

立命館大学 理工学部 正 員 尼崎 省二
立命館大学 理工学部 正 員 児島 孝之
立命館大学 大学院 学生員 坂東 洋一

1 まえがき

近年、コンクリート構造物の設計法が限界状態設計法あるいは終局強度設計法に移行してきており、これに伴ないコンクリート部材の疲労問題に再び関心が高まっている。現在までに実施されたコンクリート部材の疲労実験は曲げ載荷に関するものが多く、ねじりによる疲労実験はほとんど報告されていない現状である。

本研究はコンクリート部材の純ねじり疲労に関する基礎的データを得るために、鉄筋コンクリート小型はりの疲労実験を実施したもので、無筋はりおよび鉄筋コンクリートにSFRCを使用した小型はりの実験結果と比較検討を行なったものである。

2 実験の概要

実験に用いたコンクリートの示方配合を表-1

	骨材最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
						W	C	S	G	F
普通	2.0	7.5±1	4±1	5.0	4.3	170	340	754	1038	—
SFRC	1.5	7.5±1	4±1	5.0	6.0	210	420	943	653	79

に示す。使用材料はセメントが普通ポルトランドセメント、細骨材が野州川産川砂(比重2.56,

FM2.54)、粗骨材が高槻産硬質砂岩碎石(比重2.69)である。鋼繊維は伸線異形加工品(φ0.5×30mm, アスペクト比60)で、容積比1%を混入した。

供試はりの詳細を図-1に示す。鉄筋コンクリート供試はり12×12mm肉合スターラップを体積鉄筋比1, 1.5, 2%を目標として配置し、軸方向鉄筋はスターラップ鉄筋比とほぼ等しくなるようにした。なお無筋コンクリート供試はり12は急激な破壊を防止するために軸方向にのみD6を4本使用した。SFRCは鉄筋比1.5%の鉄筋コンクリート供試はりに使用した。すべての供試はり12はねじり載荷用アーム(図-2)取付部で破壊しないように、前述のスターラップ間隔よりも密に肉合スターラップを配置した。使用した鉄筋はD6およびD10で、その降伏点はそれぞれ347および373MPaである。

供試はり12は打設後24時間と脱型し、恒温恒湿室内で8週間の散水養生、その後試験材齢まで室内養生とした。供試はり12の試験材齢は15~18週である。

載荷装置を図-2に示す。静的および疲労試験はローゼンハウゼン型の疲労試験機を使用した。疲労試験は静的強度の85, 75, 65%(但し、SFRCは75, 65, 55%)の3種類を上限荷重とし、下限荷重は全々9.8kNとした。繰返し速度は無筋供試はり12が450rpm、その他は350rpmである。

3 実験結果および考察

コンクリートの諸強度および弾性定数を表-2に、静的ねじり試験の結果およびその理論値を表3, 4に示す。無筋コンクリート供試はり12の弾塑性理論¹⁾およびHSUの理論値²⁾は実験値をやや上回っているが、著者の一人が長方形

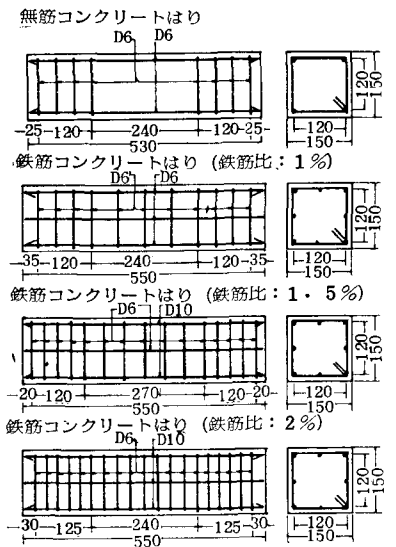


図-1 ねじり疲労試験用供試はりの配筋図 (mm)

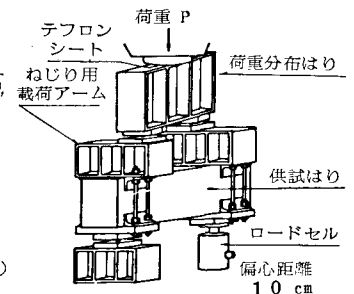


図-2 ねじり疲労試験載荷装置

断面の純ねじり弾塑性解析結果から提案した近似式²⁾は、実験値とよく一致している。

鉄筋コンクリート供試はりのひびわれ強度は補強筋量にほとんど影響されないと言われているが、実験値はHsuの提案式のように鉄筋比にほぼ比例して高くなっている。これは養生が良好であったためと思われる。SFRCのねじり強度は鉄筋コンクリートはりに比べてかなり大きくなっており、鋼繊維補強コンクリートの使用は鉄筋コンクリートはりの静的ねじり強度の改善に有効であると考えられる。Lampertの理論値⁵⁾は補強筋の増加とともに実験値に近い値となっており、Hsuの理論値は実験値よりも20%前後小さくなっている。

疲労試験結果の一例を図-3に示す。図-3はコンクリートの圧縮疲労などで用いられている順序統計量の理論を用いて生存確率(P)と繰返し回数(N)との関係に対数正規確率紙上にプロットしたもので、P-N関係は直線近似できると考えられる。すなわちコンクリート部材の純ねじり疲労における繰返し回数は対数正規分布であると考えられる。図-3からP=50%における平均繰返し回数(疲労寿命N)を求め、最小二乗法によりS-N直線を求めた。その結果を図-4に示し、S-N直線より求めた200万回および1000万回疲労強度を表-5に示す。

