

超高強度コンクリート舗装の舗装構造設計方法に関する解析的検討

太平洋セメント(株) 正会員 ○上田 宣人 梶尾 聡 石田 征男
石川工業高等専門学校 正会員 西澤 辰男

1. はじめに

筆者らは超高強度コンクリートを適用した舗装の試験施工を行い、良好な施工性と高い曲げ強度が得られることを確認した¹⁾。近年、舗装の性能規定化が進み、理論的設計方法²⁾を活用することで設計の自由度が大幅に高まっている。しかし、理論的設計方法による応力算定式は汎用的なコンクリート強度およびコンクリート版厚を対象としているため、このような超高強度コンクリートに対する適用性は不明瞭である。そこで、本報では、超高強度コンクリート舗装を対象として、3次元有限要素法(3DFEM)³⁾により応力を算出し、耐用年数について理論的設計方法と比較検討を行った。

2. 解析方法

表-1 に本検討に用いたコンクリートの物性値を示す。図-1 に本検討に用いた3DFEMモデルを示す。対象とする舗装は延長10m、幅員3.8mとした。コンクリート版厚は、路盤支持力係数100MPa/mの条件で理論的設計方法による耐用年数が同等となるように設定し、超高強度コンクリート版は170mm、汎用コンクリート版は280mmとした。表-2 に解析に用いた各層の物性値を示す。汎用的な路盤として路床設計CBR8%および軟弱な路盤として路床設計CBR3%を検討対象として、路盤構成は、技術基準⁴⁾に従い、交通量区分N₆における仕様とした。各路盤の支持力係数は、多層弾性理論⁵⁾により求め、CBR8%およびCBR3%の舗装の路盤支持力係数はそれぞれ182MPa/mおよび156MPa/mとした。解析対象位置は、縦自由縁部中央のコンクリート版下面とした。輪荷重は単軸上の単輪とし、接地面積190mm×310mmを有するタイヤを120mmの間隔で並列に配置したダブルタイヤとした。温度応力は、算出された応力に内部拘束応力による減少分を示す係数0.7を乗じて求めた。累積疲労度は、我が国のコンクリート舗装の実績によって検証されている疲労曲線から数式化したものを用いて算出した。その他の設計条件は、舗装設計便覧²⁾の設計例と同一とした。

表-1 コンクリートの物性値

コンクリート種類	超高強度	汎用
曲げ強度 (MPa)	8.1	4.4
静弾性係数 (MPa)	37,600	28,000
ポアソン比	0.2	0.2
温度膨張係数 (1/°C)	1.0×10 ⁻⁵	1.0×10 ⁻⁵

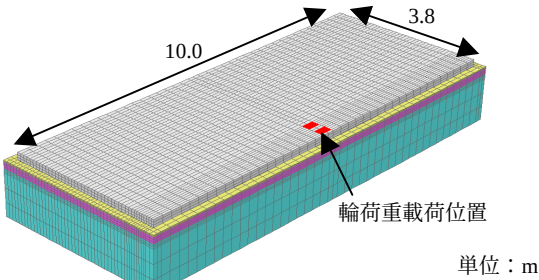


図-1 3DFEM モデル(超高強度, CBR8%)

表-2 各層の物性値

境界面	
水平方向ばね定数 (MPa/m)	9.8
鉛直方向ばね定数 (MPa/m)	9,8000,000
路盤 (アスファルト中間層)	
弾性係数 (MPa)	4,900
ポアソン比	0.35
路盤 (粒度調整碎石)	
弾性係数 (MPa)	490
ポアソン比	0.35
路盤 (クラッシュラン)	
弾性係数 (MPa)	294
ポアソン比	0.35
路床 (土)	
弾性係数 (MPa)	78.4 (CBR8%) ,29.4 (CBR3%)
ポアソン比	0.35

3. 解析結果

図-2 に路盤支持力係数と縦自由縁部における輪荷重98.0kNのときの応力の関係を示す。3DFEMによる応力は、理論的設計方法による応力より小さくなった。その差は、路盤支持力係数の影響が小さく、コンクリートの弾性係数の影響が大きかった。なお、主ひずみ分布より中立軸は概ね図心軸と一致しており、コンクリート版とアスファルト中間層の界面における拘束力はほとんど生じていなかった。

キーワード コンクリート舗装, 超高強度コンクリート, 理論的設計方法, 3次元有限要素法, 累積疲労度
連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL043-498-3852

図-3 に車輪通過位置による輪荷重応力の低減係数を示す。低減係数は、理論的設計方法では一義的に決定しているが、3DFEMにより算出することで、合理的な設計が可能となる。また、路盤支持力を大きくすることおよび超高強度コンクリートを適用することにより、応力の低減が可能となる。

図-4 に路盤支持力係数と縦自由縁部におけるコンクリート版上下面の温度差 13℃のときの温度応力の関係を示す。温度応力は、路盤支持力係数の影響を受けず、3DFEMによる応力は、理論的設計方法による応力より大きくなった。

