

高温加熱を受けたCFRP補強コンクリートはりの耐荷性能の劣化

九州大学 学生員○山口 芳範
九州大学 正 員 黒田 一郎 日野 伸一
九州大学 正 員 太田 俊昭 柴田 博之

1. はじめに

近年、連続繊維補強材(以下FRP)を鋼材の代替としてコンクリート部材に適用する研究が数多くなされている。しかし、これらの研究のうちFRPを適用したコンクリート部材の耐熱性に関する研究はほとんどなされていない。そこで本研究では、CFRPロッドで補強されたコンクリートはりの加熱試験および加熱冷却後の力学特性について検討を行う。

2. 実験概要

図-1に供試体の形状・寸法を示す。供試体は全高20cm、幅20cm、全長174cmのはり供試体とし、軸方向引張側補強材として、φ5CFRPロッドを2本配置した。なお、非加熱の範囲に配置した軸方向圧縮側補強材およびスターラップはSD345D6を用いた。補強筋、加熱時間

およびかぶりをパラメーターとし10種類各2体の計 20体を作製した。各供試体の諸元を表-1に示す。また、使用したCFRPロッドの力学特性を表-2に示す。

供試体の加熱はガスバーナーを利用し、加熱範囲は図-1の網掛け部で示される供試体底面の中央部50cm×20cmの範囲である。なお、加熱面以外の部分は断熱材で覆うことにより断熱を施した。加熱温度は室温から1000℃までを60分かけて直線的に上昇させ、その後は所定の時間まで1000℃を保持することとした。

加熱試験終了後、1週間以上を経て、支間160cmの両端単純支持のもとに、中央2点線載荷(載荷幅30cm)で静的載荷試験を行った。

3. 実験結果および考察

加熱試験より得られたはり中央部の温度履歴の一例を図-2に示す。図より、かぶり40mmの場合で補強材位置での温度は50分経過時点で120℃程度、100分経過時点で300℃程度、200分経過時点で500℃程度まで上昇することがわかる。また、図に示す実線は埋め込み鉄筋モデル¹⁾を用いた有限要素法による熱伝導解析であるが、解析値は実験値をよく捉えているといえる。

次に、加熱試験後の載荷試験により得られた荷重-たわみ曲線の一例を図-3に示す。図より、ひび割れ発生前までの曲げ剛性の低下は、120分以上加熱した場合著しいことがわかる。しかし、120分および240分加熱においては顕著な差は認められない。また、ひび割れ発生後の曲げ剛性については加熱、非加熱による差はほとんどないといえる。

表-3に曲げ破壊荷重の実験値および計算値を示す。ここで、120分以上加熱された供試体は、加熱前供試

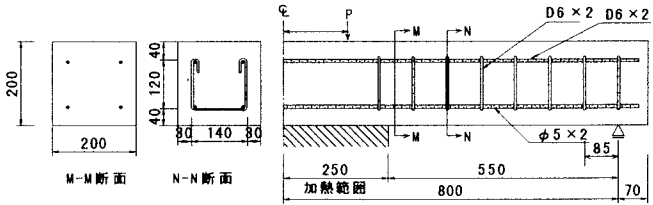


図-1 供試体の形状・寸法 単位: (mm)

表-1 供試体諸元

供試体名	加熱時間	かぶり (mm)	補強材	温度 (°C)
F-0-40	0	40	CFRP φ5	1000
F-60-40	60			
F-120-40	120			
F-240-40	240			
F-0-60	0	60		
F-120-60	120			
F-0-80	0	80		
F-120-80	120			
R-0-40	0	40	D13	
R-240-40	240			

表-2 CFRPロッドの物性値

呼称径 (mm)	5
断面積 (cm ²)	0.178
繊維含有率 (%)	65
引張強度 (kgf/cm ²)	230
ヤング係数 (kgf/cm ²)	1.5 × 10 ⁶
熱膨張率 (× 10 ⁻⁶ /°C)	0.68

体の計算値より実験値の方が小さく
なっている。これを破壊荷重比(実
験値/計算値)-最高温度で示すと図-
4に示すとおりとなり、補強筋位置
において300℃以上の加熱を受ける
と急激に耐力が低下することがわか
る。また、耐力の劣化に及ぼすかぶ
りの影響は認められなかった。これ
は、かぶりが60mm、80mmの場合、加
熱試験中に爆裂が発生し、かぶりの
一部もしくは大半が剥離してしまい、
耐熱対策としては十分に機能しなかつ
たためと考えられる。

