

低レベル放射性廃棄物処分場への繊維補強材料の適用性に関する検討

日本原燃株式会社
株式会社ニュージェック
鹿島技術研究所

正会員 ○庭瀬 一仁
正会員 平川 芳明
正会員 渡邊 賢三 横関 康祐 戸井田 克

1. 背景及び目的

現在、低レベル放射性廃棄物処分施設の施設形態などが検討されており、セメント系材料が多くの部材に適用される計画である。そのため、セメント系材料に要求される性能も、力学性能や長期耐久性など多岐にわたり、特に核種や地下水などに対する物質遮断性は極めて重要な要求性能と考えられる。さらにその要求期間が極めて長いため、RCとした場合、鉄筋が腐食によって消失する可能性があることから、その使用が困難と考えられている。一方で、鉄筋のない無筋部材をセメント系材料で構築した場合、何からの原因で生じたひび割れは、その進行を抑制する補強材がないため、結果として施設全体の遮蔽性能に影響を与えかねない。そこで、本研究においては、無筋部材に生じる可能性のあるひび割れを極力抑制することを目的として、繊維補強材料の適用性について、実験的な検討を加えた。

2. 実験内容

評価対象とした繊維補強材は表-1に示す6種類の繊維とした。ここで、施設の耐久性に関する耐用年数が数万年に及ぶ可能性もあることから、主に無機系の繊維を評価対象とした。繊維補強材料の選定試験として、モルタルを用いた力学性能評価、ワーカビリティへの影響評価及び耐久性評価を実施した。曲げ実験及びワーカビリティにはW/C=45%、S/C=1.5 (mass)、繊維補強材料を添加したモルタルを用いた。モルタルの練混ぜは、モルタルミキサー（容量10L）で、練混ぜ量を3Lとして全5分間練り混ぜた。なお繊維は練始めから1分後に投入し、4分間練り混ぜた。練上り後のフレッシュ性状はJIS R 5201⁻¹⁹⁹⁷に準じて行い、繊維の分散状況は目視にて評価した。力学評価はJIS R 5201に準じて曲げ強度を測定した。耐久性評価はJSCE-E 538⁻¹⁹⁹⁹を参考に各種繊維を水酸化ナトリウム1mol/lのアルカリ溶液に固液比1:10 (mass)、環境温度60±1℃で1か月間浸漬した。浸漬後の繊維は重量変化を測定し耐久性の評価を行った。さらに選定された繊維については、JSCE-G 551⁻¹⁹⁹⁹に準じてコンクリートにおける曲げ靱性を測定した。なお、曲げ供試体の養生は打込みから1日間は20℃湿空養生、脱型後50℃水中促進養生とし、モルタルは打込みから7日材齢、コンクリートは打込みから6日材齢で曲げ試験を実施した。

3. 実験結果

図-1に各種繊維を用いたモルタルの曲げ試験の結果を示す。繊維混入率は全て外割で1vol%とし、図中の数字は、曲げ強度(N/mm²)を示す。曲げ靱性に対する効果は繊維D>F>A>Cの順であり、曲げ強度に対する効果は繊維D>C>A>Fの順となった。また、繊維を添加しないケースに比べ、全ての繊維で曲げ強度が増加す

表-1 繊維種類と評価試験内容

記号	分類	繊維名称	化学組成	繊維形状(mm)	曲げ	耐久性
A	金属	ステンレス	Fe-Cr(SUS430)	Φ0.6 ×L10	○	○
B	無機	アルミナ	Al ₂ O ₃ ・SiO ₂	Φ0.003×L20	○	—
C		カーボン	C	Φ0.017×L18	○	○
D		炭化けい素系	SiTi _{0.023} C _{1.4} O _{0.63}	Φ0.01 ×L20	○	○
E		ワラストナイト	CaSiO ₃	Φ0.04 ×L0.6	○	—
F	有機	PBO	C-O-H-N	Φ0.012×L25	○	○

○：実施 —：実施なし

キーワード 放射性廃棄物処分場、繊維補強コンクリート、耐久性

連絡先 〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字野附 504-22 TEL 0175-72-3305

る結果となった。一方、図示しないものの繊維 B と E は最大応力発生に伴って供試体が 2 分され、繊維補強効果が得られなかった。なお、各種繊維がモルタルのワーカビリティに与える影響程度はそれぞれ異なるものの、全ての繊維においてワーカビリティの低下が確認された。また、繊維の分散状況を目視にて定性的に評価したところ、繊維 A 及び C は均一に分散している一方で、繊維 B、D 及び F は繊維の塊または束が目立つ結果となった。透水係数や拡散係数などの物質遮断性においては、繊維の束が悪影響を与えると考えられるため、分散性の改善が必要と考えられた。

