普通セメントに低収縮型早強性混和材を配合した鋼床版SFRC舗装における耐疲労性の評価

日本大学　学生会員　野口博之，正会員　阿部忠，川井豊
鹿島道路(株)　正会員　○一瀬八洋，山下雄史，児玉孝喜

１．はじめに

近年，道路橋鋼床版では，疲労き裂が発生するなどの損傷が生じている．そこで，本研究では，普通セメントに硬化促進成分と収縮低減成分(以下，低収縮型早強性混和材とする)を所定量添加させた SFRC 材を鋼床版舗装の基層材および補強材として用いる「接着剤塗布型 SFRC 舗装(以下，SFRC 舗装とする)」を提案する．供試体は，鋼床版デッキプレート上面に接着剤を塗布し，本提案する SFRC 材を打ち込む．本研究では，輪過重走行疲労実験を実施し，等価走行回数から耐疲労性の評価，舗装前の鋼床版のデッキプレートおよび U リブのたわみ・ひずみとの比較から応力低減効果を検証する．本提案する SFRC を鋼床版舗装の基層材として用いることで，従来の超速硬セメントを必要としない一般国道および地方公共単体が管理する鋼床版の維持管理の一助としたい．

２．使用材料および材料特性値

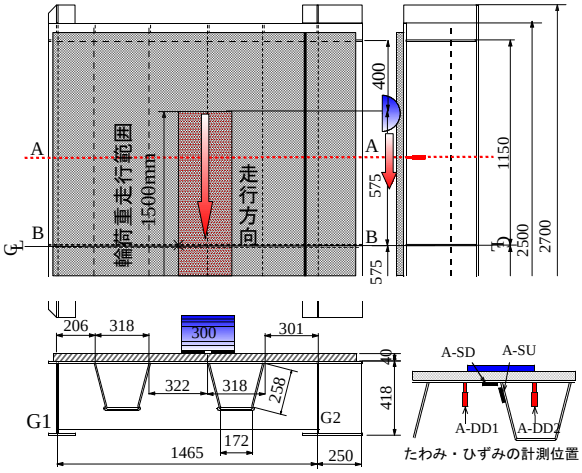
(1) 鋼床版およびSFRC舗装材　　鋼床版の鋼材には SS400 を用いる．なお，鋼材の材料特性値はミルシートより，降伏強度が 341N/mm^2，引張強度が 462N/mm^2，ヤング係数は 200kN/mm^2 である．また，普通セメントに低収縮型早強性混和材および鋼繊維を添加した SFRC の配合条件は，材齢 36 時間で 30N/mm^2 とした．圧縮強度は材齢 36 時間で 36.8N/mm^2，材齢 4 日で 60.1N/mm^2 である．

(2) 防錆剤および接着剤　　実施工においては，既設の舗装を撤去した後の研掃から数日後に SFRC を打ち込んでいるいるが，この間のデッキプレート表面での錆の発生が避けられない．そこで，本供試体には高耐久型エポキシ樹脂接着剤（以下，接着剤とする）との付着性が良い高耐久型・耐水耐熱性エポキシ樹脂プライマーを用いる．鋼床版に塗布し，高耐久型エポキシ樹脂接着剤を塗布した後の引張せん断強さは 10N/mm^2 である．次に，鋼床版デッキプレート表面を防錆剤を平均 0.3kg/m^2 で塗布した後に，接着剤の付着強度は冬期で 2.37N/mm^2 確保されている．

３．供試体寸法

鋼床版の概略寸法を**図－1**に示す．デッキプレートは幅 1,765mm，全長 2,500mm，厚さ 12mm を用いる．また，U リブは幅 318mm，高さ 250mm，厚さ 8mm を用いる．主げたは I 形断面とし，主げた間隔を 1,465mm とする．U リブは主げた G1 から 206mm の位置，また G2 げたから 301mm の位置に接合する．

