

## 高温履歴を受けた BFRP シート補強コンクリートの物性に関する研究

名城大学 学生会員 ○田口 展靖  
名城大学 正会員 岩下 健太郎

## 1. はじめに

焼却炉のような高温の熱を繰り返し受ける施設の外壁に、耐熱鋼材や断熱材を介してコンクリートが使用されている。長期使用による膨張、収縮の繰り返しにより損傷が蓄積するため、取り替え期間を延長するための長寿命化が望まれている。そこで、耐熱性に優れた BFRP シートを接着し、側圧を与えることで、膨張を抑えることによる耐熱性の向上に着想をした。本研究では、酸化アルミニウムを主成分とした耐火接着剤で BFRP シートを接着したコンクリートに事前加熱を行ったうえで、圧縮試験を行いその効果を検証した。

## 2. 本研究の実験方法

本研究では、φ100×200mm の円柱供試体を計 13 本、普通ポルトランドセメントを用いて作成し、電気炉による事前加熱を行った。その後、2000kN コンクリート全自動圧縮試験機（島津製作所製）を用いて圧縮試験を行った。コンクリートの示方配合を表 1 に、供試体のパラメータ内訳を表 2 に示す。なお、事前加熱温度は 350、500°C (±5°C) の 2 種類とし、比較用に室温 (20±5°C) の実験も行った。BFRP シート接着供試体は計 4 本作成し、内 2 本は 350°C、内 2 本は 500°C で事前加熱を行った。事前加熱を行った BFRP シート接着供試体は、加熱終了後にそれぞれ 1 本ずつ BFRP シートをはがし、損傷状態を観察した上で圧縮試験を行った。供試体 No. は事前加熱時の BFRP シートの有無 (bBF、bN)、事前加熱温度 (350、500)、圧縮試験時の BFRP シートの有無 (aBF、aN) で表す。

BFRP シートには 0° と 90° の方向に各々 150g/m<sup>2</sup> 目付のバサルト繊維を 2 方向に配向させたものを、接着剤には酸化アルミニウムを主成分とした耐火接着剤を使用した。BFRP シートは供試体の周囲に 3 周巻き立て接着した。表 3 に BFRP シートの物性を示す。竹村らの研究<sup>1)</sup>によると、玄武岩の線膨張係数は 5μ/°C とされているため、この値を BFRP シートの線膨張係数と設定した。

表 1 示方配合

設計強度 (N/mm <sup>2</sup> )	30	
水セメント比 (%)	48.0	
スランプ (cm)	15	
細骨材率 (%)	43.5	
単体量 (kg/mm <sup>3</sup> )	水	165
	セメント	344
	細骨材	827
	粗骨材	987
	高性能 AE 減水剤	2.752

表 2 パラメータ内訳 (本)

事前加熱温度	bN,aN	bBF,aN	bBF,aBF
20°C	3	-	-
350°C	3	1	1
500°C	3	1	1

表 3 BFRP シートの材料物性

ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	90000
引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	1900
3 周巻き立て時の換算厚さ (mm)	0.171
線膨張係数 (μ/°C)	5

供試体の事前加熱には電気炉を用いた。電気炉の内寸は W300×D350×H250mm であり、供試体が縦に計 6 本入る。加熱は目標温度到達から 2 時間継続し、加熱終了後は炉内にて自然冷却を行った。事前加熱の前後で供試体の質量、直径と長さを測定した。

事前加熱の終了後、供試体温度を室温で安定させたいうで、載荷速度 1mm/min の速度で圧縮試験を行った。荷重と変位は試験機の出力を採用した。

## 3. 実験結果と考察

図 1 に加熱試験終了後の供試体の質量変化率を示す。bN-350、bBF-350 では 4.1% と 3.7%、bN-500、bBF-500 では 4.9% と 4.4% の減少がみられ、変化量に差がない。これより、BFRP シートを巻き立て接着、耐火接着剤を使用したとしても、コンクリート内部の自由水の発散に影響がないことが確認できた。

事前加熱温度ごとの圧縮試験終了後の供試体の様子を写真 1 に示す。bN-350、bBF-350 は灰白色、bN-500、bBF-500 は黄緑色に内部の色が変色している。骨材についても、加熱により赤く焼けているのが確認できる。同じ事前加熱温度で bN と bBF で比較を行うと、bBF では表面の変色は抑制されていた

