

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

An Evaluation for Fatigue Durability of Damaged Concrete Slab Strengthened by Cross Textile Aramid Sheet

三上 浩* , 田村 富雄** , 角田 敦*** , 廣瀬 清泰**** , 堀川都志雄*****

Hiroshi MIKAMI, Tomio TAMURA, Atsushi SUMIDA, Kiyoyasu HIROSE and Toshio HORIKAWA

*工博 三井建設(株) 技術研究所 主席研究員 (〒270-0132 千葉県流山市駒木518-1)

**工博 ファイベックス(株) 代表取締役社長 (〒103-0022 東京都中央区日本橋室町4-4-3)

***工修 東レ・デュポン(株) ケブラー技術開発部 (〒103-0023 東京都中央区日本橋本町1-5-6)

****工修 東洋技研コンサルタント(株)古屋支社 技術部 (〒460-0003 名古屋市中区錦1-6-10)

*****工博 大阪工業大学 工学部 都市デザイン工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1)

It has already clarified that the fatigue durability of damaged RC slab stiffened by pasting with fiber sheet can effectively be improved. In this paper, several fatigue tests under wheel running machine carried out to verify effects of repair for damaged slab strengthened by cross textile aramid sheet. From some testable results, it is confirmed that decrease of 30-45% amount is immediately brought by strengthening work in elastic deflection corresponded to magnitude of the standard load in Japanese Code, and also the increasable rate of this deflection per one running cycle of wheel load is recovered to magnitude of about 30-50% throughout fatigue process. An available method derived from a notion of the serviceable limit state in viewpoint about deflection is proposed and a period of extended life in strengthened slab is numerically compared with original term in damaged slab as an example of actual slab in a certain highway bridge.

Key Words: wheel running machine , aramid sheet bonding method , fatigue life

1. はじめに

床版下面に炭素繊維シートやアラミド繊維シートを接着する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、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きた¹⁾。損傷床版の補修・補強対策工法では、ひび割れ劣化の進行を抑止する力学的効果、およびひび割れ面における材料劣化を抑止する耐食効果として、次の2点の性能が要求される。

- ① ひび割れの動きを抑制し、ひび割れ面の摩耗による劣化を防止し、旧床版の疲労耐久性を向上させる。
- ② 床版下面を外気から遮断することにより、ひび割れ部の鉄筋腐食等の材料劣化を防止する。

繊維シート接着工法は、これら力学性能および耐食性能を同時に満足させる工法の一つである。

アラミド繊維シートを用いた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く、一部で試験施工が進められている段階である。アラミド繊維シートは、その材料的特性により次のような特徴を有している。

- ① 二方向性のシートを用いることにより、一度の接着工程で直交する二方向の補強ができるため、同一平面内での接着工程を少なくできる。

- ② 段差などの凹凸部でも材料欠損が生じないため、接着面の不陸調整を必要としない。

- ③ 段差部やハンチ等の急激な角度のある箇所でも材料欠損が生じないため、シート端部の機械的な定着方法を採用するうえで有利である。

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ことを目的として、実橋を想定したタイヤ形式の輪荷重装置による走行実験を実施した。さらに、これらの実験結果に基づく走行回数とたわみの関係を用いて、松井⁴⁾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置いた繊維シート補強後の損傷床版の疲労寿命を推定するための一手法を提案する。

2. 実験概要

本研究では、2つのシリーズの実験を実施した。以下、それぞれの概要を示す。

表-1 シリーズIの供試体種類

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 (m)	主鉄筋配力鉄筋	二方向アラミド繊維シート
RC①	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	

表-2 軽量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)
RC①	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	0.3×2	120	2100

表-4 シリーズIのひび割れ密度と載荷プログラム

(ひび割れ密度: 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
RC①	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 →	

2.1 シリーズIの実験概要

(1) 実験供試体

シリーズIの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床版の疲労特性の研究⁵⁾に使用され、予め疲労損傷を受けた床版である。また、本床版は、ドーピー建設工業(株)のご厚意により、アラミドシート接着工法の実験に転用したものである。

