 〒860-0855 熊本市中央区黒髪 2-39-1 熊本大学自然科学教育部 TEL 096-342-3546

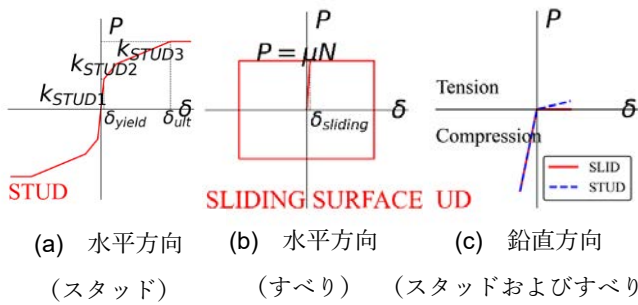


図-2 接続構造のモデル化

性は、図-2(c)でモデル化し、圧縮側はスタッド支持と同様、引張側は抵抗しないと仮定する。

3. 解析結果

表-2 に、たわみおよび引張応力の最大値を、図-3 に橋軸直角方向断面 (図-1 の, Section1) のたわみ曲線, 図-4 にすべり支持 SLID の荷重変位関係, 図-5 に床版下面における橋軸直角方向 Y の応力分布をそれぞれ示す. T 荷重に対するたわみは単純支持 SS, すべり支持 SLID, スタッド支持 STUD, 固定支持 FIX の順で大きく, 設計上の仮定である SS は, SLID と同程度の応答であった. また, T 荷重作用によりすべりは発生せず, さらに SLID の初期剛性は STUD と比較して小さいため, 本解析の範囲内では SLID の場合にも摩擦係数 μ がたわみ性状に与える影響は小さい. なお, STUD および FIX の引張応力の最大値は SS と比較して, 17% および 36% 小さく, これは既往の解析結果⁴⁾と同程度である.

4. まとめ

本稿では, RC 床版の支持条件が T 荷重に対する応答に与える影響を解析的に検討した. その結果, T 荷重に対するたわみは単純支持 SS, すべり支持 SLID, スタッド支持 STUD, 固定支持 FIX の順で大きい. ただし, SLID の初期剛性は STUD と比較して小さいため, SLID の場合に摩擦係数 μ がたわみ性状に与える影響は小さい. また, 引張応力により評価すると, すべり支持の場合の RC 床版の疲労耐久性は輪荷重走行試験と同様な単純支持とほぼ同程度であり, 低下しない. 今後は, 鋼桁を考慮した解析や, 実験的検討を行う予定である.

参考文献

- 1) 大西浩志, 松井繁之: 橋軸直角方向プレストレスを導入した鉄筋コンクリート床版の疲労耐久性, 構造工学論文集, Vol.44A, pp.1373-1382, 1998.
- 2) Timoshenko, S. and Woinowsky-Krieger, S: Theory of Plates and Shells, McGraw-Hill, p.208, 1959.
- 3) 中島章典, 池川真也, 山田俊之, 阿部英彦: ずれ止めの非線形挙動を考慮した不完全合成桁の弾塑性解析, 土木学会論文集, No.53/I-35, pp.97-106, 1996.
- 4) Koichi Maekawa, Esayas Gebreyouhannes, Tetsuya Mishima, and Xuehui An: Three-Dimensional Fatigue Simulation of RC Slabs under Traveling Wheel-Type Loads, Journal of Advanced Concrete Technology, pp.445-457, 2006.

表-2 たわみおよび引張応力の最大値

ケース名	たわみの最大値 (mm)	引張応力の最大値 (N/mm ²)	
		直角方向Y	橋軸方向X
SS	0.34 (—)	2.24 (—)	1.72 (—)
FIX	0.21 (62%)	1.44 (64%)	1.72 (100%)
STUD	0.28 (82%)	1.87 (83%)	1.72 (100%)
SLID	($\mu=0.50$)	0.33 (97%)	2.18 (97%)
	($\mu=0.10$)	0.34 (100%)	2.23 (100%)
	($\mu=0.01$)	0.34 (100%)	2.24 (100%)

※ () 内の値は単純支持SSとの比率を示している

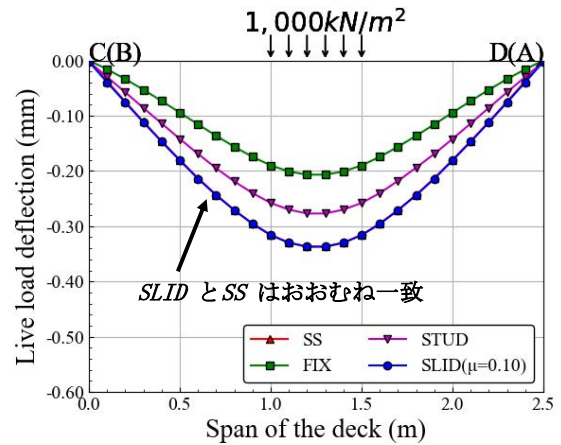


図-3 橋軸直角方向断面 (Section1) のたわみ曲線

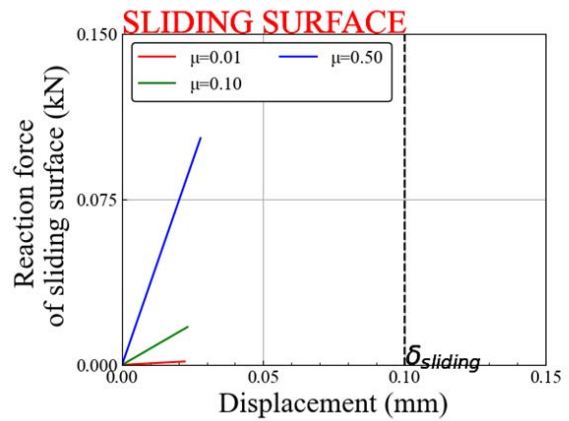


図-4 すべり支持の荷重変位関係

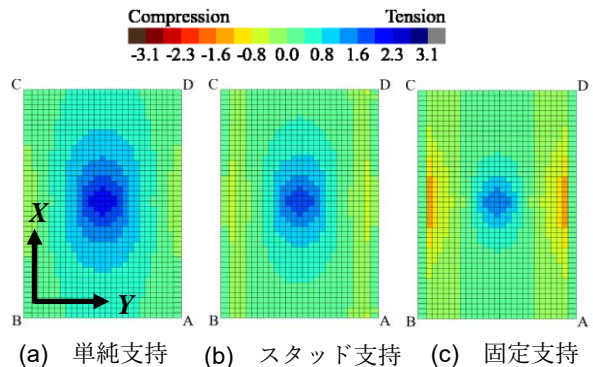


図-5 RC 床版下面における橋軸直角方向 Y の応力分布