

鋼繊維補強コンクリートの曲げ疲労性状に関する実験的研究

立命館大学 正員 児島 孝一
 阪神高速道路公団 正員 水元 義久
 旭化成工業(株) ○正員 阪 正行
 立命館大学大学院 学生員 前岡 隆顕

1. まえがき 鋼繊維補強コンクリートの特性を有効に利用した施工例として、道路橋床版やコンクリート舗装があげられる。これらの構造部材においては、移動輪荷重や温度差等により繰り返し荷重が加わることが多く、また、活荷重により比較的大きな引張応力が生じる。これらの原因により、使用限界状態でのひびわれが問題となり、これらの部材の疲労性状は設計上検討しなければならないと考えられる。本研究は、鋼繊維補強コンクリートを用いた小型供試体の曲げ疲労実験を実施し、鋼繊維補強コンクリートの曲げ疲労性状を検討するものである。

2. 実験概要 (1)使用材料および配合：

表-1. コンクリートおよび鋼繊維補強コンクリートの示方配合

	Air (%)	Slump (cm)	W/C (%)	S/a (%)	W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)	F (kg)
Plain	4.0±1	7.5±1	47.4	45	171	361	790	998	-
Fibre	4.0±1	7.5±1	47.2	53	205	434	833	767	79

本実験に用いた鋼繊維補強コンクリートおよび普通コンクリートの示方配合を表-1に示す。セメントは普通ポルトランドセ

メントを使用し、骨材は、細骨材に野洲川産川砂(比重2.59, 吸水率1.92%, F.M.2.97)と高槻産砕砂(比重2.65, 吸水率2.03%, 洗い損失量8.8%, F.M.2.71)を体積比7:3で使用した。また、粗骨材は高槻産碎石(鋼繊維補強コンクリート:比重2.69, 最大寸法15mm, 普通コンクリート:比重2.69, 最大寸法20mm)を使用した。鋼繊維は伸線切断材(寸法0.5φ×32mm, 換算アスペクト比64.0)を使用し、体積百分率1%で混入した。

(2)供試体および実験方法：実験に用いた供試体はすべて10×10×40cmの曲げ供試体である。養生は、材令約1ヶ月まで湿度20℃相対湿度85%の恒温恒湿室で湿布養生を行ない、その後試験時(材令約3ヶ月)まで屋内に放置した。疲労試験における供試体本数は各荷重比について10本とした。載荷はスパン30cmの3等分点載荷とし、疲労試験の上限荷重は疲労試験に先立ち行なった静的強度試験結果より85%, 75%および65%とした(鋼繊維補強コンクリートは85%, ひびわれ荷重(73%)および65%)。静的強度試験結果は分散分析の結果有意水準5%で打設日による変動はないと考えられるので全体の平均を用いた。下限荷重は機械の性能を考慮してすべて0.5tとした。疲労試験機はローゼンハウゼン型のもので、荷重と時間との関係はほぼ正弦波形であり、繰り返し速度はすべての供試体について450CPMとした。また、疲労試験中の鋼繊維のひびわれ拘束性を調べるために、上限荷重をひびわれ荷重とした供試体4本について、ひびわれ進展、ひびわれ幅を測定した。ひびわれ進展は供試体下縁から0, 2.5, 5, 7.5, 10cmの位置に電気抵抗線ひびわれ計を貼付し、そのゲージが切れた時、その位置までひびわれが進展したと判断した。ひびわれ

幅測定は、供試体下縁から1cmの測面位置にホイットモアープラフを曲げスパンに中心間隔5cm全長20cmにわたり貼付し、その間の距離変化を測定した。これらの測定は繰り返し回数1, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 のとき行なった。繰り返し回数 10^2 回までは手動により行なった。

3. 実験結果および考察 疲労試験実施時のコンクリートの強度およびヤング係数を表-2に示し、疲労試験結果を図-1, 図-2に示す。同一条件下でも疲労寿命のばらつきは大きいので順序統計量の理論を用い、生存確率と疲労寿命との関係を対数正規確率紙上で直線近似し、生存確率50%の疲労寿命を求めることにより平均疲労寿命とした。繰り返し回数が200万回に達しても破壊しない供試体は疲労試験を中止し途中止ち切りデータとして静的に破壊した。一般にコンクリートの疲労破壊はS-N曲線を直線と仮定して論じられる場合が多いので、本実験結果においても同様に、平均疲労寿命の値を最小二乗法により近似して求めた。これらを図-1および図-2に直線式と合わせて示す。これから1千万回疲労強度を推定し比較すると、鋼繊維補強コンクリートの場合53.3%, 普通コンクリートで37.0%となった。鋼繊維補強コンクリートは従来コンクリートの疲労強度とされている55%とほぼ同様の特性を示しているものと考えられる。S-N直線から $N=1$ の強度すなわち静的強度を求めると、普通コンクリートに関してはほぼ静的強度に等しい値を示しているが、鋼繊維補強コンクリートの場合はかなり高く、S-N曲線の直線近似に問題があるとも考えられるけれども、今回の実験のみでは結論できない。

繰り返し載荷回数とひびわれ幅との関係を図-3に示す。この図によるとひびわれ幅は繰り返し回数が $10 \sim 10^4$ 回では除々に大きくなる傾向が認められるが、これは、鋼繊維が繰り返し載荷により徐々に引き抜けることによってひびわれ幅が増大することを示していると考えられる。

表-2. コンクリートの強度およびヤング係数

		Plain	Fibre
圧縮強度 (kg/cm^2)		486	516
引張強度 (kg/cm^2)	ひびわれ強度	—	38.9
	終局強度	45.0	47.6
曲げ強度 (kg/cm^2)	ひびわれ強度	—	75.9
	終局強度	62.1	103.2
ヤング係数 (kg/cm^2)		3.29×10^5	2.98×10^5

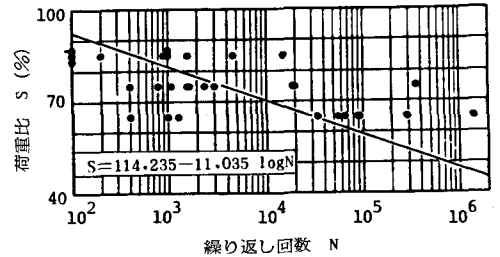


図-1. 荷重比と繰り返し回数との関係 (Plain Concrete)

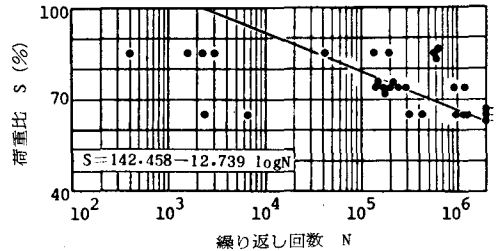


図-2. 荷重比と繰り返し回数との関係 (Fibre Concrete)

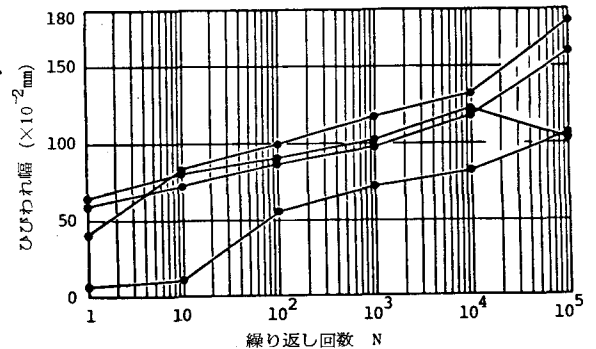


図-3. 繰り返し載荷回数とひびわれ幅との関係