

V-156

FRPで補強した膨張コンクリートはりの曲げ耐力

群馬大学 大学院 学生会員 中島規道
 群馬大学 工学部 正会員 辻 幸和
 東亜建設工業（株） 稲葉秀樹

1. まえがき

繊維強化プラスチック（FRP）は、その耐食性の高さ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などの相違点があり、FRPで補強したコンクリートはり（FRPはり）の曲げ耐力を算定する際に従来の鉄筋コンクリートの方法を用いることには問題があると思われる。本研究は、膨張コンクリートを用いたFRPはりの曲げ耐力の検討を目的として曲げ強度試験を行った結果を報告するものである。

2. 供試体および試験方法

FRPは、ガラス繊維（G）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用いた。格子の間隔は、 5×10 , 10×10 , 15×10 , 20×10 cmの4種類とし、強度はD10, D13にそれぞれ相当する2種類のものを使用した。また比較のため鉄筋も用いた。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、骨材は群馬県渡良瀬川産の川砂（比重=2.61, F.M.=2.77）と川砂利（比重=2.63, F.M.=6.29）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（E）を0.30および50 kg/m³, 単位水量を168 kg/m³, 細骨材率を46%, スランプを8 cm, 空気量を4%とした。

供試体は、幅が15 cm、高さが20 cmの矩形断面で、補強材は引張縁から30 mmの位置にD13相当のものを2本、圧縮縁から30 mmの位置にD10相当のものを2本それぞれ配置した。また、せん断スパン内に75 mm間隔でφ6のスターラップを配置した。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-1参照）。

3. 解析方法

解析においては、はりの断面を中立軸と平行にn等分に細分割する積層モデルを採用し、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、応力とひずみを各層の図心位置で代表させた。はり断面内における膨張ひずみおよびケミカルプレストレスの分布は、『単位体積当りの膨張コンクリートが拘束体である補強材に対してなす仕事量は、拘束の程度にかかわらず一定の値となる』という仕事量の原理に基づく推定方法を適用した。

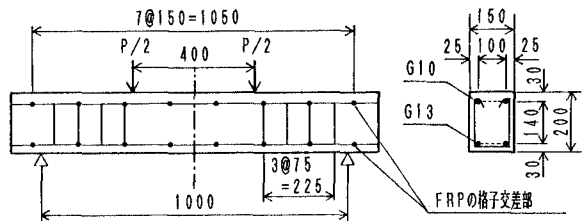


図-1 断面諸元と荷重方法（FRP 10×15 cm）

4. 引張補強材の

表-1 各補強材の力学的特性

ひずみ

図-2には、引張補強材のひずみと荷重との関係の一例を、実験値と解析値について示す。格子間隔や単位膨張材量の違

補強材の種類	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)	引張剛性* (kgf)
			繊維束	樹脂	総断面				
FRP	G10	30	28.5	39.0	67.5	5574	8258	0.333×10^8	0.225×10^8
	G13	50	47.5	62.1	109.6	8935	8152	0.338×10^8	0.370×10^8
鉄筋	D10	(SD35)	—	—	71.3	4137	3970	2.1×10^8	1.50×10^8
	D13	(SD35)	—	—	126.7	5448	3750	2.1×10^8	2.66×10^8
	φ6	(SD30)	—	—	28.3	1562	3450	2.1×10^8	0.594×10^8

* 引張剛性=総断面積×弾性係数

い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よ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による補強材のひずみの減少効果に比べ、実測値では数倍大きな減少効果を得ることができたが、この原因については明確にすることができなかった。

5. 曲げ耐力

破壊形式を表-2に、破壊荷重の実測値と解析値を表-3にそれぞれ示す。膨張材の使用により、鉛直方向にもケミカルプレストレスが導入されたためせん断耐力が上昇し、破壊形式がせん断から曲げへと移行した(図-3参照)。

補強材が破断した供試体については、せん断スパン内において補強材が曲げモーメントとせん断力による引張力も負担していることに加え、FRPはりは、たわみ、ひびわれ幅が大きくなり、ひびわれ部において局部的に大きな曲げを受けたためであると思われる。