図-5 に超高強度コンクリート版の解析対象断面における輪荷重 9.8kN と任意の温度差の環境条件で設計期間 20 年とした累積疲労度分布を示す。疲労着目点は、縦自由縁部および任意の走行位置での輪荷重応力が最大となる位置とした。最大となる累積疲労度は理論的設計方法における疲労着目点である縦自由縁部ではなく、縦自由縁部より 1.21m の位置であった。

表-3 に各条件で算出した耐用年数を示す。理論的設計方法の疲労着目点である縦自由縁部で算出した 3DFEM による耐用年数は、汎用コンクリート版では理論的設計方法による耐用年数と同等であるが、超高強度コンクリート版では大幅に増大した。すなわち、理論的設計方法を用いた場合、超高強度コンクリート版では非常に安全側の評価となることが示唆された。累積疲労度が最大となる疲労着目点で算出した 3DFEM による耐用年数は、汎用コンクリート版では理論的設計方法による耐用年数を下回り、危険側の評価となる可能性が示唆された。

今後、超高強度コンクリート舗装の舗装構造設計方法の確立に向けて、各種物性データを拡充するとともに、3DFEM による検証を行い、更なる精度の向上を図る所存である。

参考文献

1) 岡野智哉他:舗装用高強度コンクリートの実用化に向けた実験的検討,舗装,Vol.145,No.10,pp.11-18,2010

2) (社)日本道路協会:舗装設計便覧(平成 18 年 2 月),2006

3) 西澤辰男:3次元 FEM に基づいたコンクリート舗装構造解析パッケージの開発,土木学会舗装工学論文集,第 5 巻,pp.201-215,2000

4) (社)日本道路協会:舗装に関する技術基準・同解説,2001

5) GAMES:[URL]<http://www.jsce.or.jp/committee/pavement/downloads>

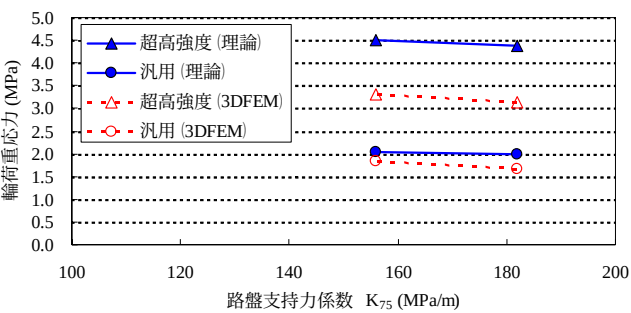


図-2 路盤支持力係数と輪荷重応力の関係

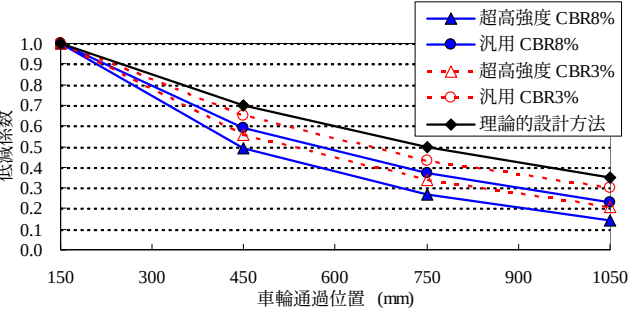


図-3 車輪通過位置による輪荷重応力の低減係数

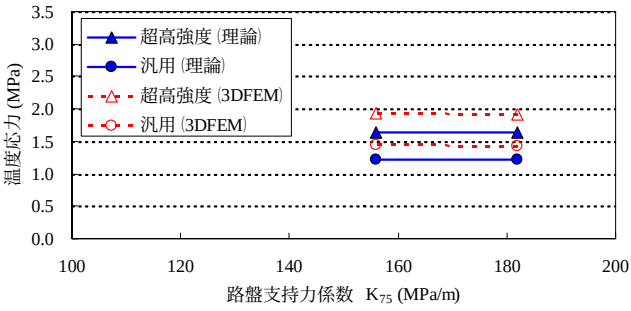


図-4 路盤支持力係数と温度応力の関係

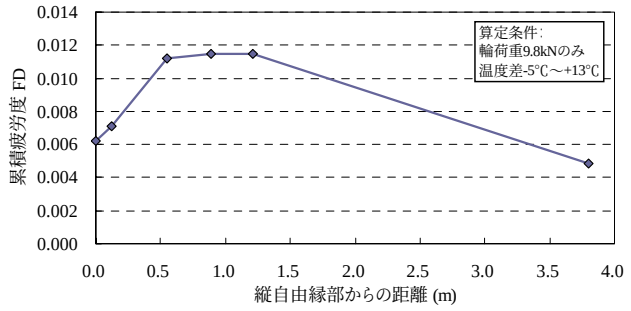


図-5 疲労着目点における累積疲労度分布(超高強度)

表-3 耐用年数の比較

算定条件	疲労着目点	超高強度	汎用
理論的設計方法, CBR8%	自由縁部	51 年	38 年
理論的設計方法, CBR3%	自由縁部	41 年	34 年
3DFEM, CBR8%	自由縁部	300 年	44 年
3DFEM, CBR3%	自由縁部	231 年	28 年
3DFEM, CBR8%	自由縁部より 1.21m	124 年	14 年