

(V-32) 異種類のFRP補強材を用いたコンクリートはりの曲げ性状

群馬大学工学部 学生会員 丸岡正知
群馬大学大学院 学生会員 石田知子
三井不動産建設 千葉昭一

1. まえがき

繊維強化プラスチック(FRP)は、その高耐食性と高強度等から鉄筋に代わる補強材として関心を集めているが、鉄筋と比較して弾性係数が小さい、完全弾性体で破壊ひずみが小さい、鉄筋に比べてコンクリートとの付着力が小さいなどの特徴があり、FRPで補強したコンクリートはり(FRPはり)の曲げ性状を算定する際に、従来の鉄筋コンクリートについての算定方法を用いることには問題があると思われる。本研究は、異種類のFRP補強材を用いたコンクリートはりの曲げ性状についての検討を目的として行った曲げ強度試験の結果を報告するとともに、積層モデルを用いて解析的に検討を行うものである。

2. 供試体および試験方法

表-1 各補強材の力学的特性

FRPは、連続繊維をコンクリートとの付着力を向上させるために組紐状に編み、エポキシ樹脂を結合材として含浸させ硬化させたものの、およびコンクリートとの付着力をより一層増大させるために表面に砂を接着したもの、ならびに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をを用いた。

強度はD10、D13それぞれに相当する2種類のものを使用した。また比較のために鉄筋を用いた。それらの力学的特性を表-1に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材および細骨材は群馬県渡良瀬川産のもの、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。配合は水結合材比を50%単位膨張材量を0、30、50kg/m³、単位水量を174kg/m³、細骨材率を46%、スランブを8cm、空気量を4%とした。

供試体は、図-1のように幅が15cm、高さが20cmの矩形断面で、補強材は、引張縁から30mmの位置にD13相当のものを2本、圧縮縁から30mmの位置にD10相当のものを2本それぞれ配置した。また連続繊維を補強材に用いたはりには同種繊維をスパイラル状に成形したもの、ガラス繊維および鉄筋を補強材に用いたはりには、せん断スパン内に10cm間隔でφ6のスターラップを配置した。作製した供試体の種類と補強材、単位膨張材量の組合せを表-2に示す。養生は水中養生とし、材令28日で曲げ強度試験を行った。その間、同バッチで打込んだA法一軸拘束供試体の膨張ひずみを測定した。曲げ強度試験では、補強材のひずみ

補強材の種類	種別	名称	繊維束の本数(本)	繊維含有率(%)	見かけの断面積(mm ²)			引張耐力(kgf/本)	引張強度降伏点強度(kgf/cm ²)	弾性係数(kgf/cm ²)
					繊維束	樹脂	総断面積			
F	組紐状	A10	—	60	15.0	10.0	25.0	3200	12800	0.66×10 ⁶
		A13	—	60	30.0	20.0	50.0	6400	12800	0.66×10 ⁶
	格子状	G10	30	42.2	28.5	38.0	67.5	5514	8258	0.333×10 ⁶
		G13	50	43.3	47.5	62.1	109.6	8935	8152	0.338×10 ⁶
鉄筋	—	D10 (S D 3 5)	—	—	—	—	71.3	4137	3970	2.10×10 ⁶
		D13 (S D 3 5)	—	—	—	—	126.7	7000	3750	2.10×10 ⁶
		φ6 (S D 3 5)	—	—	—	—	28.3	1562	3450	2.10×10 ⁶

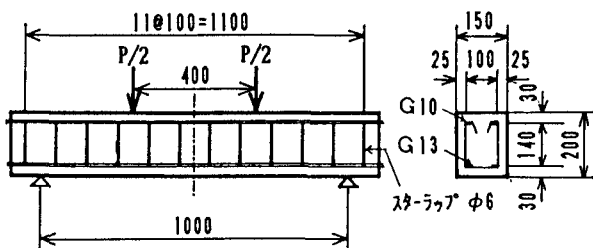


図-1 断面諸元と載荷方法(ガラス繊維補強材)

表-2 供試体の種類

供試体番号	補強材の種類	単位膨張材量(kg/m ³)	コンクリート圧縮強度(kgf/cm ²)	A法膨張ひずみ(10 ⁻⁶)
①	連続繊維	0	418	0
②		0	418	0
③		30	414	92
④		30	414	92
⑤		50	319	445
⑥		50	319	445
⑦	ガラス繊維	0	418	0
⑧		30	414	92
⑨		50	319	445
⑩	鉄筋	0	418	0
⑪		30	414	92
⑫		50	319	445