無筋および1.5, 2%の供試はりの1000万回疲労強度は51~56%であり、従来曲げ・圧縮の疲労強度と比べている55%とほぼ同様の傾向である。一方、鉄筋比1%およびSFRC供試はりの疲労強度が他の鉄筋比の供試はりに比較して低い値となっている。この原因は鉄筋比1%の供試はり、他の鉄筋比の供試はりと比較してひびわれ後のねじり剛性が低いこと、またSFRC供試はり、終局強度/ひびわれ強度比(=2.4)が、同一鉄筋比の供試はり(=1.8)と比較して大きいこと、および疲労試験の上限荷重が高いことが原因と思われる。

SFRC供試はりの疲労強度は応力比をその終局強度を基準にすると前述のように小さくなるが、同一鉄筋比(1.5%)供試はりの終局強度を基準としてS-N直線を求めると、その1000万回疲労強度は60.9%となる。すなわち鋼繊維補強コンクリートの使用は同一鉄筋比の鉄筋コンクリートはりの疲労強度の改善に有効であると考えられる。

最後に本研究は昭和55年度文部省科学研究費によって実施したものである。

最後に本研究は昭和55年度文部省科学研究費によって実施したものである。

参考文献

- 1) 児島, 岡田, 「ねじりを受けるプレストレストコンクリート長方形断面はりについて」, 土木学会論文報告集, 第232号, pp49~57.
- 2) 児島, 阪, 「純ねじりを受けるプレストレストコンクリートはりの強度について」, 第36回年次学術講演会講演概要集, 昭和56年.
- 3) T.T.C.Hsu, "Torsion of Structural Concrete-Plain Concrete Rectangular Section", Torsion of Structural Concrete, ACI Special Publication SP-18, 1968, pp203-238.
- 4) T.T.C.Hsu, "Ultimate Torque of Reinforced Rectangular Beams", ST-2, Feb., 1968, pp485-510.
- 5) P.Lampert and M.P.Collins, "Torsion, Bending, and Confusion-an Attempt to Establish the Facts", ACI Journal, Aug. 1972, pp500-504.

表-2 コンクリートの強度, 弾性定数

	普通	SFRC
圧縮強度 (MPa)	45.7	46.9
引張強度 (MPa)	3.45	4.82
曲げ強度 (MPa)	5.14	8.65
ヤング係数 (GPa)	30.3	29.4
ポアソン比	0.188	0.195
せん断弾性係数 (GPa)	12.7	12.3

表-3 無筋コンクリートはりのねじり強度 (N・m)

実験結果	2840
弾性理論	2430
弾塑性理論 ¹⁾	3320
著者 ²⁾	3050
Hsu ³⁾	3310
塑性理論	3880

表-4 鉄筋コンクリートはりのねじり強度 (Nm)

はりの種類	実験結果	終局強度	Hsu ⁴⁾	Lampert ⁵⁾
鉄筋比	ひびわれ強度			
1.0	3600	5720	4420	4510
1.5	3840	7000	5850	6430
2.0	4090	9340	7540	9410
1.5※	4170	9910	5880	6430

但し, ※は鋼繊維補強コンクリート

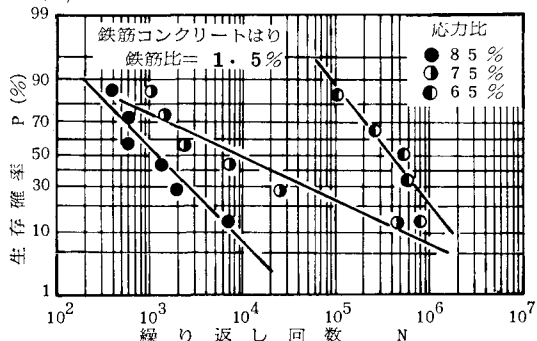


図-3: 生存確率 - 繰返し回数

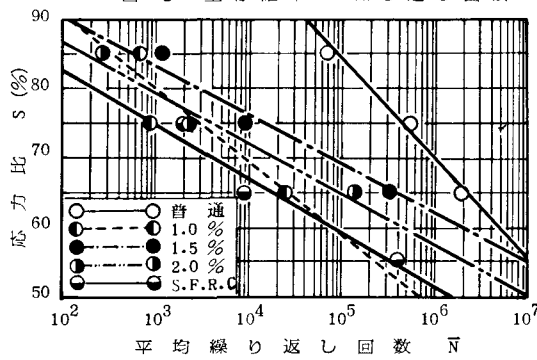


図-4: 応力比 - 疲労寿命関係

表-5 S-N曲線と疲労強度

はりの種類	S - N 曲線	200万回疲労強度	1000万回疲労強度
無筋	$S = -13.77 \log N + 152.5$	65.8 %	56.1 %
鉄筋比			
1.0	$S = -10.20 \log N + 109.6$	45.4	38.2
1.5	$S = -7.78 \log N + 107.5$	58.5	53.1
2.0	$S = -7.23 \log N + 101.6$	56.0	51.0
1.5※	$S = -3.10 \log N + 99.7$	48.6	43.0