

普通セメントを用いたSFRC床版の輪荷重走行疲労実験における耐疲労性の評価

日本大学大学院 学生会員 ○伊藤清志 日本大学 正会員 阿部 忠
(株)ケミカル工事 深川克彦

1. はじめに

橋梁部材の中で最も損傷が著しいのはRC床版であり、建設後50年程度で撤去された事例もある。これらのことから筆者らは、早強セメントに鋼繊維を配合したSFRC床版の輪荷重走行疲労実験により耐疲労性を評価した。その結果、同一寸法を有するRC床版の64倍の等価走行回数が得られている¹⁾。しかし、早強セメントは生コンプレートの体制などの制約があることから、入手が困難な場合もある。そこで本研究では、普通セメントに鋼繊維を配合したSFRC床版供試体を用いて輪荷重走行疲労実験を行い、RC床版の等価走行回数を基準にSFRC床版の耐疲労性を検証する。また、たわみと等価走行回数および破壊状況からSFRC床版の実用性を評価し、長寿命化が図れる道路橋床版の一助としたい。

2. 使用材料

(1)RC床版 RC床版供試体のコンクリートは、普通セメントと5mm以下の砕砂および5mm～20mmの砕石、鉄筋はSD295A、D10(降伏強度368N/mm²、引張強度513N/mm²、ヤング係数200kN/mm²)を使用した。示方配合を表-1、材料特性値は表-3に示す。圧縮強度は実験時が35.0N/mm²、割裂試験による引張強度は3.1N/mm²である。

(2)SFRC床版 SFRC床版供試体のコンクリートは、普通セメントに骨材および鋼繊維(ドラミックス型、φ0.62mm、長さ30mm、混入量1.27Vol.%)を配合し、鉄筋はRC床版と同様とし、SFRCの圧縮強度は材齢28日で超速硬セメントに鋼繊維を配合したSFRCの最終強度を目標とする。示方配合を表-2、材料特性値は表-3に示す。表-3より、SFRCの圧縮強度は実験時が53.6N/mm²となりRC床版の1.53倍、割裂試験による引張強度は5.4N/mm²を有し、RC床版コンクリートの1.74倍である。

3. 供試体寸法および鉄筋の配置

RC床版供試体は2002年改訂の道示²⁾に準拠し、その1/2モデルとした。RC床版およびSFRC床版供試体の寸法は、全長1,470mm、支間1,200mm、厚さ130mm、鉄筋は複鉄筋配置とし、引張側は軸直角方向および軸方向ともに100mm間隔に配置、圧縮側の鉄筋量は引張鉄筋量の1/2とする。軸直角方向および軸方向の有効高さは、それぞれ、105mm、95mmである。供試体寸法および鉄筋配置を図-1に示す。

4. 実験方法および等価走行回数

キーワード: RC床版, 鋼繊維補強コンクリート, SFRC床版, 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

表-1 RC床版供試体の示方配合

スラブ (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				SP (C×%)
			C	W	S	G	
8.0 ±2.5	53.0	45.0	302	160	803	1019	2.00

表-2 SFRC床版供試体の示方配合

スラブ (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					SP (C×%)	AE (C×%)
			C	W	S	G	SF		
8.0 ±2.5	39.5	51.2	430	170	890	788	100	2.0	0.25

表-3 RCおよびSFRCの圧縮強度

試験項目	RC床版	普通セメント (SFRC床版)	超速硬セメント
圧縮強度	3時間	—	26.9N/mm ²
	1日	13.0N/mm ²	19.8N/mm ²
	2日	20.6N/mm ²	30.7N/mm ²
	4日	23.1N/mm ²	33.8N/mm ²
	7日	28.5N/mm ²	41.9N/mm ²
	28日	34.8N/mm ²	52.3N/mm ²
	実験時	35.0N/mm ²	53.6N/mm ²
割裂試験	実験時	3.1N/mm ²	5.4N/mm ²