も測定した。

3. 解析方法

解析においては、はりの断面を中立軸に平行に n 等分に細分割する積層モデルを採用した。断面内のひずみは中立軸からの距離に比例すると仮定し、応力とひずみは各層の図心位置で代表させた。

4. 引張補強材のひずみ

図-2には、引張補強材のひずみと曲げモーメントとの関係の一例を、解析と実験値について示す。単位膨張材量の違いや、補強材の種類によって、ばらつきが認められるものの、いずれの解析値も実測値を良く反映しているものと考えられる。また、ケミカルプレストレスの導入による補強材のひずみの減少効果は、実験値において、十分ではないが確認することができた。

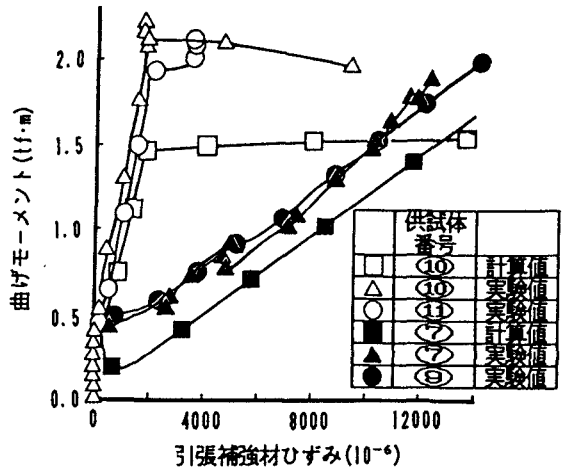


図-2 引張補強材のひずみと曲げモーメント

5. 曲げ耐力

破壊形式および破壊荷重の実測値と解析値を表-3に示す。連続繊維を補強材としたはり①~⑥の破壊荷重は、単位膨張材量が増加するにしたがって減少する傾向が認められた。これは破壊形式が曲げ圧縮破壊となったため、補強材の性能を十分に発揮できなかったためと考えられる。また膨張材の混入量による変化は、実験値に比べて解析値は著しい。これは解析に用いたコンクリート圧縮強度は自由膨張して強度低下した値を用いたのに対して、はり中のコンクリートは補強材の拘束を受けているため、強度低下はほとんど生じなかったものと考えられる。

また、コンクリート標準示方書による算定式¹⁾および岡村式の算定式²⁾を用いて求めたスターラップ降伏時のせん断耐力も表-3に示した。実験には膨張材を用いているが、膨張材を用いた改善効果は明確には反映できないなどの問題点があり、今後この点についての検討を進めていく必要がある。

表-3 曲げ破壊モーメントおよびせん断破壊モーメント

解析において、⑩~⑫は、実験値より安全側になる曲げ耐力を得ることができた。①~⑨は、曲げ圧縮破壊となり、実験値と比べ破壊荷重もほぼ等しい値となるが、やや危険側になる結果となった。これは、補強材とコンクリートの付着状態を鉄筋と同様に完全に付着していると仮定して計算したためである。実験に用いた供試体は、①に見られる定着破壊を起こすように、付着力が十分得られなかったと考えられ、この点についての検討も今後進める必要がある。

供試体 番号	実 験 値			計 算 値		
	曲げひびわれ 発生モーメント (t·m)	曲げ破壊 モーメント (t·m)	破 壊 形 式	曲げ破壊 モーメント (t·m)	せん断破壊モーメント	
					示方書	岡村式
①	0.180 0.225	1.880 1.891	定着破壊 曲げ圧縮破壊	2.030	2.54	2.04
②	0.225 0.165	1.860 1.865	曲げ圧縮破壊 曲げ圧縮破壊	2.020	2.54	2.03
③	0.255 0.255	1.710 1.710	曲げ圧縮破壊 曲げ圧縮破壊	1.800	2.52	2.07
④	0.225	1.885	せん断破壊	2.245	0.86	1.27
⑤	0.090	1.821	せん断破壊	2.169	0.86	1.27
⑥	0.255	1.891	せん断破壊	1.856	0.83	1.20
⑦	0.315	2.208	曲げ引張破壊	1.558	0.88	1.28
⑧	0.330	2.102	曲げ引張破壊	1.558	0.88	1.27
⑨	0.420	2.134	曲げ引張破壊	1.520	0.84	1.22

本研究は、群馬大学工学部 辻 幸和教授、橋本 親典講師の指導のもとに実施したものである。

[参考文献]

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書、昭和61年度
- 2) 岡村甫：RC構造の限界状態設計法に関する総合的研究、昭和59年3月、pp.23~24