４．輪荷重走行疲労試験の概要および実験方法



図－1　供試体寸法および測定点

(1) 実験方法　　輪荷重走行試験は，供試体の端部の横リブから 400mm の位置を起点に 1,500mm 走行し，元の位置まで折り返す 1 往復を走行する．

(2) 等価走行回数の算定　　鋼床版のみの輪荷重走行による等価走行回数 N_{eq} は，マイナー則に従うと仮定すると式(1)として与えられる．鋼床版の等価走行回数 N_{eq} の算定には，鋼床版の S-N 曲線の傾きの逆数の絶対値 m ＝ 3.0 を適用する [1]．次に，SFRC 舗装における等価走行回数 N_{eq} の算定には水越ら [2]が提案する S-N 曲線式より，マイナー則に従うと仮定すると式(2)として与えられる．

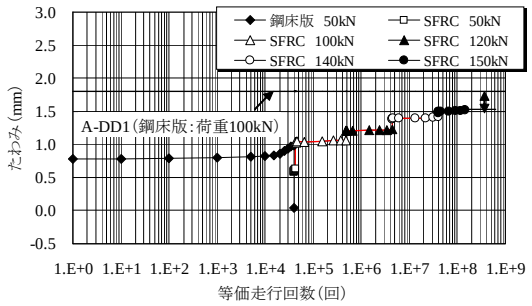
$$N_{eq.m}=\sum_{i=1}^{n}(P_i/P)^m\times n_i \quad (1)\qquad N_{eq.s}=\sum_{i=1}^{n}[10^{(S_i-S_0)/(1/m)}]\times n_i \quad (2)$$

ここで，$N_{eq.m}$：鋼床版の等価走行回数（回），$N_{eq.s}$：SFRC の等価走行回数（回）P_i：載荷荷重（kN），P：基準荷重（鋼床版：50kN），n_i：実験走行回数（回），m：S-N 曲線の傾きの逆数の絶対値（＝ 3.0），P：基準荷重（72kN），S_i：応力比（$S_i=1/3\times(P_i/P)$），S_0：上限応力比，n_i：実験走行回数（回），m：S-N 曲線の傾きの逆数の絶対値（＝ 10.3）

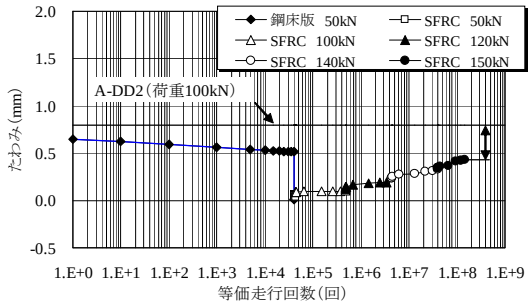
５．結果および考察

(1) 等価走行回数　　無舗装の鋼床版の疲労実験は，荷重 50kN で 40,000 回の走行を行った．基準荷重 50kN とし，S-N 曲線の傾きの逆数の絶対値は m ＝ 3.0 を適用した場合の等価走行回数は 40,000 回走行である．次に，鋼床版単体での疲労実験後に本提案する普通セメントを配合した SFRC を用いた場合の等価走行回数は 146.287×10^6 回である．よって，SFRC 舗装前後での等

キーワード：鋼床版，普通セメント，低収縮型早強性混和材，耐疲労性
連絡先　〒275-8575　千葉県習志野市泉町 1-2-1　日本大学生産工学部土木工学科　　TEL　047-474-2459