表-3 破壊荷重の比較

供試体名	加熱条件 (min)	実験値 (tf)	破壊形式	計算値(tf)		実験値 計算値
				曲げ	せん断	
F-0-40A	0	5.1	曲げ圧縮	4.2	10.1	1.21
F-0-40B	0	5.4	繊維破断	4.2	10.1	1.29
F-60-40A	60	5.8	曲げ圧縮	4.4	10.5	1.32
F-60-40B	60	5.2	曲げ圧縮	4.4	10.5	1.20
F-120-40A	120	3.9	曲げ圧縮	4.4	10.5	0.88
F-120-40B	120	4.2	曲げ圧縮	4.4	10.5	0.95
F-240-40A	240	3.1	繊維破断	4.4	10.5	0.70
F-240-40B	240	3.3	曲げ圧縮	4.4	10.5	0.76
R-0-40A	0	6.7	曲げ圧縮	6.0	13.6	1.13
R-0-40B	0	6.7	曲げ圧縮	6.0	13.6	1.12
R-240-40A	240	6.1	曲げ圧縮	6.0	13.6	1.01
R-240-40B	240	5.8	曲げ圧縮	6.0	13.6	0.97
F-0-60	0	4.9	曲げ圧縮	4.1	10.1	1.19
F-240-60A	240	3.8	曲げ圧縮	4.1	10.1	0.92
F-240-60B	240	3.7	曲げ圧縮	4.1	10.1	0.90
F-0-80	0	4.7	曲げ圧縮	4.1	10.1	1.14
F-240-80	240	3.2	曲げ圧縮	4.1	10.1	0.78

ここで、耐力の計算(設計)値²⁾は曲げ引張破壊を仮
定したのに対し、実験では曲げ圧縮破壊を呈したため、
曲げ圧縮破壊を仮定して破壊荷重を算定すると5.2tf
となり、実験値とよく一致した。この場合、加熱によ
り劣化するCFRP補強材の強度パラメータとしては
 $E_f \cdot A_f$ が考えられるが、すでに述べたように加熱によ
る曲げ剛性の低下はほとんど認められないことから、
ここでは、CFRPのヤング係数の劣化は無視できるもの
として、有効断面積の減少として加熱によるCFRPの損
傷をとらえることとした。以上の仮定に基づいて、実
験値からCFRPの有効断面積を逆算すると、400℃前後の
温度履歴で50%程度、500℃前後で30%程度が残存して
いると推定される。

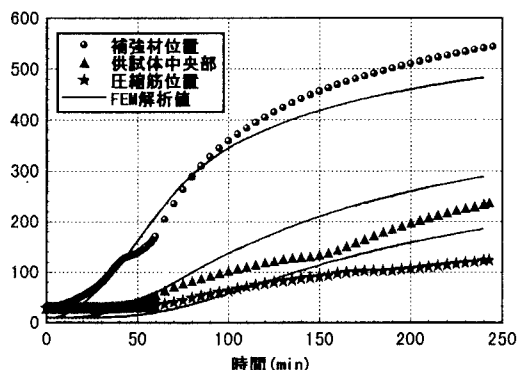


図-2 供試体中央部の温度履歴 (F-240-40)

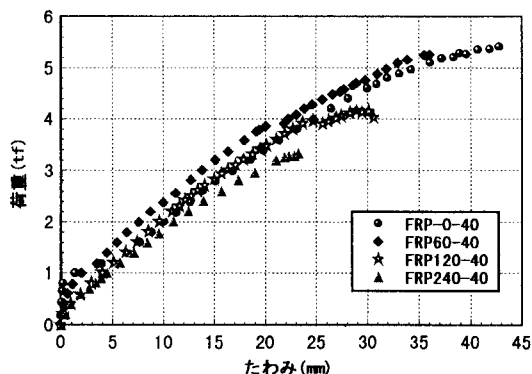


図-3 加熱後の荷重-たわみ関係

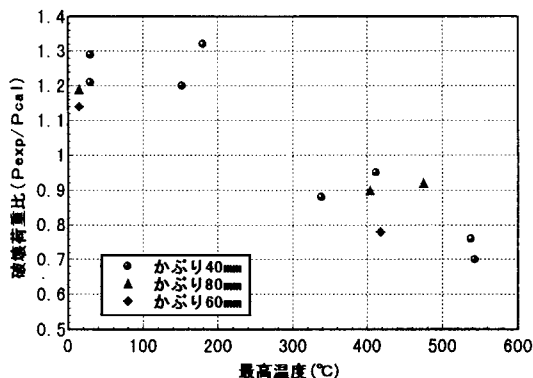


図-4 残存耐力に及ぼす加熱温度の影響

参考文献

- 1) 黒田一郎・日野伸一・太田俊昭：高温負荷を受けるコンクリート構造部材の温度特性に関する基礎的研究，土木学会論文集，No. 532/V-30，pp. 41～55，1996. 2
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書(設計編)，平成8年版