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で同一の配筋量であり、PC床版2体は導入プレストレス量が異なっている。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。

(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RC①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。ここで、ひび割れ密度の算定では、ひび割れ幅が0.1mm以上のひび割れを対象としている。

2.2 シリーズIIの実験概要

(1) 実験供試体

シリーズIIの実験に用いた損傷床版は、普通コンクリ

ートを用いたプレキャスト床版の継手構造に関する研究に使用されたものであり、4カ所に継手を持つ全長11.2mのRC床版の内、中央部に位置する橋軸方向の長さが4.0mの床版である。この床版は、新形式の継手構造(重ね継手)の疲労耐久性を確認するために輪荷重走行試験機による走行実験が実施され、すでに輪荷重98~167kNで33万回の輪荷重走行により予め疲労損傷を受けた床版であり、極東工業(株)のご厚意により、アラミドシート接着工法の実験に転用したものである。

供試体は、表-5に示す諸元のRC床版であり、床版厚は20cmで上・下鉄筋とも同一の間隔で配置されている。コンクリートは普通コンクリートであり、材料試験の結果を表-6に示す。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は表-3と同じである。

(2) 供試体のひび割れ密度と載荷プログラム

シート補強前の床版の損傷レベルの指標として、各荷重段階におけるひび割れ密度の進展状況を表-7に示

表-5 シリーズIIの供試体

供試体名称	形状寸法 (m)	床版支間 (m)	主鉄筋	配力鉄筋	二方向アラミド繊維シート
RC②	3.2×4.0 厚さ 0.2	2.8	D19@150	D16@150	1層貼り

表-6 コンクリートの材料試験

供試体	RC② (普通コンクリート)				
	材令	97日			平均
圧縮強度	(N/mm ²)	51.7	54.2	54.9	53.6
弾性係数	(kN/mm ²)	37.1	37.2	37.7	37.3
ポアソン比	---	0.20	0.19	0.20	0.20
引張強度	(N/mm ²)	5.00	4.71	4.68	4.80

表-7 シリーズIIのひび割れ密度と載荷プログラム

(ひび割れ密度: m/m²)

荷重 (kN)	0	98	127	147	167	127	147	167	186
各走行回数	0	80000	50000	100000	100000	10000	10000	20000	80000
総走行回数	0	80000	130000	230000	330000	340000	350000	370000	450000
RC②	0.00	0.76	1.36	1.79	2.63	← シート接着 →			

す。シート接着時のひび割れ密度は 2.63m/m^2 であった。シート補強後の走行荷重は、実橋で観測される過積載車両のほぼ最大値に相当すると言われる 186kN を中心に8万回の走行を実施した。

3. たわみと走行回数の関係

各シリーズの実験結果においては、疲労劣化の指標として床版の曲げ剛性(床版の復元力特性に関係する)の経時変化に着目するために、走行回数の増加に伴うたわみの変化を取上げる。

図-1~3は、それぞれシリーズIの供試体RC①、PC-1およびPC-2における床版中央の弾性たわみと走行回数の関係を示したものであり、図-4は同様にシリーズIIの供試体RC②について示したものである。弾性たわみは、総たわみから残留たわみを差し引いたもので、活荷重たわみに相当する。この活荷重たわみは弾性的性質であるので、荷重の大きさと比例することを利用して、荷重値の比を用いて 98kN 時のたわみに換算する。

シリーズIの供試体では、輪荷重が増加した直後の数千回程度の走行回数において急激にたわみが増大し、その後はほぼ一定の傾きでたわみが漸増する傾向を示している。輪荷重が増加する各荷重段階の初期時にたわみが急増するような傾向は、軽量コンクリート骨材の材料特性によるものと推測される。既往の実験事例を含め、普通コンクリートを用いたシリーズIIの供試体ではこのような傾向は現れていない。