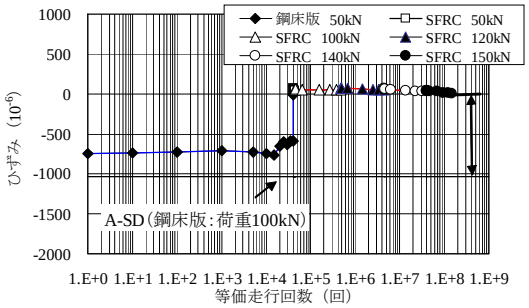


(1)計測点A-DD1

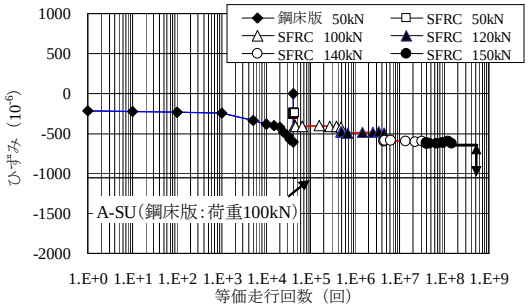


(2)計測点A-DD2

図－2　たわみと等価走行回数の関係



(1)計測点A-SD



(2)計測点A-SU

図－3　ひずみと等価走行回数の関係

価走行回数の比較により，本提案する舗装法は耐疲労性が十分に確保されている．

(2) たわみと等価走行回数の関係　たわみと等価走行回数の関係の関係を**図－2**に示す．なお，たわみの計測位置は**図－1**に併記した。計測点 A-DD1 のたわみと等価走行回数の関係は，荷重 50kN 載荷時の鋼床版の初期たわみが 0.90mm であり，等価走行回数が 40,000 回終了後のたわみは 0.98mm であり，荷重除荷時の残留たわみは 0.04mm である．この残留たわみ 0.04mm を SFRC 舗装後におけるたわみの初期値とする．SFRC 舗装後の荷重 50kN 載荷時のたわみは 0.58mm であり，等価走行回数 3,544 回走行後のたわみは 0.63mm である．荷重 150kN で等価走行回数 146.287×10^{6} 回後のたわみは 1.52mm である．鋼床版に 100kN 載荷し，1 走行した後のたわみの最大たわみ値 1.80mm の 84%である．

次に、計測点 A-DD2 のたわみと等価走行回数の関係は，50kN 載荷時のたわみが 0.65mm であり，等価走行回数が 40,000 回後のたわみが 0.52mm である．残留たわみは 0.01mm であり，この残留たわみを初期値とし，SFRC 舗装後の荷重 50kN 載荷のたわみは 0.07mm である．その後，荷重増加と走行を繰り返すことによりたわみが全体変形へと移行し，徐々に増している．荷重 150kN で等価走行回数 146.287×10^{6} 回後のたわみは 0.42mm である．また，鋼床版の荷重 100kN で 1 走行したたわみに比して SFRC 舗装後の荷重 150kN で 20,000 回走行後の最大たわみ 0.42mm と，SFRC 舗装することで大幅に抑制されている．

(3) ひずみと等価走行回数の関係　ひずみと等価走行回数の関係の関係を**図－3**，計測位置を**図－1**に併記した．荷重 50kN 載荷時の初期ひずみが-744×10^{-6} であり，40,000 回走行後のひずみは-591×10^{-6} であり，荷重除荷時の残留ひずみは-8×10^{-6} であり SFRC 舗装におけるひずみの初期値とする．SFRC 舗装後の荷重 50kN 載荷時の初期ひずみは 72×10^{-6} であり，3,544 回走行後のひずみは 39×10^{-6} であり，荷重 150kN で 20,000 回走行後，すなわち等価走行回数 146.287×10^{6} 回走行時のひずみは 7×10^{-6} である．接着剤塗布型 SFRC 舗装を施すことによりひずみは圧縮領域側に増加することが確認された．

次に，荷重 50kN 載荷時の初期ひずみが-221×10^{-6} であり，等価走行回数 40,000 回後のひずみは-610×10^{-6} である．荷重除荷時の残留ひずみは-5×10^{-6} であり SFRC 舗装におけるひずみの初期値とする．SFRC 舗装後の荷重 50kN 載荷時の初期ひずみは-257×10^{-6} であり，等価走行回数 3,544 回後のひずみは-246×10^{-6} である．荷重 150kN で等価走行回数 146.287×10^{6} 回させた時のひずみは-629×10^{-6} であり，輪荷重が繰り返し走行することにより U リブのひずみは圧縮領域側に増加している．

６．まとめ

(1) 鋼床版デッキプレート上面に接着剤を塗布し，本提案する普通セメントに低収縮型早強性混和材および鋼繊維を配合した SFRC 舗装は耐疲労性が大幅に向上する結果となった．

(2) 輪荷重走行疲労実験におけるひずみと等価走行回数の関係においてもひずみの増加が抑制されたことから耐疲労性が向上する結果が得られた．

参考文献

1) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，2002
2) 水越睦視，松井繁之，東山浩士，内田美生：SFRC の曲げひび割れ進展寿命の評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No.3，p.199-204，2000.7.