

不同沈下による影響を考慮した連続鉄筋コンクリート舗装の応力解析および疲労計算

セメント協会 正会員 ○泉尾 英文
広島大学名誉教授 名誉会員 佐藤 良一
ニチレキ 正会員 亀田 昭一
セメント協会 正会員 吉本 徹
広島大学 正会員 小川 由布子

1. はじめに

盛土の不同沈下を考慮した連続鉄筋コンクリート舗装の設計法を確立するために、路盤とコンクリート版の剥離・接地および横ひび割れのせん断伝達を考慮した応力解析の枠組みを構築した¹⁾。本解析モデルを用いて疲労度の計算を行い、従来法に基づく既往検討結果²⁾との比較を行った。なお、一般的な疲労計算のパラメータを全て計算すると膨大な計算量となるため、疲労計算の簡略化を検討したうえで応力解析を実施した。

2. 応力解析の概要

本解析モデルのメッシュ図を図1に、設定値を表1に示す。CRC版の横ひび割れは、版厚方向に一定の幅0.3mmのひび割れを1m間隔で配置した。輪荷重は、図2に示すように後輪2軸のダブルタイヤをモデル化し、発生応力が最も高くなるように前軸のタイヤをひび割れ近傍に配置した。解析は、自重、自重の作用に伴うクリープ、温度差および輪荷重による各作用を100ステップに分割して段階的に载荷し、逐次、CRC版と路盤の接地・剥離および横ひび割れにおける骨材のかみ合いの状態を確認し、その状態に応じて弾性係数やせん断剛性を変更した。解析ケースは、版厚、温度差、輪荷重および走行位置を要因に表2に示す水準とした。一般的な疲労計算におけるパラメータを全て計算すると2500超の解析ケースとなるが、ここでは温度差5水準、輪荷重4水準および走行位置5水準の計100ケースにまで絞り、簡素化したパラメータでFEM解析を実施した。簡素化による疲労度への影響程度を従来の疲労計算で確認し、簡素化前の疲労度が0.51に対して簡素化によって疲労度は0.66に増加することを事前に確認した。

表1 設定値

要素	層厚 (mm)	弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比
CRC版	表2	30,000	0.20
As中間層	40	2,000	0.35
路盤	150	200	0.35
路床	1000	46	0.40
路盤支持力係数 (GPa/m) ※GAMES		0.1	
縦鉄筋	鉄筋比	約0.65%	
	弾性係数 (N/mm ²)	200,000	
	せん断剛性 (N/mm ²)	20	
ギャップ	最大ギャップ厚さ (mm)	0.5	
	曲率半径 (m)	3331	
	弾性係数 (N/mm ²)	接地前	1×10 ⁻⁶
ひび割れ		接地後	2,000
	弾性係数 (N/mm ²)	接触前	1×10 ⁻⁶
		接触後	24,000
	かみ合いせん断すみ	0.19	
	せん断剛性 (N/mm ²)	かみ合い前	1×10 ⁻⁶
		かみ合い後	10,000

表2 解析ケース

版厚 (mm)	温度差[上凸] (°C)	輪荷重 (kN)	走行位置 版縁部から (mm)
320	18	117.6 78.4 49.0 19.6	500
	14		750
280	10		1050
	6		1350
250	2		1600

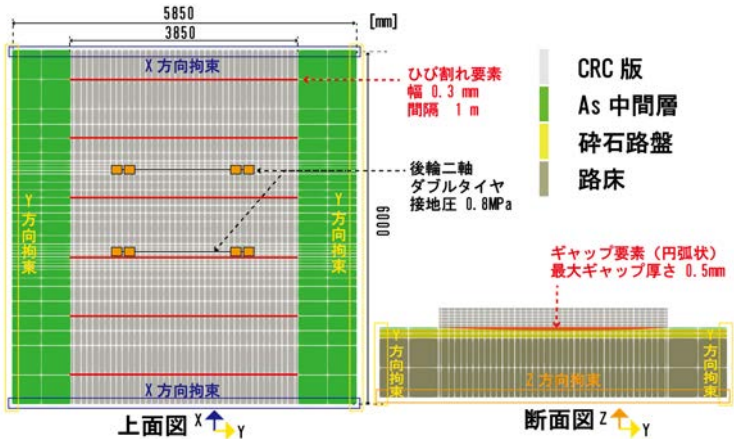
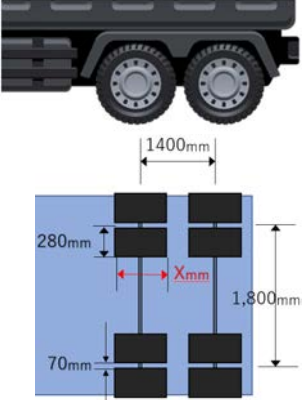


図1 解析モデルのメッシュ図



※接地圧 0.8MPa 一定、接地幅 280mm 一定、輪荷重に応じて接地長さ(X)を変更

図2 輪荷重モデル

キーワード 連続鉄筋コンクリート舗装、不同沈下、応力解析、疲労計算

連絡先 〒114-0003 東京都北区豊島4-17-33 (一社)セメント協会 研究所 コンクリート研究グループ TEL: 03-3914-2695

3. 応力解析結果

自重 (STEP0-100)、自重に伴うクリープ (STEP101-200)、上凸の温度差 (STEP201-300) および輪荷重 (STEP301-400) を段階的に作用させた際に、CRC 版の底面要素に発生する平均応力 (幅員方向) の変化を図 3 に示す。自重によって応力が生じた後、クリープによる応力緩和に加えてクリープの変形に伴う路盤への接地によって応力が低減した。温度差が大きいほど、版に生じる応力は増加した。輪荷重が大きいほど応力が増加するが、ひび割れ部のせん断変形によって骨材のかみ合いが生じ、また、CRC 版がたわむことで路盤への接地が生じたため、応力の増加程度が緩やかとなった。

