

高靱性セメント複合材料の耐火性及び外部物質浸透性

学生氏名 藤田鉄兵  
 指導教員名 栗原哲彦

1. 研究目的

高靱性セメント複合材料 (DFRCC) は、最近、その構造利用を広めようと全国的に開発・研究されている新しい構造材料であり、その特性により、コンクリート系構造物の大幅な性能向上や新たな性能付与に対する十分な可能性を秘めている。しかしまだその歴史は浅く未解明な部分が多くそのひとつに耐久性に関する問題があげられる。

そこで、本研究では、ポリエチレン繊維を使用した DFRCC に着目して、近年頻発するトンネル火災で注目されているコンクリートの耐火性、コンクリート中の鉄筋を腐蝕させる原因となる中性化、及び塩化物イオン浸透性について実験的に明らかにすることを目的とする。

2. 実験計画及び概要

2.1 DFRCC の作製

今回使用した供試体の配合を表 1 に示す。セメントには早強ポルトランドセメント、細骨材には平均粒度 135 μm の 7 号珪砂、増粘剤には非イオン系水溶性セルロース、繊維には径 12 μm、長さ 13mm、密度 0.97g/cm<sup>3</sup> のポリエチレン繊維、混和剤には高性能 AE 減水剤を使用した。尚、本実験の供試体は 1 ヶ月間の養生を行ったものを使用した。

表 1. 配合表

練り混ぜ量	W	C	S	増粘剤	Fiber	Ad
単位量 kg/m <sup>3</sup>	342	1264	395	0.9	14.6	38

2.2 耐火性

40 × 40 × 160 (mm) の供試体を使って行う。供試体を 50, 100, 150, 200, 250, 300 の各温度下に設定された乾燥炉の中に入れその後 3 等分点曲げ載荷試験を行い、荷重 - 変位曲線を計測した。3 等分点曲げ載荷試験の概略図を図 1 に示す。供試体への熱の加え方は、常温の乾燥炉に供試体を設置後、設定温度まで温度を上げ、設定温度で 10 分間保持する。その後乾燥炉が常温になるまで冷却させ、その後供試体を取り出し実験を行った。なお、耐火性容器に繊維のみを入れ供試体と一緒に乾燥炉に設置した。

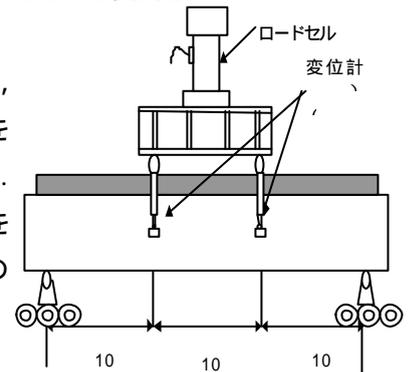


図 1. 3 等分点曲げ載荷試験

2.3 中性化

100 × 100 × 400 (mm) のひび割れの有る供試体とひび割れの無い供試体を 1, 2, 3 ヶ月試験用に各 3 本ずつ用意し、各期間研究室内に放置する。ひび割れは、事前の 3 等分点曲げ載荷試験により生じさせた。3 本の供試体の最大曲げ耐力の平均値の 80% 荷重を載荷した。その後各期間放置した供試体を 3 等分点曲げ試験により破断させ、その破断面に 1% フェノールフタレイン溶液を吹きかけ破断面の変色の度合いにより中性化を測定した。なお、3 等分点曲げ試験により供試体を破断させる前に、モーメントスパン内の 3 箇所においてひび割れ幅の計測を行った。

2.4 塩化物イオン浸透性

100 × 100 × 400 (mm) のひび割れの有る供試体とひび割れの無い供試体を 1, 2, 3 ヶ月試験用に各 3 本ずつ用意し、各期間 2.5% 塩化ナトリウム水溶液に浸漬させた。ひび割れの作成法は 2.3 と同様とした。各期間浸漬させた供試体を 3 等分点曲げ試験により破断させ、その破断面を硝酸銀滴定法により浸透度を測定する。なお、2.3 同様供試体を破断させる前にひび割れ幅の計測を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 耐火性

ポリエチレン繊維だけを直接熱した場合、150 辺りから縮み始め、200 で溶解した。各温度下での DFRCC の曲げ強度を図 1 に示す。図 2 に実験により得られた荷重 - 変位曲線を、写真 1 に載荷後の破

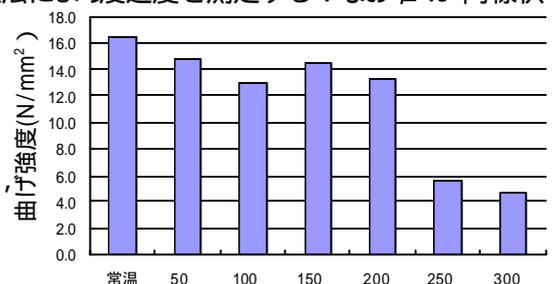


図 2. 各温度下での曲げ強度

壊状況の一例を示す。曲げ強度は 200 までは  $13.3\text{N/m}^2$  を超える値をとっているが 250 で急激に半分以下の値まで落ちている。図 2, 写真 1 からみとれるが, 温度が 200 辺りから変位が小さくなり, ひび割れの数が少なくなっている。これは 200 を超えたあたりからポリエチレン繊維が溶解したため, DFRCC の特徴である変形性能を失ったからと考えられる。250 になると完全に変形性能を失っているのが分かる。以上より, DFRCC としての性能は 150 までという結果が得られた。ただし, 図 2 (b) より 150 最大荷重時の変位が常温の供試体より大きくなっている。これは熱により繊維が軟化し伸びやすくなったためと考えられるが, 更なる検討が必要である。

