

二方向アラミド繊維シート接着補強床版の疲労耐久性評価の一手法

東洋技研コンサルタント(株) 正会員 ○廣瀬 清泰
 住友ゴム工業株式会社 柑本 哲哉
 大成ロテック株式会社 正会員 鍋島 益弘
 大阪工業大学 正会員 堀川都志雄

まえがき

繊維シート接着工法は損傷を受けたRC床版の補強工法として、ひび割れの開閉による動きを拘束する効果と損傷床版の剛性を向上させてたわみを抑制する効果があり、RC床版の疲労耐久性の向上に大きく寄与することが、輪荷重走行試験機による疲労実験等の研究により明らかにされている¹⁾。アラミド繊維シート接着工法のRC床版への適用は、近年研究が始められた段階であり実績は未だ少ない。アラミド繊維シートは、①二方向性のシートを用いることにより、平面内での接着工程を少なくできる、②付着せん断強度が高く接着面の不陸調整を必要としない、③段違い部などの急激な角度のある箇所での材料欠損が生じない、等の特徴を有している。

二方向アラミドシート2層貼りの接着工法では、旧建設省土木研究所の輪荷重走行試験機による疲労実験により、炭素繊維シートに比べて全く遜色のない疲労耐久性を有することが確認されている^{2,3)}。しかし、道路橋床版へ繊維シート工法を適用した場合の疲労寿命の推定には各関係機関でも苦慮しているのが現状である。本研究では、二方向アラミドシート1層貼り補強の場合についての疲労耐久性を確認するため、実橋を想定したタイヤ形式の輪荷重装置下での走行実験を実施した。これらの実験結果を基に、松井の提案する使用限界状態の概念を導入することによって、実橋への適用を念頭にした繊維シート補強された損傷床版の疲労寿命を推定する一手法を提案する。

表-1 供試体の種類

供試体 名 称	形状寸法 (m)	床版支間 (m)	導入プレストレス (N/mm ²)	PC鋼棒 (mm)	主・配力鉄筋 (mm)	二方向アラミド 繊維シート
RC	3.0×3.0×0.2	2.5	—	—	鉄筋径 D16	1層貼り
PC-1			1.5	φ23@300	上面 @300	
PC-2			1.0	φ23@400	下面 @150	

1. 供試体床版の諸元

実験に用いた損傷床版は、高性能軽量コンクリートを用いたPC床版の疲労実験⁴⁾で使用された床版であり、すでに疲労損傷を受けている床版である。この床版はドーピー建設工業(株)の御厚意により提供された。

供試体の種類は、表-1に示すRC床版1体とPC床版2体の3種類である。床版厚はすべて20cmで同配筋であり、PC床版2体は導入プレストレス量が異なる。コンクリートは粗骨材に造粒型高性能人工軽量骨材を用いたもので、強度試験結果は表-2に示す通りである。1層貼り補強に使用した二方向アラミドシートの材料特性を表-3に示す。

表-2 コンクリートの強度試験

供試体 名 称	材令 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	単位重量 (kN/m ³)
RC	36	47.1	2.87	23.4	18.5
PC-1	36	47.1	2.87	23.4	18.5
PC-2	37	43.5	2.69	23.1	18.4

表-3 二方向アラミドシート(バラ系)の材料特性

種 別	目付量 (g/m ²)	厚さ (mm)	弾性係数 (kN/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
二方向性シート 87タイプ	870	0.3	120	2100

表-4 ひび割れ密度の進展 (単位: m/m²)

荷重(kN)	98	118	127	147	167	167	186
各走行回数	50000	90000	100000	80000	20000	10000	10000
総走行回数	50000	140000	240000	320000	340000	350000	360000
RC	0.93	2.94	← シート接着 →				
PC-1	0.24	3.06	5.88	6.57	6.59	← シート接着 →	
PC-2	2.84	5.03	6.25	6.83	6.85	← シート接着 →	

2. 供試体のひび割れ密度と載荷プログラム

走行荷重と回数の関係を表-4に示す。走行荷重は、B活荷重相当の後輪1輪荷重を基本としてひび割れ損傷の進行状態を観察しながら、荷重を漸増させる階段載荷方式とした。表-4には各荷重段階でのひび割れ密度を示しているが、供試体RCでは損傷の初期段階である3m/m²程度の段階で、PC-1と2では比較的損傷が進行した7m/m²程度のひび割れ密度の段階で繊維シート補強を行った。

キーワード：輪荷重走行実験、繊維シート接着工法、アラミド繊維シート、疲労寿命

連絡先：東洋技研コンサルタント(株)、名古屋市中区錦1-6-10、TEL052-211-6970、FAX052-211-2490

3. 実験結果

RC および PC-1 の床版中央の弾性たわみ (98kN換算) と走行回数の関係を図-1と2に示す。図より次のことがわかる。①初期の段階では、たわみはほぼ全断面有効時の計算値に一致するが、走行回数の増加に伴い引張無視時の計算値に近づく。②補強直後は、床版の曲げ剛性が向上し、たわみは大きく低減される。③各荷重段階の初期には、たわみが急増する傾向を示すが、それ以降の一定荷重の下では弾性たわみと走行回数の関係はほぼ線形な関係を示す。

シート接着による補強効果は、補強直後の曲げ剛性の向上によるものと走行回数の増加に伴うたわみの増加率(劣化の速度)で表現することができる。よって、シート接着補強による疲労耐久性は、これらの結果を用いて推定することができる。

