

電力中央研究所 正会員 中野毅弘 正会員 青柳征夫
正会員 金津 努
大成建設土木設計部 正会員 大嶋匡博

1 まえがき

原子力発電所格納容器、高速増殖炉炉心まわりコンクリート等は、事故時には 100℃を超える高温にさらされる場合がある。この種の構造物では、高温下でのコンクリートの強度物性の長期信頼性、熱応力評価の問題、および放射能を外部へ漏らさないためのひびわれの制御等が重要な検討課題と考えられる。¹⁾

一方、鋼繊維コンクリート(以下SFRCと略す)の力学的特性に関しては、最近多くの研究が行われており、プレーンコンクリートに比較して曲げ靱性が著しく改善されること、ひびわれの発生・進展が抑制されること等の結果が得られている。²⁾³⁾ これらのSFRCの特性は、特に高温を受けるコンクリート構造物の部位に有効に利用できることが考えられる。

本研究はこのような観点から、SFRCの有する力学的特性に与える高温の影響を把握するため、さらにコンクリートの耐熱性を改善するための一つの試みとして、500℃ までの高温下におけるSFRCの強度ならびに靱性試験を行ったものである。

2 実験概要

- i) 強度試験；圧縮(φ10×20cm)、割裂(φ15×20cm)、曲げ(10×10×40cm)の各強度試験を行い、さらに圧縮弾性係数、動弾性係数の測定も行った。
- ii) 鋼繊維；使用した鋼繊維は表面に異形加工を施したφ0.45mm×40mmのものである。
- iii) 配合；SFRCの配合は表1の通りで、混入量は体積比で1%、最大骨材寸法は20mmである。
- iv) 養生条件；コンクリート打設後2日目に脱型し、加熱開始材令まで湿潤養生を行った。
- v) 試験方法；材令30～35日で試験体を高温槽に入れて昇温を開始し、所定の温度履歴圧与後常温に戻して強度試験を行った。昇温速度および降温速度はそれぞれ1℃/minおよび0.2℃/minであった。
- vi) 温度条件；所定高温200℃、300℃、400℃、500℃と100℃との間を2日を1サイクルとして15回のくり返し加熱を行った。また、100℃のものは30日間一定温度に保持した。
- vii) 強度、換算強度；圧縮および曲げの各強度と換算強度は、「鋼繊維コンクリートの試験方法に関する規準」⁴⁾に基づいて算定し、割裂強度および弾性係数は、通常のプレーンコンクリートと同じ方法により算定した。

表 1 鋼繊維コンクリートの配合

3 強度・弾性的性質に与える温度の影響

SFRCの物性の温度依存性を検討するため、加熱前の物性値に対する加熱後の物性値

スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/A (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
				W	C	細骨材	粗骨材	鋼繊維	減水剤
10±2.5	5±1	42	51	173	412	860	873(865)	78.5	C×0.25%

粗骨材最大寸法；20 mm ()は圧縮強度、100℃の割裂、曲げ強度の試験体以外の場合

の比(残存比)と温度との関係を図1～図5に示した。また、プレーンコンクリートと比較するため、図中には当所で実施したプレーンコンクリートの強度試験結果の平均値、および文献調査を行った結果の各温度での強度、弾性係数の下限値を併記した。図1～図5はそれぞれ、温度－圧縮強度、温度－割裂強度、温度－曲げ強度、曲げ試験における応力－変位および温度－弾性係数の関係を示したものである。

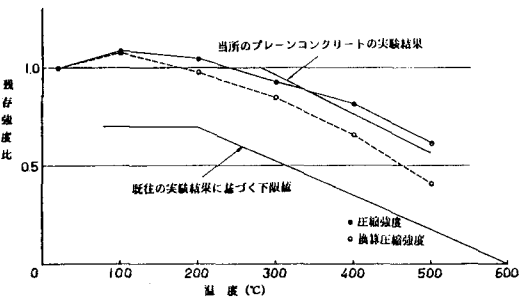


図 1 圧縮強度の残存比と温度の関係

3.1 SFRCの強度・弾性係数の温度依存性

SFRCの各強度・弾性係数は、温度の上昇と共に低下する傾向にある。ただし、低下性状は各物性により相違し、圧縮、曲げの各強度は、200℃までは常温下とほぼ同等の強度値を示すが、200℃以上では特にその低下が著しい。一方、曲げ強度、弾性係数は、履歴温度の上昇に伴って単調に低下する傾向にあることが認められた。曲げ強度試験において、200℃～400℃の範囲では強度の変化がない結果が得られているが、この現象が一般的なものかどうかについては、今後さらにデータの集積をみて判断する必要がある。