図-2 に繊維補強効果が確認された繊維に対する耐久性評価試験結果を示す。繊維 A 及び F はアルカリ浸漬後も、初期重量と変化がなく、優れた耐久性を有することが分かった。一方、繊維 C は、95%残存し、5%がアルカリによって溶出する結果となった。これは、繊維のサイジング材（繊維を束ねるための接着剤）に水溶性高分子を用いているため、それらが溶出したものと推測された。よって、サイジング材の変更及び使用量を低減することで適用の可能性があると考えられる。また、繊維 D は 80%残存し、20%が溶出する結果となった。これは表-1 に示すように、繊維中のシリカが作用水中のアルカリと反応したためと推測された。

以上の評価結果を表-2 にまとめる。繊維 A 及び F が良好と考えられたが、F は有機繊維であり、鉄筋と同様、長期における消失が考えられた。そこで、サイジング材を変更することで繊維 C を追加評価の対象とした。

なお、追加評価はコンクリートを対象とするため、繊維 A は繊維形状 $\Phi 0.5 \times L40\text{mm}$ に変更し(A'), 繊維 C はサイジング材をエポキシに、形状を $\Phi 0.8 \times L30\text{mm}$ に改良し(C') 適用性評価実験に供した。

図-3 に繊維 A' 及び C' を添加したコンクリートの曲げ強度試験結果を示す。コンクリート配合の概要は図中に示した配合を使用し、括弧内の数字はスランプを示す。図より繊維 A' 及び C' は、優れた曲げ靱性を発現し、ひび割れ制御に大きな効果があるものと考えられた。さらに同じ添加量で A' と C' を比較した場合、補強効果は同等であるものの、スランプおよび単位水量からワーカビリティに与える影響は C' の方が小さいことが伺えた。さらに C' の添加量を 2.0vol% まで増加させた場合、ひび割れ発生後もさらに強度が増加し、優れた繊維補強効果が確認された。

4. まとめ

各種繊維の力学評価、耐久性評価などの選定試験を実施した結果、ステンレス繊維、カーボン繊維が有効であると考えられた。さらに、改良したステンレス繊維、カーボン繊維を用いてコンクリートの曲げ強度を測定した結果、曲げ靱性の向上が確認された。今後、さらに詳細なデータを取得し、適用性についてより詳細な検討を実施する予定である。

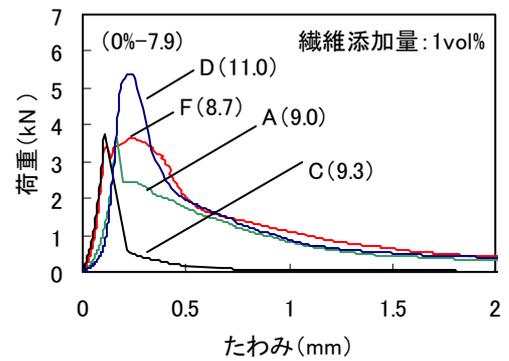


図-1 各種繊維の補強効果（モルタル）

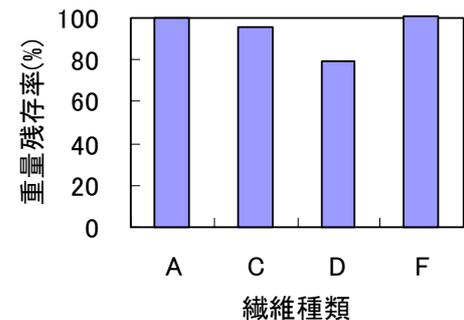


図-2 各種繊維の耐久性評価結果

表-2 評価結果のまとめ

繊維	補強効果	耐久性
A	あり	良好
B	なし	未実施
C	あり	サイジング材の溶出
D	あり	アルカリによる溶出
E	なし	未実施
F	あり	良好

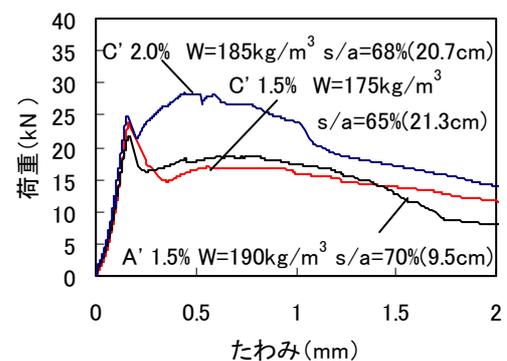


図-3 繊維補強効果（コンクリート）