

実交通状態と輪荷重走行試験条件との違いに着目した RC 床版の疲労解析

東京大学大学院工学系研究科 学生会員 ○丸野 幹人
東京大学大学院工学系研究科 正会員 前川 宏一

1. 目的

輪荷重走行試験機の開発によって RC 床版の劣化進行メカニズムが明らかにされてきたが、試験条件と実交通状態との間には荷重の分布や接地寸法、通行位置等の点で考慮すべき事項が残されている。これらの要因の影響度合を実験的に評価することは現在の試験機の制約上、困難である。そのため、本研究では、適用性の検証が進みつつある疲労解析手法を活用し、種々の条件に応じた破壊回数の変化について数値計算によって検討・評価した。

2. 解析諸元

解析には、疲労履歴を追跡する経路積分型の三次元有限要素解析を用いた。高サイクル疲労に対応した構成則が組込まれ、室内疲労実験を追跡できることが確認されている¹⁾。床版モデルを図-1 に示す。床版支間は橋軸直角方向に 2.5m、橋軸方向 3.3m、床版厚 16mm であり、拘束条件は 4 辺単純支持とした。材料物性(表-1 に示す)や配筋は昭和 39 年の道路橋示方書に基づいている。床版中央部に 16tf の輪荷重を橋軸方向 2m にわたり载荷した。

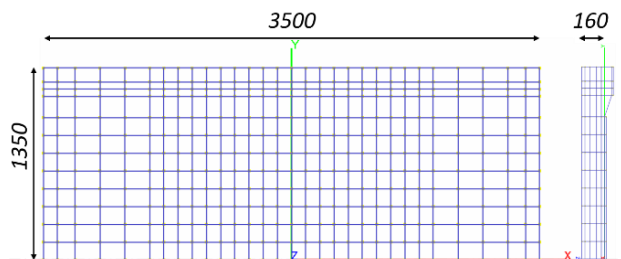


図-1 1/2 床版モデル

表-1 材料物性

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
コンクリート	2.1×10^4	25.5	1.8
鉄	2.1×10^5	400 (降伏強度)	

3. 検討要因と結果

3. 1 タイヤの接地形状

同一の荷重で疲労試験を行っても、試験機が異なると破壊回数は同一とならない。この理由の一つに車輪による接地面の状態の違いが考えられる。そこで、荷重载荷ブロック幅 500mm 長さ 200mm を基準として、各辺の長さを変化させた合計 4 通りのケースを解析的に検討した(図-2)。繰り返し回数に伴う床版中央たわみの解析値を図-3 に示す。実験における判定基準に倣い、中央たわみが 20mm を越えた時点を破壊とする。結果、タイヤの断面積が小さくなると破壊回数は小さくなり、断面積が同一であっても幅と長さの関係によって回数は変化した。室内実験結果を実橋梁の寿命推定に活用するにあたり、接地面の形状を考慮する必要があることが確認された。

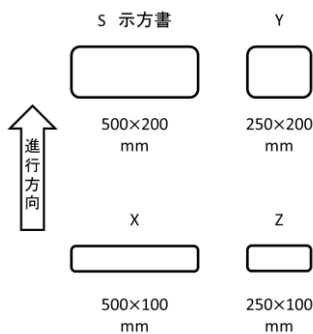


図-2 接地面の形状

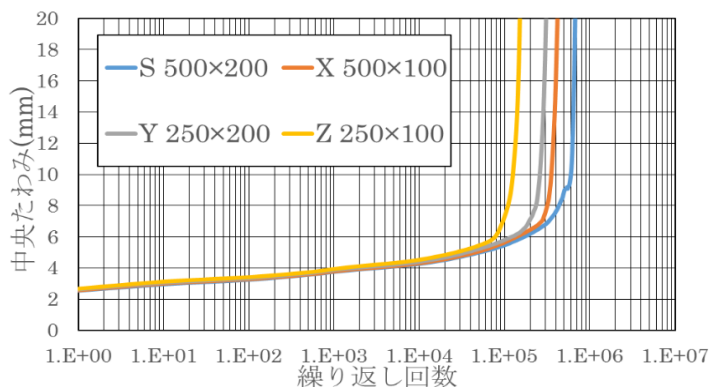


図-3 接地形状による中央たわみの変化

キーワード RC 床版, 疲労解析, 輪荷重走行試験機, 接地面, 通行位置, 重荷重

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 工学部 1 号館 230 号室 TEL03-5841-6146