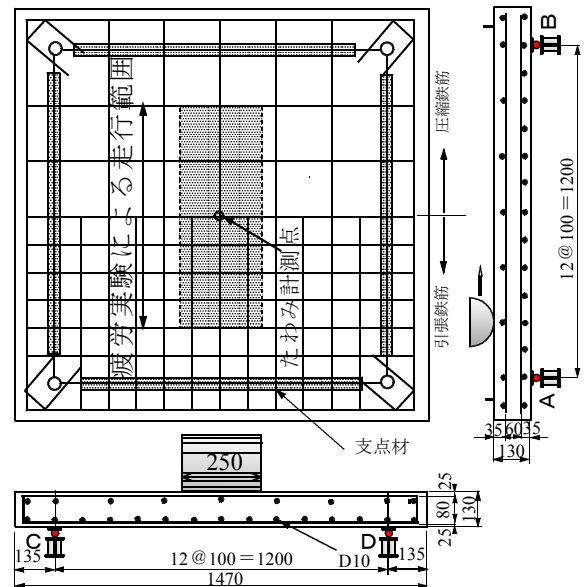


図-1 供試体寸法および鉄筋配置

(1)輪荷重走行疲労実験 輪荷重走行疲労実験は、床版中央から±450mmの範囲(900mm)に輪荷重を連続走行させる。これは、本供試体の支間が1,200mm、床版厚が130mmであり、荷重が45度に分布することを考慮すると軸方向支点間内全域に荷重が分布するものとなる。荷重載荷方法は、RC床版およびSFRC床版供試体ともに初期走行荷重を80kNとし、20,000回走行毎に20kNずつ増加させる段階載荷とする。たわみの計測は床版中央と

とし、走行 1, 10, 100, 1,000, 5,000 回、以降は 5,000 回走行ごとに行う。

(2) 等価走行回数 等価走行回数はマイナー則に従うと仮定し、式(1)で与えられる。なお、基準荷重 P は、本供試体は 1/2 モデルであることから道示に規定する活荷重 100kN の 1/2 に安全率を考慮して 60kN ($= 100 \times 1.2 \times 1/2$) とし、また、松井らが提案する S-N 曲線式の傾きの逆数の絶対値 $m = 12.7$ を適用する^{3), 4)}。

$$N_{eq} = \sum_{i=1}^n (P_i / P)^m \times n_i \quad (1)$$

ここで、 N_{eq} ：等価走行回数 (回)、 P_i ：載荷荷重 (kN)、 P ：基準荷重 ($= 60\text{kN}$)、 N_i ：実験走行回数 (回)、 m ：S-N 曲線の傾きの逆数の絶対値 ($= 12.7$)

5. 実験結果および考察

(1) 等価走行回数

実験走行回数および等価走行回数を表-4 に示す。

1) RC床版供試体 RC 床版供試体 RC-1 の等価走行回数は 7.34×10^6 回、供試体 RC-2 が 8.52×10^6 回となり、等価走行回数の平均は 7.93×10^6 回である。この等価走行回数の平均を基準に SFRC 床版の耐疲労性を評価する。破壊は輪荷重が走行中に押抜きせん断破壊となった。

2) SFRC床版供試体 普通セメントに鋼繊維を配合した SFRC 床版の供試体 SFRC-普 1、SFRC-普 2 の等価走行回数はそれぞれ 571.21×10^6 回、 378.02×10^6 回であり、等価走行回数の平均は 474.62×10^6 回である。RC 床版の等価走行回数の平均の 59.8 倍となる。文献 2) に示す早強セメントに鋼繊維を配合した SFRC 床版の 92 % であるものの、鋼繊維を配合することで耐疲労性が大幅に向上する結果となった。輪荷重走行により SFRC 床版上面が摩耗による走行不能となり実験を終了した。破壊は、床版上面損傷に伴う押抜きせん断破壊となった。

(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を図-2 に示す。

1) RC床版供試体 供試体 RC-1 のたわみは初期荷重 80kN 載荷時の 0.95mm から繰り返し走行により徐々に増加し、20,000 回走行 (等価走行回数 772,240 回) で 2.5mm、その後 3mm を超えた付近から増加が著しくなり、破壊時は 6.8mm (等価走行回数 7.347×10^6 回) である。次に、供試体 RC-2 は供試体 RC-1 と同様にたわみが 3mm を超えた付近から増加が著しくなり、破壊時は 7.3mm (等価走行回数 8.529×10^6 回) である。