これらの図より、定性的には次のことがわかる。

- 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しているが、走行回数の増加に伴う疲労の影響により徐々に劣化が進行してたわみは増大し、引張無視時の計算値に近づく傾向にある。
- ② シート補強直後は、床版の曲げ剛性が回復し、たわみは大きく低減される。
- ③ 軽量コンクリートの供試体では、各荷重段階の初期に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、普通コンクリートの供試体と同様にたわみと走行回数の関係はほぼ線形な関係を示している。

シート接着による補強効果は、静的補強効果と疲労に対する補強効果に分けて考えることができる。

静的補強効果は補強直後の曲げ剛性に関係するもので上記②の補強効果を意味する。疲労に対する補強効果は、上記①に示される走行回数の増加に伴うたわみの増加率(劣化の速度)、すなわちたわみと走行回数の関係における傾き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、これらの複合効果として評価することができる。

4. 静的補強効果

表-8にアラミドシート接着補強前後のたわみの変化と

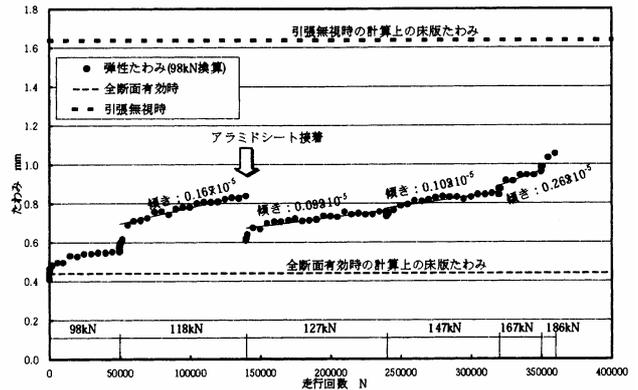


図-1 供試体RC①の床版中央たわみと走行回数の関係

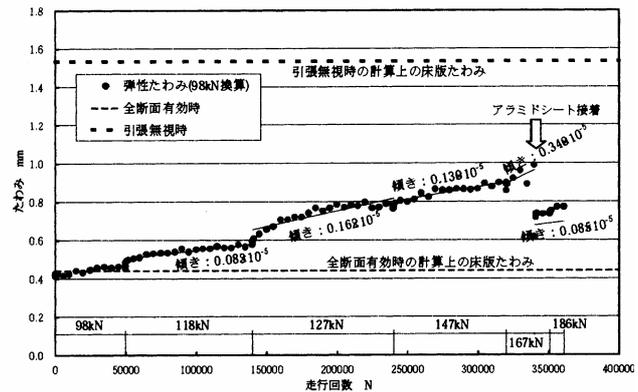


図-2 供試体PC-1の床版中央たわみと走行回数の関係

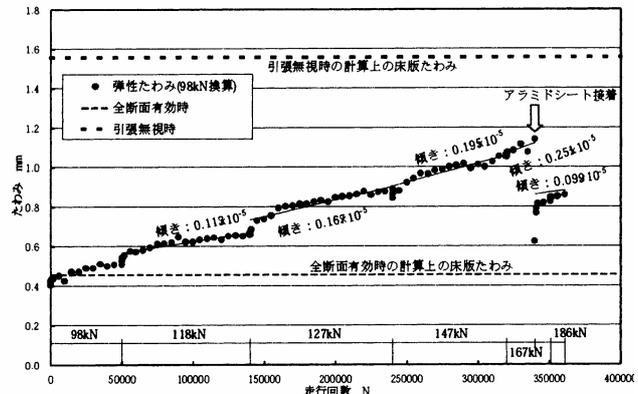


図-3 供試体PC-2の床版中央たわみと走行回数の関係

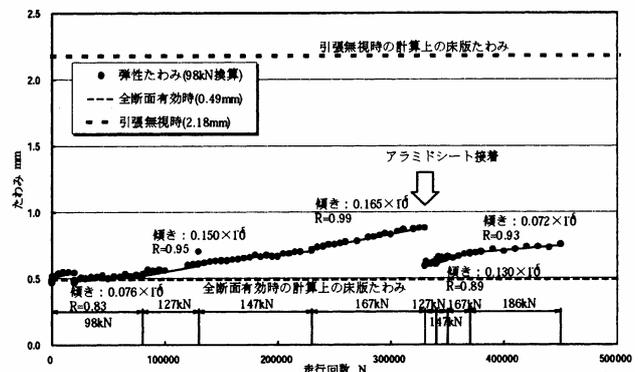


図-4 供試体RC②の床版中央たわみと走行回数の関係

シート補強時のひび割れ密度を示す。表より、次のことがわかる。

- ① ひび割れ密度が2.5~3.0m/m²程度の床版では、シート接着後、たわみは約30%低減している。
- ② ひび割れ密度が6.5~7.0m/m²程度の床版では、シート接着後、たわみは約40~45%低減している。
- ③ たわみに対する低減効果は、ひび割れ密度と関連しており、ひび割れ密度が高い劣化が進行した床版ほど、補強効果も大きくあらわれる。

表-8 アラミドシート補強前後のたわみの変化

	供試体名称	弾性たわみ (mm)		静的補強効果の割合 B/A	シート補強時のひび割れ密度 (m/m ²)
		補強前	補強後		
シリーズ I	RC①	0.84	0.61	73 %	2.94
	PC-1	0.99	0.61	62 %	6.59
	PC-2	1.14	0.62	55 %	6.85