3. 2 橋面上の車両通行位置

輪荷重走行試験では荷重は常に同一の軌跡を通るが、実車両の通行位置は進行方向に対して左右に分散する。この影響についてはこれまで単純梁のせん断力の影響線を用いて評価²⁾されているが、移動荷重による力の向きと大きさの変化は考慮されていない。そこで、中心線と25cmずつ左右に平行移動させた2線上を順番に荷重が通行するという条件設定で解析を行った。繰り返し回数 $n=16$ における床版下面の主ひずみコンターを図-4に示す。通行位置が分散することによりひび割れの入り方が変化し、引張領域が増加してくる。荷重分散によって中心点における応力振幅は小さくなるもの、ひび割れ領域が広がるために、疲労寿命は短くなる結果となった。

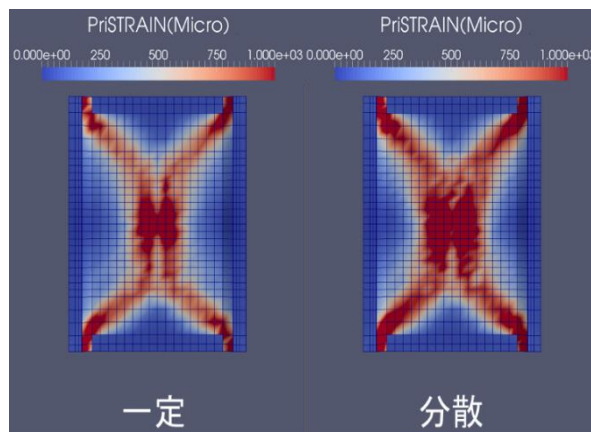


図-4 $n=16$ における床版下面の主ひずみ状況

3. 3 重荷重の混入

16tfを基本荷重として1.5, 1.75倍の重荷重を混入させた場合について数値解析的に検討した。16tf標準ケースと、混入割合と荷重値を組み合わせた計5通りのケース(表-2に示す)の解析結果を図-5に示す。重荷重の混入割合により、著しく破壊回数は変化する。ここで、疲労損傷の蓄積に対して線形性を仮定したマイナー則とS-N曲線の傾きの逆数(=12.76)から、荷重16tf相当に換算した破壊回数の対数 $\log N'$ を算出して比較する(表-2)。これらがおおよそ6程度の一定値にあることから、経験則であるマイナー則が成立することが数値解析からも確認された。

表-2 荷重設定ケースと破壊回数

Case	Load	N (万回)	N' (万回)	Log N'
S	16t	50	50	5.699
A	24t:10%	6	111	6.047
B	24t:20%	4	144	6.160
C	28t:20%	1	127	6.104
D	28t:10%	0.5	126	6.103

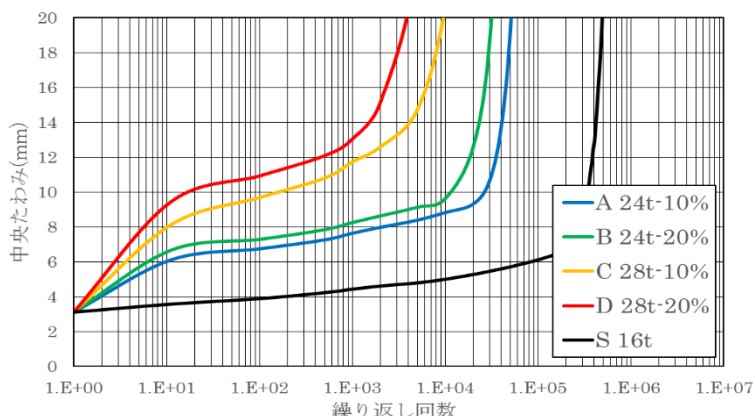


図-5 重荷重混入による中央たわみの変化

4. まとめ

本研究の解析的検討より、通行位置が床版疲労寿命に与える影響は軽微であったが、分散することで寿命が短くなる可能性が指摘された。接地形状による破壊回数の変化は無視できず、また、変動荷重による影響が支配的であることが示された。疲労損傷の蓄積に関する線形性を意味するマイナー則が成立することが、数値解析からも確認された。本研究では個別の要因の影響を独立で検討するために、環境条件等は理想的な状態で一定としたが、水の浸透のような条件が付加された場合等と合わせて、今後検討する必要があると考えている。

参考文献

- 1) Maekawa, K., Gebreyouhannes, E., Mishima, T., An, X.: Three-Dimensional Fatigue Simulation of RC Slabs under Traveling Wheel-Type Loads, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.4, No.1, pp.159-177, 2006
- 2) 井ヶ瀬良則, 篠原修二, 長瀬嘉理: 交通荷重実態を考慮した鋼橋床版の疲労設計に関する検討, 構造工学論文集, Vol.49A, pp.767-772, 2003