解析においては、RCはりはいずれの解析方法を用いても、ほぼ等しい耐力を得ることができた。積層モデルによる解析では、FRPはりは、曲げ圧縮破壊となり破壊荷重もほぼ等しい値となった。しかしながら、FRPが引張強度に達し、コンクリートの圧縮縁が破壊ひずみになったと仮定して弾性計算により求めた曲げ耐力は、大幅に危険側となった。

また、RC示方書による算定式を用いて求めたスターラップ降伏時のせん断耐力も表中に示した。実験に用いた供試体は、 a/d が小さく、コンクリートの分担するせん断耐力を半分程度に算定し、また、膨張材の使用による改善効果は明確には反映できない等の問題点があり、今後この点について検討を進めていく必要がある。

また、この解析値では曲げ圧縮破壊であるため、コンクリートの強度の影響を大きく受けているが、実測値はその影響がほとんど現れていない。解析に用いた強度は、自由膨張して強度低下を生じた値を用いたためであって、はり中のコンクリートは補強材による拘束を受けているため強度低下を生じなかったことによると考えられる。

6. まとめ

FRPで補強した膨張コンクリートはりの曲げ耐力について検討するため、単位膨張材量を変化した実験結果を報告し、積層モデルにより破壊形式とともに曲げ耐力を算定できることを述べた。

本研究は、文部省科学研究費補助金一般研究(C)(課題番号 01550373)により行ったものである。

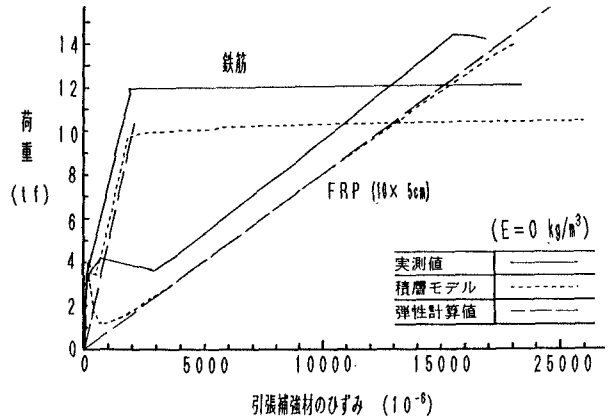


図-2 引張補強材のひずみと荷重の関係

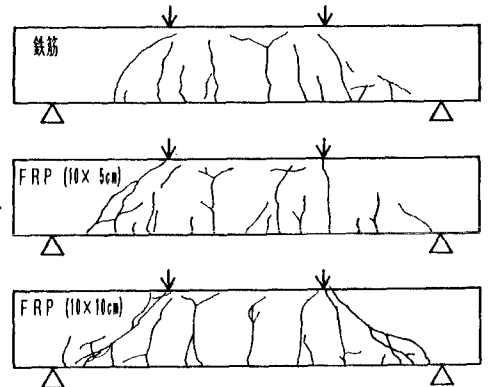


図-3 ひびわれ発生状況
($E = 30 \text{ kg/m}^3$)

表-2 破壊形式

単位膨張材量 (kg/m^3)	FRP (格子間隔 cm)				鉄筋
	5	10	15	20	
0	●	×	×	×	△
30	○	●	×	×	△
50	○	●	●	●	△

△ : 曲げ引張破壊
● : 曲げ圧縮破壊
○ : せん断スパン内補強材破断
× : せん断破壊

表-3 破壊荷重

単位膨張材量 (kg/m³)	実 測 値 (tf)					解 析 値 (tf)						f c (kgf/cm²)	A法 膨張ひずみ (10⁻⁶)
	FRP (格子間隔 cm)				鉄筋	積層モデル		弾性計算値		せん断耐力			
	5	10	15	20		FRP*	鉄筋	FRP	鉄筋	FRP	鉄筋		
0	14.5	9.9	10.9	11.7	13.0	14.0	10.4	19.9	10.3	10.2	12.7	386	0
30	10.8	10.8	15.8	12.1	13.6	13.7	10.0	19.9	10.3	10.1	12.4	372	169
50	14.5	14.5	13.7	14.1	13.7	12.3	10.3	19.8	10.1	10.3	12.7	315	401

* 曲げ圧縮破壊