シリーズ II	RC②	0.88	0.59	67 %	2.63

注) 弾性たわみは98kN換算値

5. 疲労に対する補強効果

疲労に対する補強効果は、走行回数の増加に伴うたわみの増加率(劣化の速度)として表現できる。すなわち、縦軸にたわみを、横軸に走行回数をとった、図-1~4のたわみと走行回数の関係におけるたわみ値の傾きで補強効果を表現することができる。この傾きは、各荷重段階の一定荷重の下では、軽量コンクリートの供試体においても、各荷重段階の初期にたわみが急増する領域(走行回数で5000回程度)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の傾きは、図-1~4の図中に示しているが、これを一覧表にして整理すれば、各シリーズの供試体についてそれぞれ表-9および表-10のようになる。

シリーズ I の結果では、シート補強後の傾きは約25~55%に低減されている。シリーズ II の結果では、表中に

示された相関係数からも分かるように、補強後の127kNおよび147kN 時の走行回数は1万回程度で回数が少なく、余り良い相関が得られていないためデータの信頼性は低いと考えられる。したがって、これらのデータを除けば、補強後のたわみの増加率は低減されており、最も走行回数の多い186kN 時でみれば疲労による劣化速度は約43%に低減されている。これらの結果より、全体的な傾向としてみれば次のことがいえる。

- ① データのばらつきにもよるが、荷重値の増加にともなってたわみの増加率である傾きも大きくなる傾向を示している。これは、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ことを意味している。
- ② シート接着による補強後は、約30~50%の傾きに低減される。例えば、この傾きが1/nになれば、ある所定のたわみに到達するまでの時間はn倍に延びることを意味する。

以下では、実験で得られた静的補強効果と疲労に対する補強効果の考え方に基づいて疲労寿命の推定を行う。

6. 疲労寿命の推定

6.1 使用限界時での疲労限界の設定

松井の提案⁴⁾によれば、床版の活荷重たわみの実測値が引張無視の計算値に到達した時点を床版の使用限界状態と定義され、この時の劣化度を1と定めている。ここでは、松井の提案する次式を用いてRC床版の疲労限界を設定する。

$$\text{床版の劣化度 } D\delta = \frac{W_{\text{実}} - W_{\text{全}}}{W_{\text{引}} - W_{\text{全}}} \quad (1)$$

ここに、

W_実 : ある段階における実際の活荷重たわみ

W_引 : 引張無視時の活荷重たわみの計算値

W_全 : 全断面有効時の活荷重たわみの計算値

表-9 シリーズ I の各荷重段階におけるたわみの増加率(傾き)