4. 疲労寿命の推定

シート接着後のたわみは、約30～50%減少し、その低減効果は、ひび割れ密度が高く劣化が進行した床版ほど補強効果が大きくあらわれた。一方、たわみの増加率は、図-1と2の傾きで表現でき、一定荷重の下では、各荷重段階の初期にたわみが急増する領域を過ぎて安定領域になれば、ほぼ線形な関係に近似できる。各荷重段階毎の線形回帰直線とその傾きを表-5に示す。表より、①荷重値の増加に伴いたわみの増加率である傾きも大きくなる傾向を示し、荷重値が大きいほど疲労の影響が大きく劣化の速度も大きくなる。②補強後は約30～50%の傾きに低減される。

松井の提案⁵⁾によれば、たわみの実測値が引張無視の計算値に到達した時点と床版の使用限界状態としており、この時の劣化度を1としている。劣化度とシート補強によるたわみの低減率は実験結果との整合からほぼ比例関係にあるので、補強直後のたわみの低減効果と走行回数に対するたわみの増加率(傾き)を用いて、補強後の余寿命の推定を行った。表-6は余寿命推定の試算結果を示したもので、シート補強により約2～2.5倍程度に余寿命が延びる結果となった。図-1, 2には余寿命計算の結果を図示した。

あとがき

輪荷重走行試験機による疲労実験の結果から、繊維シート接着床版の使用限界状態に至る余寿命を推定する一手法の提案を行った。最後に、本実験に対しご協力頂いたドービー建設工業(株)の田村氏に謝意を表します。

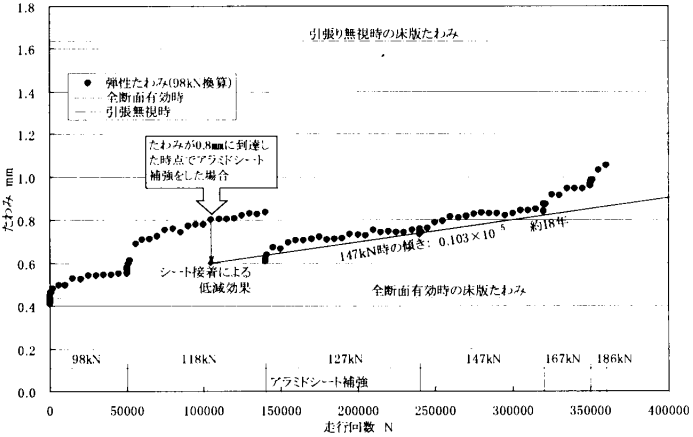


図-1 供試体RCの床版中央たわみと走行回数の関係

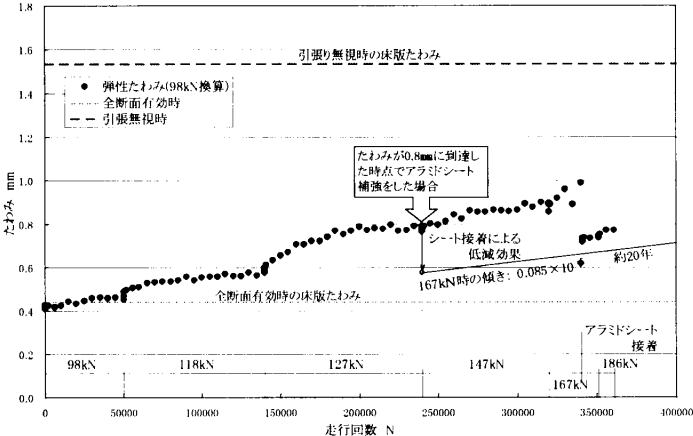


図-2 供試体PC-1の床版中央たわみと走行回数の関係

表-5 各荷重段階におけるたわみの増加率(傾き)

供試体 名 称	たわみの 増 加 率	荷 重					
		98 (kN)	118 (kN)	127 (kN)	147 (kN)	167 (kN)	167 (kN)
RC	傾き(×10 ⁻⁴)	0.161	0.167	0.093	0.103	0.263	—
	補強前後の比	—	100%	56%	—	—	—
PC-1	傾き(×10 ⁻⁴)	0.092	0.083	0.162	0.130	0.340	0.085
	補強前後の比	—	—	—	—	100%	25%
PC-2	傾き(×10 ⁻⁴)	0.172	0.113	0.167	0.195	0.251	0.099
	補強前後の比	—	—	—	—	100%	39%

表-6 余寿命推定の試算

供試体 名 称	補強時期	劣化度	余寿命を計算 する輪荷重	大型車交通量	余寿命(使用限界)	
					補強無し	補強有り
RC	活荷重たわみが	0.30	147 kN	57000 台/年	9 年	18 年
PC-1	0.8 mm	0.33	167 kN		8 年	20 年
PC-2	に達した時点	0.31	167 kN		8 年	17 年

【参考文献】 1)川西,堀川,松井,西川:道路橋床版の上面増厚工法,下面シート接着工法および両者を併用したサンドイッチ工法の疲労耐久性評価,橋梁と基礎,pp.25-34,2001年9月。 2)三上,柑本,鍋島,堀川:二方向ケブラー繊維シートで下面補強した損傷床版の疲労耐久性,第2回道路橋床版シンポジウム論文集,pp.83-88,平成12年10月。 3)国土交通省土木研究所ほか:道路橋床版の輪荷重走行試験機における疲労耐久性評価手法の開発に関する共同研究報告書(その4)-標準試験方法および第4回試験報告-,2001年9月。 4)田村,蛇名,谷口,堀川:高性能軽量コンクリートを用いたPC床版の疲労特性に関する研究,第11回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集,pp.893-898,2001年。 5)森,松井,若下,西川:炭素繊維シートによる床版下面補強効果に関する研究,橋梁と基礎,pp.25-31,1995年3月。