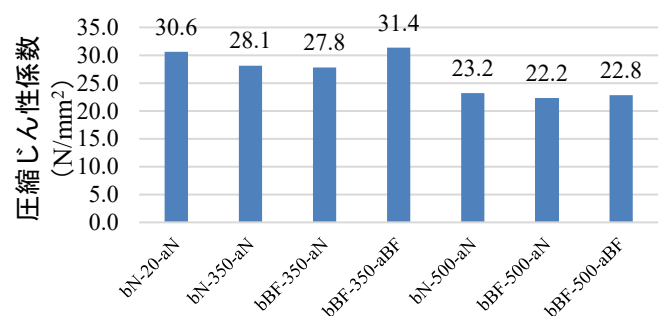
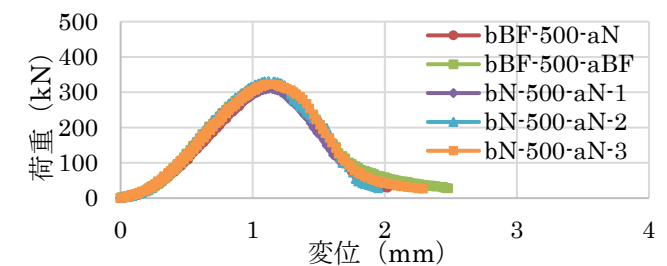
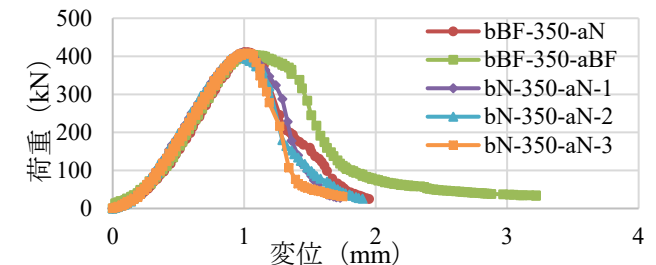
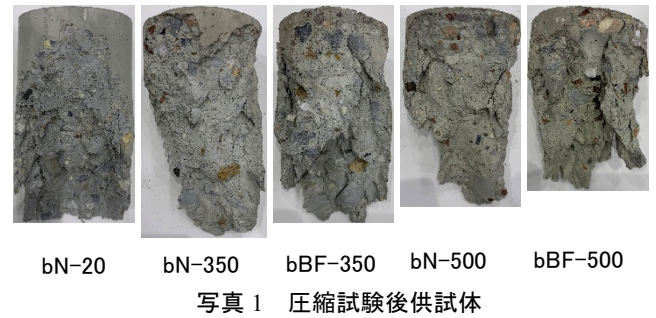
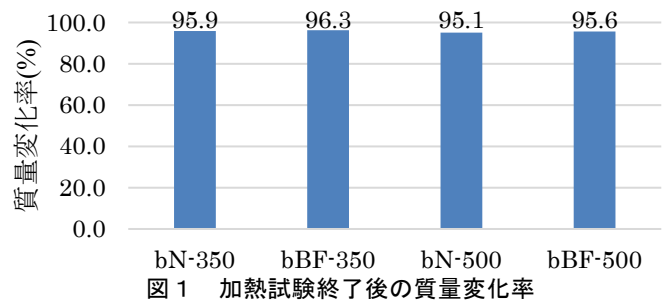
ものの、内部、骨材の変色については bN と bBF で違いはみられなかった。また、成分分解による内部性状の変化についても違いがみられなかった。これより、BFRP シートの接着によって表面の変色は抑制できるものの、成分分解などの内部性状の変化に影響を与えないことがわかった。

図2に350°Cの、図3に500°Cの事前加熱を行った供試体の荷重変位曲線を示す。BFRP シート接着の有無にかかわらず、同じ事前加熱温度の場合、最大荷重はほとんど同じであった。BFRP シートは圧縮強度にほとんど寄与しないため最大荷重に影響が出ない。bN-20-aNの平均最大荷重が478.9kNであったのに対し、350°Cでは平均406.1kN、500°Cでは平均319.2kNでそれぞれ15.20%、33.33%の低下が確認できた。これより、BFRP シート接着によって側圧を与えたとしても、加熱による強度低下を抑制できないことがわかった。これは、強度低下の原因の内、成分分解が占める割合が大きいためであると考えられる。

図4に圧縮じん性係数を示す。圧縮じん性係数は、鋼繊維補強コンクリートの圧縮強度および圧縮タフネス試験方法<sup>2)</sup>(JSCE-G551)に記載されている計算式によって算出した。bN-350-aNとbBF-350-aNについては差がみられないが、bBF-350-aBFについてはbN-350-aNより11.7%の向上がみられ、bN-20-aNとほとんど同じ値となった。これは加熱による成分分解が少なく、BFRP シートの側圧によって破壊が遅れたためであると考えられる。しかしながら、bN-500-aNとbBF-500-aBFは同様の低下量となった。これは、加熱による成分分解が350°Cに比べ大きかったことが原因と思われる。また、供試体の膨張収縮に耐え切れずBFRP シートが緩んだ可能性や、500°Cの加熱によりBFRP シートが劣化した可能性も考えられる。

#### 4. まとめ

耐火接着剤、BFRP シートの使用は、供試体内部の自由水の発散や内部性状の変化、耐荷性能の向上に影響を与えなかったが、圧縮じん性係数については、350°Cの加熱であれば、BFRP シートによるものと考えられる向上が確認できた。500°Cで加熱を行った供試体は成分分解が顕著に表れ、それによる強度低下や圧縮じん性係数の低下が確認できた。



#### 参考文献

- 1) 竹村貴人, 高橋学, 長田昌彦, 北村圭史, 精密石材の岩石学的特徴と湿潤環境下での超微小変形の発生機構に関する考察, 材料, Vol.63, No.3, pp. 227-233, 2014
- 2) 鋼繊維補強コンクリートの圧縮強度および圧縮タフネス試験方法 (JSCE-G551), 土木学会