供試体名称	荷重	荷重						
		98 (kN)	118 (kN)	127 (kN)	147 (kN)	167 (kN)	167 (kN)	186 (kN)
		各走行回数	50000	90000	100000	80000	20000	10000
		50000	140000	240000	320000	340000	350000	360000
RC①	傾き(×10 ⁻⁵)	シート補強前			シート補強後			
	補強前後の比	0.161	0.167	0.093	0.103	0.263		----
PC-1	傾き(×10 ⁻⁵)	シート補強前			補強後			
	補強前後の比	0.092	0.083	0.162	0.130	0.340	0.085	----
PC-2	傾き(×10 ⁻⁵)	シート補強前			補強後			
	補強前後の比	0.172	0.113	0.167	0.195	0.251	0.099	----

表-10 シリーズ II の各荷重段階におけるたわみの増加率(傾き)

供試体名称	荷重	荷重								
		98 (kN)	98 (kN)	127 (kN)	147 (kN)	167 (kN)	147 (kN)	167 (kN)	186 (kN)	
		各走行回数	20000	60000	50000	100000	100000	10000	10000	20000
		20000	80000	130000	230000	330000	340000	350000	370000	450000
RC②	傾き(×10 ⁻⁵)	シート補強前				シート補強後				
	相関係数R	0.193	0.076	0.150	0.092	0.165	0.140	0.227	0.130	0.072
	補強前後の比	0.81	0.83	0.95	0.97	0.99	0.45	0.48	0.89	0.93

$D\delta$: 床版の劣化度を表し、損傷のない初期の状態では0、たわみが引張無視の計算値に到達した時点で1.0となる。

上式は、床版の劣化が進行し、たわみの実測値が引張無視の計算値に到達した時点、すなわち $D\delta=1.0$ となる時を床版の使用限界と定めたもので、道路管理上の1つの限界値と推測される。また、既往の研究においても、たわみの実測値が引張無視の計算値に到達した後に劣化速度が上昇し、たわみの急増を伴って破壊に至ることが知られている。

6.2 使用限界時の疲労寿命の推定方法

これまでの実験結果より、たわみの増加率は、一定荷重の下ではほぼ線形な関係に近似できることから、RC床版が疲労劣化により使用限界に至る過程をモデル化すれば、図-5の模式図のように表現することができる。図のP点における現床版の管理上の余寿命はPR間の走行回数に相当する。P点でシート補強を行えば、静的補強効果によってQ点に移行し、さらに疲労に対する補強効果としてたわみの増加率(傾き)が低減され、補強後の床版の余寿命はQS間の走行回数となる。

P点とQ点での床版の余寿命は次式で推定できる。

現床版の余寿命(P点) :

$$L_0 = (W_{引} - W_P) / \tan \alpha \quad (2)$$

シート補強後の床版の余寿命(Q点) :

$$L_r = (W_{引} - W_Q) / \tan \beta \quad (3)$$

ここで、 W_P はある時点での実測たわみであり、シート補強後の静的補強効果によって W_P から減少したたわみ W_Q は、劣化度とたわみの低減率との相関から、式(1)の劣化度を指標として推定することが可能である。

6.3 交通量の設定

首都高速道路における過積載車の交通量を推定するため、国内有数の重交通路線である国道23号港新橋で行われた交通実態調査の結果⁶⁾を引用して、床版の疲労に影響を与える大型車交通量を次の条件に基づいて推定する。なお、大型車以外の車両が床版に劣化損傷をもたらすことは当然であるが、大型車の方が大きなダメージを与えるので、本論文では大型車の交通量のみに着目する。