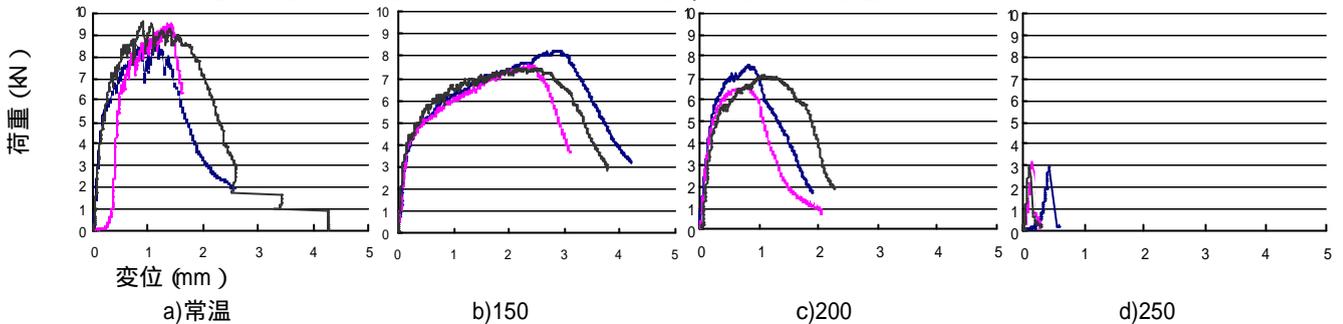


図 2. 荷重 - 変位曲線の一部



写真 1. 供試体の破壊状況

### 3.2 中性化

写真 2 に中性化深さ試験後の破断面の様子を示す。ひび割れのない供試体の中性化は 3 ヶ月暴露後もほとんど進行しておらず, 良好な結果が得られた。一方, ひび割れの生じている供試体は, 大きなひび割れが生じている個所や供試体中に大きな気泡がある場合に深く進行していた。浸透深さ (はり下縁からの距離, 写真 2 の下からの距離, 3.3 においても同様) は  $10.4 \sim 81.6\text{mm}$  とかなり差が開いた。しかし, 事前ひび割れ測定位置と最終破断位置が完全に一致した供試体がほとんどなく, 今実験からはひび割れ幅と中性化深さとの関係を明確にすることができなかった。



写真 2. 中性化深さ (3 ヶ月)

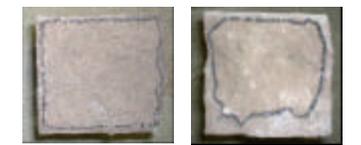


写真 3. 塩化物浸透深さ (3 ヶ月)

### 3.3 塩化物イオン浸透性

塩化物イオン浸透深さ試験後の破断面の様子を写真 3 に示す。中性深さ同様, ひび割れのない供試体では塩化物イオンの浸透は浅く, ひび割れが生じている供試体では  $3.6 \sim 30.6\text{mm}$  の浸透深さであった。事前ひび割れ測定位置と最終は塩位置が一致した供試体を対象にひび割れ幅と塩化物イオン浸透深さとの関係を図 3 に示す。対象とした供試体が 2 本と少なく, 中性化深さ同様, 両者の関係を明確にすることはできなかった。

### 4. 結論

以上, DFRCC を対象に耐火性, 中性化深さ, 塩化物浸透性について実験を行った。その結果, DFRCC の耐火性は混入繊維に大きく影響を受け, 今回使用したポリエチレン繊維の使用限界温度は 200 程度であることがわかった。さらに, 外部物質浸透深さについ

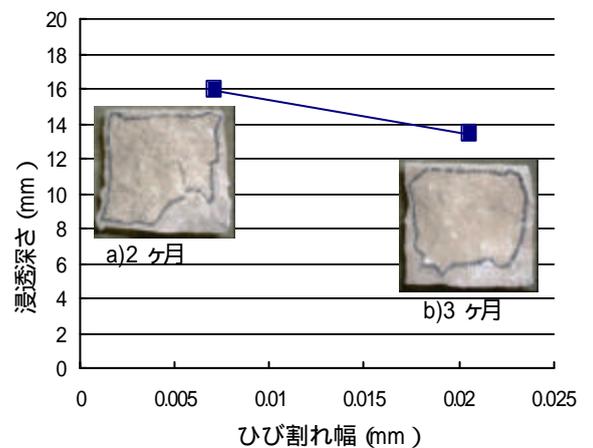


図 3. 塩化物浸透深さ

ては, ひび割れが生じている個所で中性化や塩化物イオンの大きな浸透が確認され, 微細なひび割れ (髪の毛より毛細い) でも外部物質は容易に浸透し, DFRCC にはそれを防ぐ性能はないことが確認された。