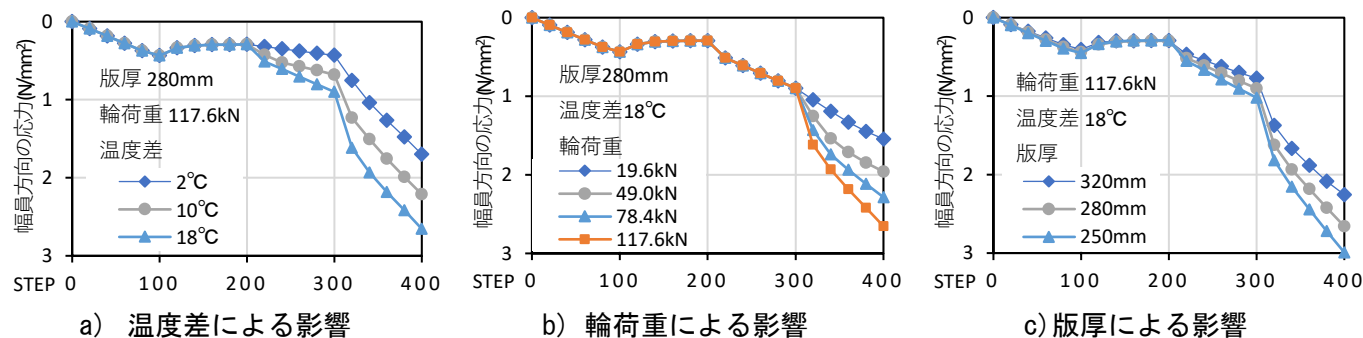


図 3 自重・クリープ・温度差・輪荷重の作用による応力 (幅員方向)

4. 疲労計算結果

本解析モデルによる疲労計算結果を、既往の結果²⁾とともに図 4 に示す。設計期間を 50 年、疲労式の破壊確率を 5% とした。既往検討の疲労度は、従来法³⁾を基に次の方法で計算している。輪荷重応力は縁部載荷公式による応力に応力低減係数 0.65 (CRCP の横ひび割れ部) を乗じて算出、温度応力は縁部温度応力式による応力にそり拘束係数を乗じて算出し、ばね支承平板 FEM による解析結果を基に応力分布 (幅員方向) に拡張している。版下のギャップによる影響は、3 次元 FEM による応力解析の結果を基に、輪荷重応力を増加させた。詳細は既報²⁾を参照されたい。

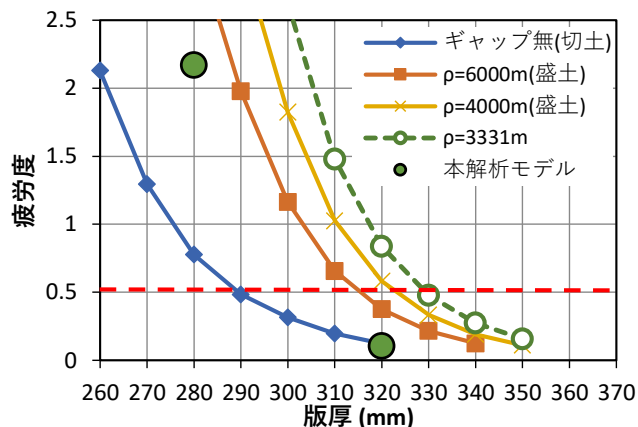


図 4 版厚と疲労度の関係

本解析モデルによる疲労度は、版厚 320mm において 0.11、版厚 280mm では 2.17 であった。版厚 280mm の疲労度は、既往検討における切土を想定 (ギャップ無) した結果よりも高く、盛土を想定して CRC 版下のギャップによる影響を考慮した結果よりも小さかった。本解析モデルでは、路盤と CRC 版の接地を逐次評価したことで路盤の支持力が適切に評価されたこと、横ひび割れ部のかみ合いを評価したことでせん断伝達が適切に評価されたことで、温度差および輪荷重の作用によって発生する応力が変化し、合成応力 (温度差+輪荷重) が低減したため疲労度が小さくなったものと推察される。今後、疲労度や簡略化の妥当性について検証を進める。

5. まとめ

不同沈下による影響を考慮した CRC 版の応力解析を用いて疲労計算を実施し、既往の検討結果よりも疲労度が低減されることが確認された。今後、ギャップ厚さを変更するなどデータの蓄積を行うとともに、算出された疲労度の妥当性や簡略化に伴う影響について検証を進めていく予定である。

あとがき 本検討は、セメント協会の「コンクリート舗装の長寿命化・信頼性向上技術検討会」における活動の一環である。検討の一部は、JSPS 科研費基盤研究 (C) (一般) (代表佐藤良一、課題番号 18K04301) に基づいて実施した。関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 亀田昭一ほか: 不同沈下を考慮した CRC 版の自重、温度差、輪荷重による応力履歴解析について、土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会、V-35、2019
- 2) 亀田昭一ほか: 不同沈下の影響を考慮した CRC 舗装の版厚設計—東広島・呉道路への適用—、第 69 回セメント技術大会、pp. 194-195、2015
- 3) 土木学会: 舗装標準設計書 2014 年制定、2015