

鋼繊維補強コンクリートの疲労強度

大阪大学工学部 正員 松井繁之
大阪大学大学院 学生員 鹿熊文博

1. はじめに 現在、損傷を受けた道路橋床版に対する補修補強のための種々の工法が開発されている。最近、日本道路公団等で床版増厚工法が採用される場合が多く、増厚コンクリートとして鋼繊維補強コンクリート（以下、SFRCと呼ぶ）が使用されている。この工法による補強効果を輪荷重走行試験機による疲労実験で明らかにした¹⁾。ただし、この効果は正モーメント領域の押抜きせん断破壊に対するものであった。一方、床版は一般に連続版であるので、主桁上で発生する負のモーメントによって増厚コンクリートにひびわれが発生する可能性があり、このひびわれに対する安全性も確保する必要がある。これは曲げ疲労に対する評価となり、既往のSFRCの曲げ疲労データを収集したが、既往の研究報告は極めて少なかった²⁾。そこで、よく使用されている鋼繊維の配合によるSFRCの曲げ疲労実験を行い過去の研究報告と比較検討し、さらに増厚床版の主桁上の疲労安全性についての検討を行った。

2. 実験概要 実験に用いた諸材料は細骨材が海砂、粗骨材が最大寸法13mm

表-1 SFRCの配合

粗骨材 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	水セメント比 (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
			水	セメント	細骨材	粗骨材	鋼繊維	混和材
13	5±1.5	44.7	170	340 (40)	864	834	80	2.47

の採石、セメントが早強セメント、そして鋼繊維寸法は0.6φ×30mmである。SFRCの配合を表-1を示す。実験供試体は寸法10×10×40cmの無鉄筋の梁供試体とし、体積百分率で1.0%のスティールファイバー（以下、SFと呼ぶ）をランダムに混入させた。この混入率は、日本道路公団が床版増厚工法の増厚コンクリートとしてよく使用していることから採用した。供試体の支間長は32cmとし、コンクリート打ち込み面を上側にして設置した。荷重は線荷重を支間中央に載荷する中央集中載荷とした。

表-2 静的試験結果

供試体	曲げ強度(kg/cm ²)
1	87.84
2	91.20
3	105.60
4	105.60
5	105.60
6	124.32
S ₀	103.36

表-3 疲労試験結果

上限応力比(%)	破壊回数
82.1	590
82.1	3100
82.1	22000
82.1	310500
77.1	1100
77.1	2700
77.1	62000
77.1	365700
77.1	1774000
76.2	285000
72.5	994000
72.5	1026000
72.5	1930000
69.6	(5360000)

疲労試験は既往の研究を参照して、正弦波形の繰り返し荷重を載荷した。載荷荷重は、供試体下面の引張応力の下限値が3.0kg/cm²に、上限値は設定した引張応力になるように決定した。設定値は静的強度に対する比率で決めた。また、一部の疲労試験供試体には、支間中央部近傍から生じるひびわれの進展状況を調べるために、クラックゲージを両側面に貼布した。

3. 実験結果 本供試体の静的試験を疲労試験と同じ支持条件で行い、破壊時の引張縁最大応力をもとめた。結果は表-2に示すとおりである。この平均値を疲労試験での荷重比率の基準とした。

表-3に全疲労試験結果を示す。この結果をもとに図-1に示すS-N図を作成した。同じ応力比においても各データ間に大きなばらつきが見られるがこれはSFの混入状態のばらつきに基づくものであ

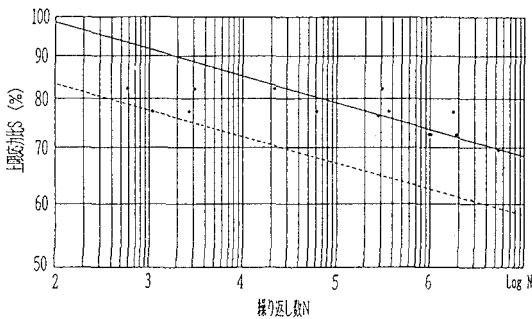


図-1 S-N図

と考えられる。次に、既往の試験データと比較するが、既往のS-N結果の表現は、1つの応力比で数体ずつ実験したものの平均値をプロットしたものであった。そこで、本研究結果も同様の方法を採用し整理した。この結果を図-2に示す。本実験のSFの混入率は1.0%で、既往の0.8%、2.0%のいずれに対しても高い疲労寿命を示しているが、これはSFの混入率と粗骨材寸法との関係が最適なものであったためと考えられる。混入率が小さい場合はSFの配向の影響が大きく現れ、混入率が大きい場合にはコンクリートのまわりが悪くなり、SFが固まりになることがあり、付着強度が低下するためと考えられる。