2) SFRC床版供試体 供試体 SFRC-普 1 は初期荷重 80kN 載荷時のたわみは 0.75mm から 20,000 回走行後毎に 1.44mm、荷重 100kN で 2.34mm、荷重 120kN が 4.04mm となり、3mm を超えた付近においても急激なたわみの増加は見られず、破壊時は荷重 140kN で 9,000 回走行後が 6.46mm (等価走行回 571.243×10^6 回) である。次に、供

表-4 等価走行回数

供試体		荷 重				等価走行回数 (回)	等価走行回数の平均
		80 kN	100 kN	120 kN	140 kN		
RC-1	実験走行回数	20,000	10,009				7,938,687
	等価走行回数	772,240	6,575,264			7,347,504	
RC-2	実験走行回数	20,000	11,810				8,529,870
	等価走行回数	772,240	7,757,629			8,529,870	
CFSS-普1	実験走行回数	20,000	20,000	20,000	9,000		474,619,093
	等価走行回数	772,240	13,137,391	133,126,563	424,177,553	571,213,748	
CFSS-普2	実験走行回数	20,000	20,000	20,000	4,901		378,024,438
	等価走行回数	772,240	13,137,391	133,126,563	230,988,243	378,024,438	

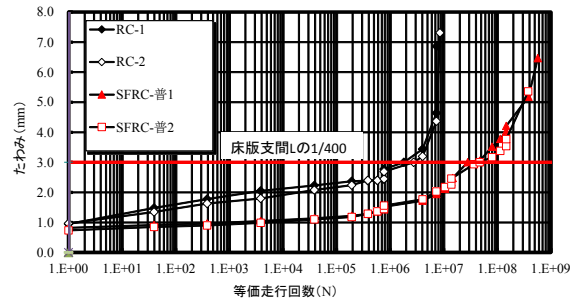


図-2 たわみと等価走行回数の関係

試体 SFRC-普 2 は供試体 SFRC-普 1 と同様にたわみは 4.0mm 付近までは急激な増加は見られず、荷重 140kN で走行回数 5,100 回が 5.36mm (等価走行回数 378.024×10^6 回) である。なお、摩耗と疲労により走行面の凹凸が著しく、走行が難しい状態を破壊と見なして実験を終了した。

6. まとめ

(1) 普通セメントによる SFRC の配合は、補強材として使用されている超速硬セメントに鋼繊維を配合した SFRC と最終強度と同等となるようにしたこと、圧縮強度や割裂試験による引張強度も高く、耐疲労性の向上が図られる材料である。

(2) RC 床版の等価走行回数に比して SFRC 床版は 59.8 倍となり、大幅に等価走行回数が向上している。よって、道路橋床版として耐疲労性が評価され、実用であると考える。

(3) たわみと等価走行回数の関係においても RC 床版はたわみが床版支間 L の $1/400$ に達した付近から急激に増加しているのに対して、SFRC 床版は鋼繊維がひび割れ増加を抑制し、床版支間 L の $1/300$ 付近まで急激な増加は見られない。

今後の課題として、RC 床版の 10 倍程度の耐疲労性の向上が図れる配合条件を検討し、耐疲労性の確保とさらなるコストの縮減効果を図りたい。

参考文献

- 1) 阿部忠, 伊藤清志, 深川克彦: 鋼繊維補強コンクリートを用いた道路橋床版の耐疲労性の評価, 第八回道路橋床版シンポジウム論文報告集, pp.75-80, 2014.10.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 I, II, III, 2002.
- 3) 松井繁之: 道路橋床版 設計・施工と維持管理, 森北出版, 2007.
- 4) 川井豊, 阿部忠, 木田哲量, 高野真希子: 道路橋 RC 床版の S-N 曲線に関する一考察, 第 7 回道路橋床版シンポジウム論文報告集, pp.263-268, 2012.