

格子状FRPで補強したCPCはりのせん断性状

群馬大学大学院 学生会員 西須 稔
 大 林 組 正 会 員 石田 知子
 群馬大学大学院 学生会員 丸岡 正知
 群馬大学工学部 正 会 員 辻 幸和

1. はじめに

繊維強化プラスチック(FRP)は、その耐薬品性・耐食性の高さから鋼材に代わる補強材として関心を集めているが、鉄筋に比較して弾性係数が小さく、コンクリートとの付着力が小さいなどの特徴がある。そのため、FRPで補強したコンクリートはり(以下FRPはりと呼ぶ)では、曲げひびわれ幅や変形が鉄筋コンクリートはりよりも大きくなるという欠点がある。本研究では、炭素繊維および耐アルカリガラス繊維による格子状FRPを補強材とし、膨張コンクリートを用いてケミカルプレストレスを導入したCPCはりのせん断性状について検討を行うものである。

表-1 各補強材の力学的特性

2. 実験概要

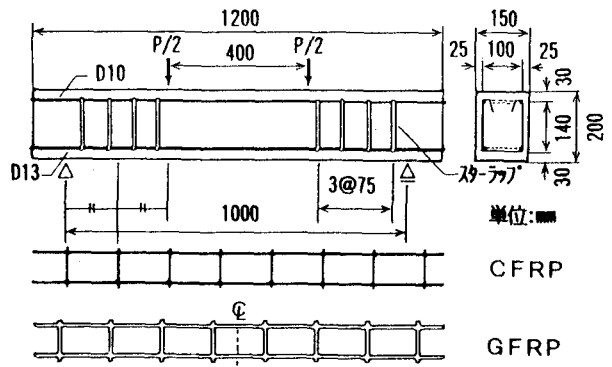
本実験で使用したFRPは、炭素繊維および耐アルカリガラス繊維をビニルエステル樹脂で被覆し、格子状に成形したものである(以下それぞれ、CFRP、GFRPと呼ぶ)。格子の間隔は5cm、10cm、15cm、20cmの4種類とし、引張強度が異形鉄筋のD10、D13にそれぞれ相当する2種類のFRPを使用した。また、比較のために、D10とD13の鉄筋を使用したRCはりも作製した。使用した補強材の力学的特性を表-1に示す。

補強材の種類		繊維束の本数(本)	繊維の含有率(%)	総断面積(mm ²)	引張耐力(kgf/本)	引張強度(降伏強度)(kgf/cm ²)	弾性係数(kgf/cm ²)
種別	名称						
FRP	C10	42	43.3	47.1	4831	10257	1.55×10^6
	C13	70	41.8	81.4	7426	9123	1.51×10^6
	G10	30	42.2	67.5	5574	5258	0.33×10^6
	G13	50	43.3	109.6	8935	5152	0.34×10^6
鉄筋	D10	(SD345)		71.3	4137	3976	2.1×10^6
	D13	(SD345)		126.7	7000	3750	2.1×10^6
	φ6	(SR295)		28.3	1562	3450	2.1×10^6

セメントには普通ポルトランドセメントを、膨張材にはエトリンガイト系のものをそれぞれ使用した。配合においては、CFRPはりについて、水結合材比を50%および80%とし、単位水量を194kg/m³、粗骨材の最大寸法を15mm、細骨材率を50%、スランブを15cm、空気量を4%と一定にし、単位膨張材量を0.35および50kg/m³と変化させた。また、GFRPはりについて、水結合材比を50%、単位水量を174kg/m³、スランブを8cmとし、単位膨張材量を0.30、50kg/m³と変化させた。各種補強材との組み合わせによって、合計34本のはり供試体を作製した。

はり供試体は、図-1に示すように、幅が15cm、高さが20cmの矩形断面を用いた。せん断スパン内にφ6のスターループを75mm間隔で4本ずつ配置した。CFRPはせん断スパン中央に格子交差部がくるように、またGFRPは格子交差部がはり中央部に対して左右対称になるように、それぞれ配置した。

養生方法は、材齢28日まで水中養生とし、材齢27日目は実験室に放置し、材齢28日目で2点集中載荷により、曲げ強度試験を行った。その間、同バッチで打ち込んだA法一軸拘束供試体の膨張ひずみ、および各供試体の補強材に生じた膨張ひずみを測定した。曲げ強度試験においては、補強材のひずみ、曲げひびわれ幅、およびたわみを測定した。

図-1 はり供試体の断面形状と載荷方法
(格子間隔 15cmの場合)