この混入率1.0%のS-N曲線を妥当なものとし、これを図-1に転記した。そして、この平均のS-N曲線に平行に下限値を通るS-N曲線を点線で記した。このS-N曲線を用いて、実橋でのSFRCの安全性が評価できる。

実験途中のひびわれ進展状況を図-3に示す。これによると、ひびわれは断続的に進展するのではなく、進展、停滞を繰り返して最終破壊に至ることが分かる。これはひびわれの進展の経路に位置したSFが引張に対して抵抗するが、付着が限界に達すると抜けが発生するためである。実験後、破壊面を観察すると破断したSFはほとんどなく、コンクリートからの引き抜けによるものばかりであった。また、ひびわれ深さ15～20mm前後に達すると、断面破壊を起こすことが分かった。よって、このひびわれ深さがSFRCの疲労限界状態であると言える。

4. 実橋に対する疲労安全性の検討 上記で得たS-N曲線(図-1の点線)を用いて、実橋での主桁上の負曲げモーメントに対する安全性評価が可能となる。その例として、図-4に示すような主桁間に増設縦桁を施した橋梁(支間長30m)の主桁G2上の負の曲げモーメントに着目した。影響面構造解析の結果、この点で最大曲げモーメント

を発生する載荷状態は自動車の一軸の中心がこの着目点上を通る場合と考えてよい。この影響面上にこれまで報告されている最大軸重28tonを載荷したとき、着目点の床版上面の縁応力は約 40kg/cm^2 となる。静的強度に対する応力比をとると約0.4となり、この応力比に対する疲労破壊寿命は約 2.0×10^{12} 回という多大な寿命となり、疲労による破壊については問題ないと考えられる。今後、ランダムな自動車荷重走行シミュレーションを行い、詳しい疲労安全性の評価を行う必要がある。

5. まとめ 本研究では、SFRCの曲げ疲労試験を行いその疲労特性について検討した。実橋でのSFRCの負の曲げモーメントに対する疲労安全性について検討し、十分な安全性が評価できた。

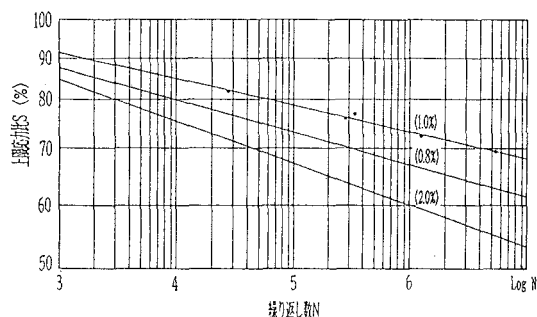


図-2 S-N曲線

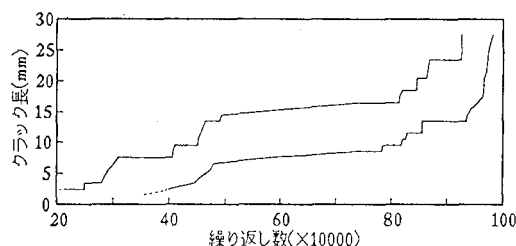


図-3 ひびわれ進展状況

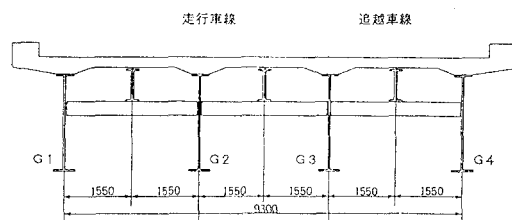


図-4 モデル橋梁