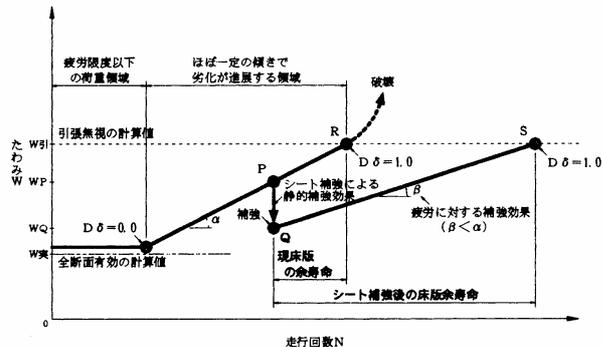


図-5 RC床版の疲労劣化の過程と余寿命推定の模式図

- ① 港新橋の車線数は6車線で、H9交通センサスでは23号の日交通量は120,000台(1車線当たり20,000台)、大型車混入率は約50%であった。
- ② 港新橋では、1車線当たりの日交通量20,000台に対して、衝撃や計測誤差の影響を入れて、輪荷重5tf以上の過積載車の走行は1,000台/日で1/20と実測されている。
- ③ これに比べ、首都高速道路環状線での日交通量は120,000台(1車線当たり30,000台)、大型車混入率は約20%であった。
- ④ JH、阪神高速、名高速、国土交通省、および大学関係等のヒアリング調査によれば、首都高速は有料であることと、一般道に比べて過積載車の取締りが厳しいこと等の理由により、過積載車の走行は少ないとされる。よって、首都高速における過積載車の交通量は一般道の1/3程度であると仮定する。
- ⑤ 土曜日・日曜日の交通量は平日より少なくなるため、過積載車両の年交通量算出時には5.5/7.0の係数を乗じることとする。

これより、首都高速道路における過積載車の交通量を次のように推定する。

過積載車の日交通量 :

$$1000/20000 \times 30000 \times 20/50 \times 1/3 = 200 \text{台}$$

過積載車の年交通量 :

$$(\text{過積載車の日交通量}) \times 365 \times 5.5/7.0 = 57,000 \text{台}$$

ここに、

1000 : 港新橋における1車線当たりの過積載車の日交通量

20000 : 港新橋における1車線当たりの日交通量

30000 : 首都高速環状線における1車線当たりの日交通量

20/50 : 首都高速環状の大型車混入率/港新橋の大型車混入率

1/3 : 一般道に対する過積載車走行の低減率

5.5/7.0 : 1週間の土・日曜日を考慮した低減率

よって、ここでは首都高速環状線の床版に疲労劣化の影響を与える年間の大型車交通量を57,000台と仮定する。

6.4 疲労寿命の試算

以上の交通量の設定値および余寿命の推定方法を用いて、各供試体のシート補強後の使用限界に至るまでの余寿命を試算する。

(1) シリーズIの供試体について

普通コンクリートを用いたシリーズIIの供試体と対比させるため、シリーズIIの供試体における補強時のたわみ0.88mmに対応するたわみに達した時点でシート補強を行った場合の余寿命を試算する。シリーズIIの供試体に対応するたわみは、シリーズIとIIのスパン比でたわみを換算すれば、 $2.5/2.8 \times 0.88 = 0.8 \text{mm}$ となる。この時点では、劣化度0.30~0.33、ひび割れ密度2.5~3.0程度の損傷レベルと想定される。

余寿命計算の対象とする輪荷重は、表-9の実験データ

表-11 シリーズIの供試体の余寿命推定の試算

供試体名称	補強時期	劣化度	余寿命の荷重値		大型車交通量	余寿命(使用限界)	
			補強前	補強後		補強無し	補強有り
RC①	活荷重たわみが 0.8 mm に達した時点	0.30	118 kN	147 kN	57000 台/年	9 年	18 年
PC-1		0.33	167 kN	167 kN		8 年	20 年
PC-2		0.31	167 kN	167 kN		8 年	17 年

表-12 シリーズIIの供試体の余寿命推定の試算

供試体名称	補強時期		大型車交通量	余寿命(使用限界)	
	ひび割れ密度 (m/m ²)	劣化度		補強無し (167 kN時)	補強有り (186 kN時)
RC②	2.63	0.23	57000 台/年	14 年	39 年

と現実的な交通荷重を勘案して、供試体RC①では147kN、PC-1およびPC-2では167kNとする。

表-11は余寿命推定の試算結果を示したものであり、安全側の判断として補強の無しの場合の余寿命は8~9年で、これに対し同様にシート補強後の余寿命は17~20年となった。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-6に供試体RC①の余寿命計算の結果を図示する。