3. 斜めひびわれ発生モーメント

斜めひびわれ発生モーメントと各種FRP補強材の格子間隔および単位膨張材量との関係を図-2に示す。

CFRPはりについて、単位膨張材量を $0, 35 \text{ kg/m}^3$ としたものは、格子間隔が 10 cm までは、格子間隔の増加にともない斜めひびわれ発生モーメントは増加しているものの、格子間隔が 15 cm 以降は減少している。この原因として、格子間隔が 15 cm および 20 cm の場合、応力集中が生じる格子交差点部が、せん断スパン中央に1箇所しか存在せず、その格子交差点部が、曲げひびわれから斜めひびわれを誘発させたと考えられる。

GFRPはりの場合、格子間隔が 15 cm までは格子間隔が増すにしたがって、斜めひびわれ発生モーメントも増加している。しかし格子間隔が 20 cm となると、斜めひびわれ発生モーメントは、CFRPはりと同様に急激に低下する傾向が得られた。なお、GFRPはりの比較用として作製したRCはりについては破壊モーメントに達するまで、明瞭な斜めひびわれは認められなかった。

また、図-3に単位膨張材量が 50 kg/m^3 、コンクリートの圧縮強度が 400 kgf/cm^2 とした時の、CFRPはり、GFRPはりの斜めひびわれ発生モーメントの関係を示す。格子間隔が 5 cm 、 20 cm 、において、CFRPはりの斜めひびわれ発生モーメントはGFRPはりに比べ大きな値を示している。これは炭素繊維の弾性係数がガラス繊維に比べ大きいため、同一モーメントにおけるひずみが小さくなるためであると考えられる。しかし、格子間隔が 15 cm のCFRPはりについては、載荷点と支点の上に格子交差点部があり、せん断スパン中央にも格子交差点部が存在するため、斜めひびわれ発生モーメントはGFRPに比べ小さくなったと考えられる。

4. ひびわれ発生状況

図-4にひびわれ発生状況の一例として、格子間隔が 5 cm 、単位膨張材量が 50 kg/m^3 、コンクリート圧縮強度が 400 kgf/cm^2 におけるCFRPとGFRPの場合について示す。CFRPはり、GFRPはりいずれも、せん断スパン内の格子交差点部からひびわれが進展しているが、GFRPのひびわれ数は、CFRPに比べて多く、分散している傾向が認められる。これは、ガラス繊維のヤング係数が炭素繊維よりも小さいためであると考えられる。

5. まとめ

格子状FRPの種類と格子間隔により、CPCはりのせん断性状が異なることを示した。

本研究は、文部省科学研究費補助金一般研究(C) (課題番号 04650418) および総合研究(A) (課題番号 04302040 研究代表者 角田典史雄 北大教授) によるものである。

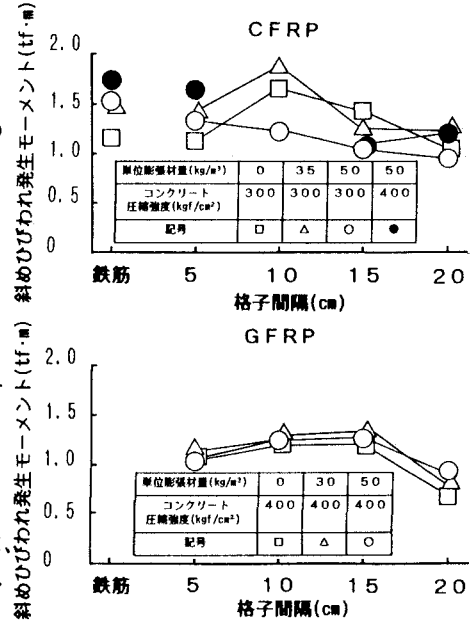


図-2 斜めひびわれ発生モーメントと格子間隔の関係

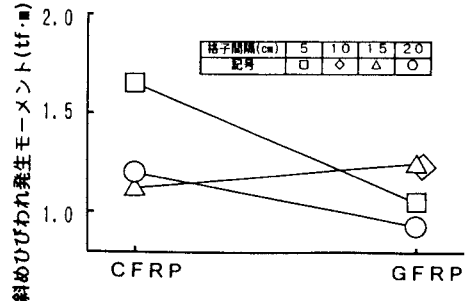


図-3 CFRPはり、GFRPはりの斜めひびわれ発生モーメント
単位膨張材量 $50 (\text{kg/m}^3)$
コンクリート圧縮強度 $400 (\text{kgf/cm}^2)$

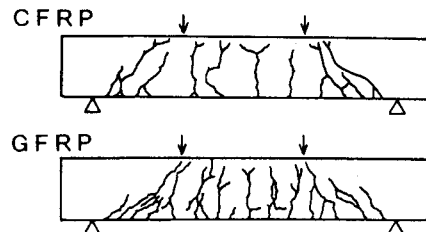


図-4 格子間隔 5 cm のひびわれ発生状況の一例
単位膨張材量 $50 (\text{kg/m}^3)$
コンクリート圧縮強度 $400 (\text{kgf/cm}^2)$