

丸鋼を用いた鉄筋コンクリート床版の有限要素法による疲労解析の適用性

北武コンサルタント株式会社 正会員 ○坂口 淳一
株式会社コムスエンジニアリング 正会員 土屋 智史
北武コンサルタント株式会社 正会員 渡辺 忠朋

1. はじめに

道路橋の鉄筋コンクリート（以後、RC と呼ぶ）床版は、輪荷重を直接支持する部材であるため、移動荷重の繰返しにより損傷が進展し、破壊に至る場合がある。昭和 40 年代中頃までは、RC 床版に丸鋼が使用されていた実態があり、これらの RC 床版は、供用年数の経過とともに損傷が顕在化している。

疲労破壊に対する数値解析による検討として、前川・藤山らは、床版を対象とした有限要素解析を実施しており、コンクリートの疲労損傷挙動を考慮した材料構成則を用いることで、異形鉄筋を用いた RC および合成床版の疲労損傷過程を良好に再現できることが示されている¹⁾。本検討では、丸鋼を用いた RC 床版への解析手法の適用性を検討する。

2. 解析概要

本検討では、図-1 に示す実大床版の輪荷重走行試験²⁾を解析対象とした。解析モデルは、対称性を考慮して、図-2 に示すように 1/2 モデルとした。

上述の通り、2012 年制定土木学会コンクリート標準示方書³⁾が準拠する非線形材料構成則を基本として、コンクリートの高サイクル疲労損傷の影響を考慮したモデル¹⁾を用いる。RC 床版の材料特性値は、コンクリートの圧縮強度 $f'_c=43.2 \text{ N/mm}^2$ 、粗骨材の最大寸法 $G_{\max}=25 \text{ mm}$ 、鉄筋のヤング係数を 200 kN/mm^2 、降伏強度を丸鋼で 235 N/mm^2 、異形鉄筋で 345 N/mm^2 に設定した。圧縮強度は材料試験値を用いている。走行方向端部の弾性支持材(H 鋼)は、鋼材のヤング係数 $E=200 \text{ kN/mm}^2$ による弾性体とした。

検討ケースを、表-1 に示す。丸鋼を用いた床版に対しては、鉄筋が配置された部位のコンクリートの引張軟化係数を、第 1 次近似として、鉄筋量によらず無筋コンクリートとした場合の値を用いて簡易的にモデル化する。これは、付着の影響に関する極限（下限側）のモデル化であると想定したものである。

表-1 検討ケース

検討ケース	鉄筋種別	鉄筋が配置された部位のコンクリートの引張軟化係数 C
Case1	異形鉄筋	$C = 0.4$
Case2	丸鋼	無筋コンクリートと同一であると仮定

表-2 配筋諸元²⁾

		走行直角方向		走行方向	
		Case1	Case2	Case1	Case2
鉄筋		D16	φ 16	D13	φ 13
配置間隔 (mm)	上面側	260		230	
	下面側	130			

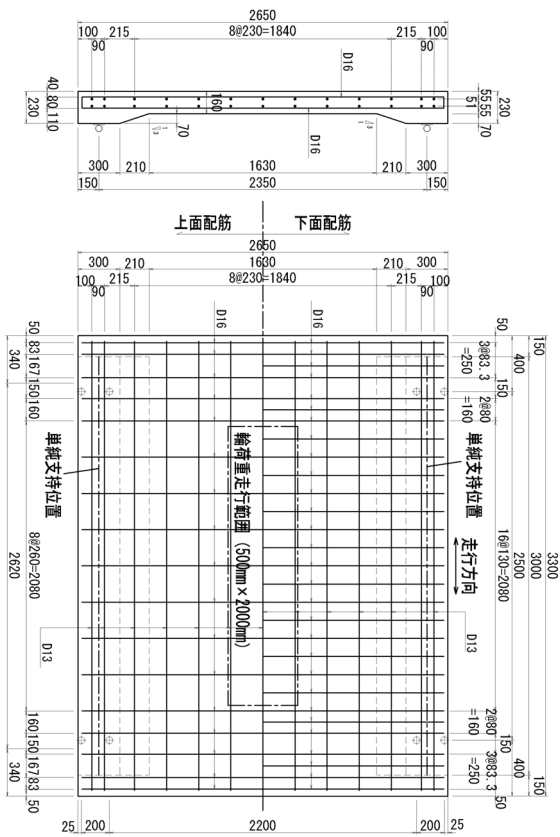


図-1 解析対象の実験供試体の形状および配筋²⁾

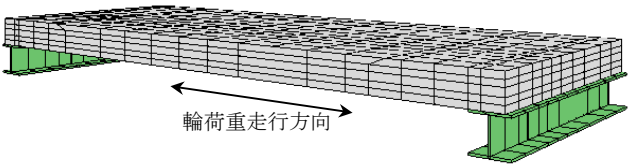


図-2 三次元解析モデル

キーワード 鉄筋コンクリート床版、丸鋼、非線形有限要素解析、疲労破壊

連絡先 〒062-0020 北海道札幌市豊平区月寒中央通 7 丁目 4-7 北武コンサルタント(株) TEL011-851-3181

なお、静的な荷重を受ける丸鋼を用いた RC 部材に対する本モデル化手法の妥当性は、文献 4) において検証されている。

解析においても、輪荷重走行試験の輪荷重の移動を模擬し、輪荷重の平均的な走行速度を考慮した時間刻みによる繰返し移動荷重を付与した。なお、輪荷重は、輪荷重走行試験と同様に、走行回数 10 万回ごとに増加させている。