圧縮と曲げの換算強度に関しては、400℃、500℃の換算圧縮強度は圧縮強度値とやや差はあるが、全般的には両者間の差がほとんどないことが認められる。図4に示すように、高温下においてもSFRCは十分な靱性を有しており、鋼繊維の効果が保持されている。

3.2 プレーンコンクリートとの比較

当所で実施したプレーンコンクリートの実験結果とSFRCの結果を比較すると、曲げ強度の200℃以下の温度領域で差が認められるほかは、プレーンコンクリートのデータとほとんど一致した温度依存性が確認された。このことは、高温条件下へのSFRCの適用は、同じSFRCで比較すれば強度低下を改善する顕著な効果はないものの、常温下でSFRCに期待される各種力学特性の改善効果は、高温下においても十分期待できることを示している。

3.3 既往の実験結果の強度の下限値との比較

SFRCの実験結果は、既往の実験結果から得られた強度、弾性係数の下限値に比較して十分大きく、高温下においてもプレーンコンクリートと同等に扱えることが確かめられた。

4 まとめ

繊維混入量が1%の実験を行っただけであるので、高温下におけるSFRCの強度、弾性係数の温度依存性について、一般的な結論を導くことはできないが、高温条件下へのSFRCの適用という観点からは、強度低下を改善する顕著な効果は期待できないものの、常温下で発揮されるSFRCの特長は、高温下においても十分に期待できることが明らかとなった。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会；原子力用コンクリート構造の熱応力設計法、熱応力シンポジウム論文集、1985.3
- 2) 中野他；鋼繊維補強鉄筋コンクリートの力学特性、電研報告 No.383040
- 3) 小林；繊維補強コンクリート－特性と応用－オーム社、1981
- 4) 日本コンクリート工学協会；鋼繊維コンクリートの試験方法に関する規準、1984.2

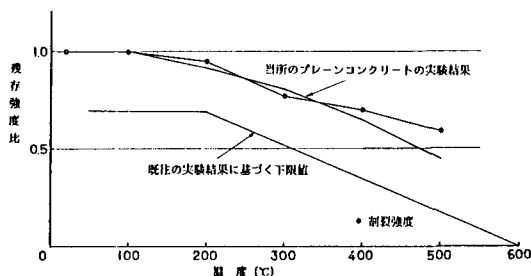


図 2 割裂強度の残存比と温度の関係

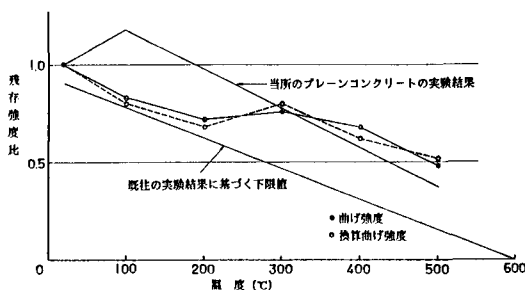


図 3 曲げ強度の残存比と温度の関係

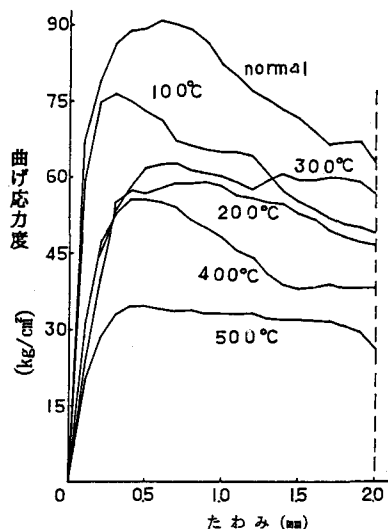


図 4 SFRCの曲げ変形性状

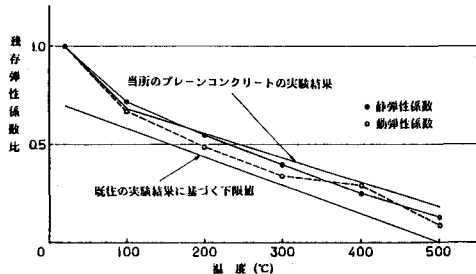


図 5 弾性係数の残存比と温度の関係