(2) シリーズIIの供試体について

普通コンクリートを用いた床版の補強後の実験データでは189kN時の走行回数が最も多く、データの信頼性があり相関係数も高い。また、補強前では167kN時のデータは走行回数も多く安定的であり相関係数も高い。さらに、実橋で観測される過積載車両の最大輪荷重は160kNクラスといわれているが、最大値では180kNの輪荷重が観測された事例がある。これらのことより、補強前では167kN時の、補強後では189kN時のたわみの増加率を用いて疲労寿命の試算を行う。

表-12に余寿命推定の試算結果を示す。補強無しの場合の余寿命は14年となり、シート補強後の余寿命は39年となった。シート補強により、約2.8倍に余寿命が延びる結果が得られた。図-7に余寿命計算の結果を示す。

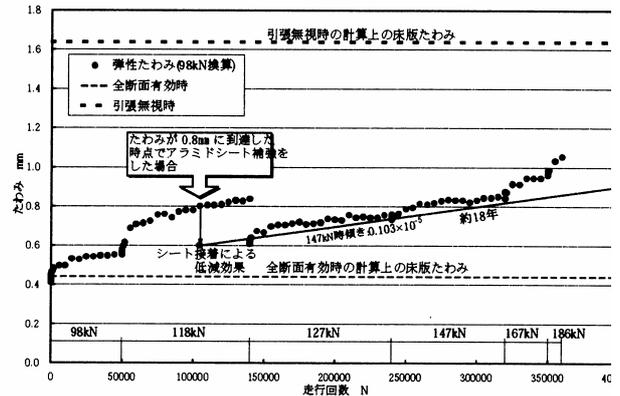


図-6 供試体RC①の余寿命の推定

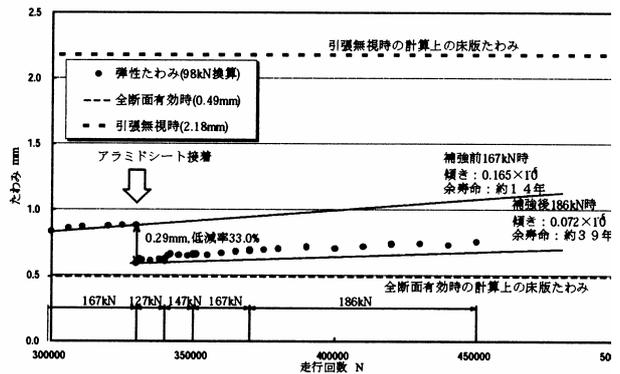


図-7 供試体RC②の余寿命の推定

7. まとめ

現在、床版の疲労耐久性を評価する方法としては、床版が破壊に至るまで荷重を漸増させる階段載荷方式による終局状態に至るまでの疲労耐力値による評価が主流となっている。この場合の破壊荷重は輪荷重が300kNを超える事例も多く、実橋ではあり得ない輪荷重の下での評価となっている。また、実橋における床版を管理する立場にすれば、終局限界に基づくのではなく使用限界状態の方が扱い易いと推量される。

ここで提案された余寿命の推定方法は、使用限界に着目するため、床版の破壊を確認する必要はなく、疲労劣化の速度、すなわちたわみの増加率を把握することにより余寿命が評価できる方法である。床版の疲労劣化の特性は、荷重レベル、損傷レベル、補強レベル等により異なる。このため、余寿命の試算では、補強前後の荷重レベルの違い等、整合性に欠ける点はあるが、補強後の余寿命を過大評価しないよう安全側の試算に留意した。

本手法を床版の補強設計の一手法として確立するため

には、さらに多くの既往の実験データを含め、定量的に評価できるデータの集積・分析が必要となる。

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) 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.
- 5) 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.
- 6) 小塩, 山田, 貝沼, 小幡, 古市: 鋼床版部材を用いた走行車輛の輪荷重推定, 構造工学論文集, Vol. 44A, pp. 1141-1151, 1998年3月.