3. 解析結果

床版中央に輪荷重が載荷された状態の床版中央の鉛直変位と繰返し回数の関係を図-3 に示す。繰返し回数に応じた輪荷重を図中に併記した。図より、いずれのケースにおいても、輪荷重は静的な破壊耐力を下回る値であっても、繰返し回数が増えるに従って、RC 床版のたわみが徐々に大きくなり、損傷が進展する現象が解析により再現されている。

丸鋼と異形鉄筋の差異については、当初は両者に大きな差異はないものの徐々に乖離が生じ、最終的に丸鋼を用いた RC 床版の変位が大きくなる結果が得られた。このことは、図-4 に示す輪荷重走行試験により実験的に確認された傾向と類似している²⁾。

図-5 には、輪荷重と床版中央の鉛直変位関係を示した。図中には、等方性版解析から得られる全断面有効と引張側コンクリートを無視したひび割れ断面による剛性も併記した。図より、載荷初期は全断面有効の剛性に一致し、輪荷重強度が増加すると、輪荷重強度について Case1 で 170 kN、Case2 で 200 kN を超えたあたりから、同一の輪荷重においても輪荷重の移動荷重により鉛直変位が増加している。

4. まとめ

本検討では、丸鋼を用いた RC 床版の疲労破壊に対する有限要素解析の適用性を検討した。その結果、丸鋼を用いた RC 床版の鉛直変位が、異形鉄筋を用いた場合に比べ、より少ない繰返し回数で急増し始める傾向が確認され、輪荷重走行試験において確認されている実験結果と傾向が一致した。

以上、解析結果を速報的にまとめたが、実用的には、コンクリートの引張軟化係数の扱いによる簡便な手法で、丸鋼を用いた RC 床版の疲労損傷過程を概ね再現できる見込みが得られた。今後は、ひずみ分布など、詳細に解析結果の妥当性を検証するとともに、鋼材種別による破壊メカニズムの違いについ

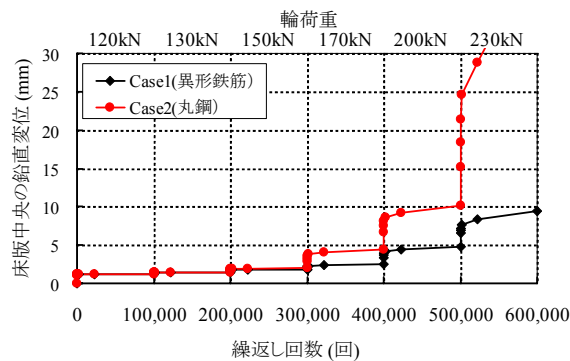


図-3 鉛直変位－繰返し回数関係（解析結果）

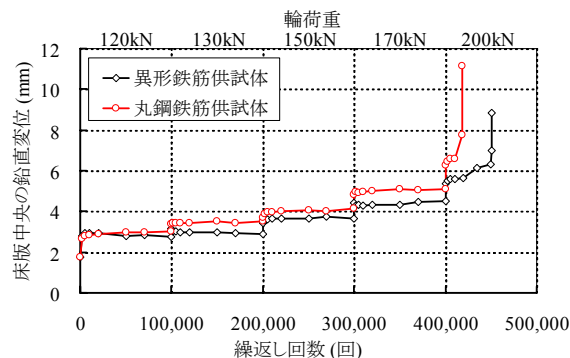


図-4 鉛直変位－繰返し回数関係（実験結果）²⁾

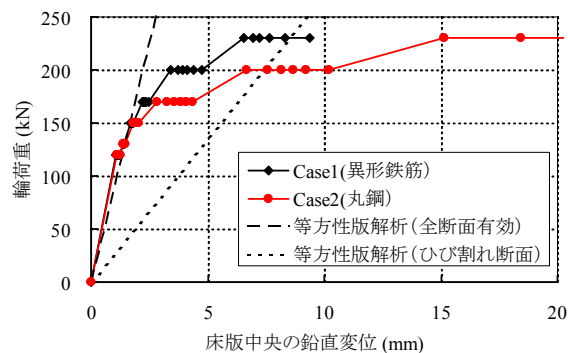


図-5 輪荷重－鉛直変位関係（解析結果）

て考察を深めたいと考えている。

参考文献

- 1) 藤山知加子, 商 峰, 櫻井信彰, 前川宏一: 直接経路積分法に基づく鋼コンクリート合成床版の疲労寿命推定と損傷モード, 土木学会論文集 A, Vol.66, No.1, pp.106-116, 2010.
- 2) 赤代恵司, 三田村浩, 渡辺忠朋, 岸 徳光: 鉄筋の付着特性が RC 床版の疲労特性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.2, pp.727-732, 2010.
- 3) 土木学会: 2012 年制定 コンクリート標準示方書【設計編】, 2013.
- 4) 日本コンクリート工学会: コンクリートと補強材の付着挙動と付着構成則に関するシンポジウム, pp.252-264, 2011.