

低レベル放射性廃棄物処分施設への適用を目的とした繊維補強材料の選定に関する検討

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 〇庭瀬一仁 秋山 隆
正会員 平川芳明
正会員 渡邊賢三 芦澤良一 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の内，放射能レベルの比較的高い廃棄物については 50～100m の地下にトンネル型やサイロ型の空洞からなる余裕深度処分施設を構築し，処分することが考えられている¹⁾．その場合，セメント系材料に要求される性能も部材毎に異なり，力学性能や長期耐久性など多岐にわたるものと考えられる．中でも，核種や地下水などの物質移動を抑制することを目的とした部材には，ひび割れのない密実なコンクリートが求められる．一方，本構造物では腐食の問題，連続体界面の物質移動の課題から鉄筋は適用し難いと考えられる．そこで，耐久性の高い短繊維に注目して比較試験を実施し，ステンレス繊維（以下 SF）およびカーボン繊維（以下 CF）について適用の可能性があることを示している²⁾．本論文においては，短繊維の適用性検討を目的として上述した 2 種類の繊維について，フレッシュ性状，力学特性および物質遮断性の代用特性として空隙率に与える影響を評価した．

2．実験内容

繊維の選定においては，SF と CF の混入率を要因として，繊維混入がフレッシュ性状，力学特性および物質移動に与える影響について比較した．SF は化学的安定性を加味して鋼質を SUS310S（Cr：25%，Ni：20%）とし，形状はインデントやフックのないストレートとした．また，既存の CF はコンクリートに適用した場合，練混ぜ時の負荷によって破断，破損あるいは粉碎するため，モルタル，ペーストにしか適用できなかった．ここで用いた CF は，コンクリートの練混ぜ時にも破損しないように，12,000 本のカーボンフィラメントを束ねて撚り，エポキシ樹脂にて結束してカットした新しい短繊維である．表-1 に既往カーボン繊維と新しいカーボン繊維の相違点を示す．なお，短繊維を混入した際の配合は，既往の手引³⁾に従って，繊維の形状，混入率に応じて繊維無混入の配合の単位水量と細骨材率を調整し，表-2 に示す配合に修正した．ここで，セメントは低熱ポルトランドセメント，混和材としてフライアッシュ（置換率 20%），骨材は石灰砕砂と石灰碎石を用いた．測定項目は，スランプ，空気量，圧縮強度，曲げ強度，曲げじん性係数とした．練混ぜは，水平二軸型ミキサを用い，コンクリートを所定時間，練り混ぜた後，繊維を徐々に混入し，繊維混入終了後さらに 90 秒間練り混ぜて練上りとした．コンクリートの養生は 20 標準水中養生とし，材

表-1 カarbon繊維の相違点

	既往の カーボン繊維	新しい カーボン繊維
結束材	水溶性高分子	エポキシ
対象	ペースト,モルタル	ペースト,モルタル,コンクリート

表-2 コンクリート配合およびフレッシュ性状

Gmax (mm)	W/B (%)	目標	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					単位量 (%)		スランプ (cm)	空気量 (%)
		スランプ (cm)		W	C	FA	S	G	繊維(vol%)	SP(P×%)		
20	45	18±2.5	50	150	233	100	880	1041	—	0.7	16.5	1.6
		18±2.5	65	175	272	117	1171	631	SF	0.75	19.2	2.3
		15±2.5	67	180	280	120	1191	587	(Φ0.5	1.0	15.0	2.0
		12±2.5	70	190	296	127	1211	519	×L40mm)	1.5	13.6	1.5
		18±2.5	59	161	250	107	1103	766	CF	0.75	20.0	2.8
		18±2.5	62	162	252	108	1156	708	(Φ1.0×	1.0	19.1	2.7
		18±2.5	65	169	263	113	1190	641	L30mm)	1.5	18.2	2.5

キーワード 放射性廃棄物処分場，繊維補強コンクリート

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

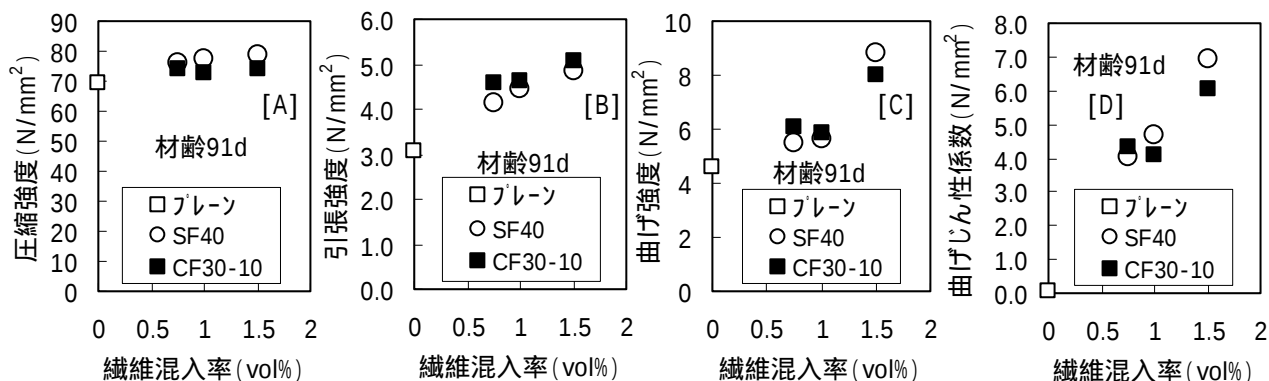


図-1 繊維混入率と諸物性の関係

齢 91 日で評価した。なお、ここでは物質移動の代用特性として空隙率を水銀圧入法にて測定した。

3. 実験結果

表-2 にフレッシュ性状の測定結果と、図-1 に繊維混入率と力学性能の関係を示す。スランブに与える影響は SF の方が CF より大きく、単位水量と細骨材率を増加させても、SF のケースは

スランブダウンが著しく生じた。一方、圧縮強度および引張強度は、図-1A、図-1B に示すように SF、CF 共に繊維混入によってプレーンコンクリートの 1.2~1.6 倍程度まで増加した。これは、繊維がコンクリートを拘束したことによるものと推測される。曲げ強度および曲げじん性係数は SF、CF 共に繊維混入によって著しく大きくなり、その傾向もほぼ同等であった。また、図-2 に曲げ試験における変位-荷重の関係を示す。図から分かるように、SF、CF とともに大きなじん性を付与することが明らかとなった。なお、SF、CF とともに 1.5vol% 程度混入すると、ひび割れ発生後も荷重増加を生じることが明らかとなった。

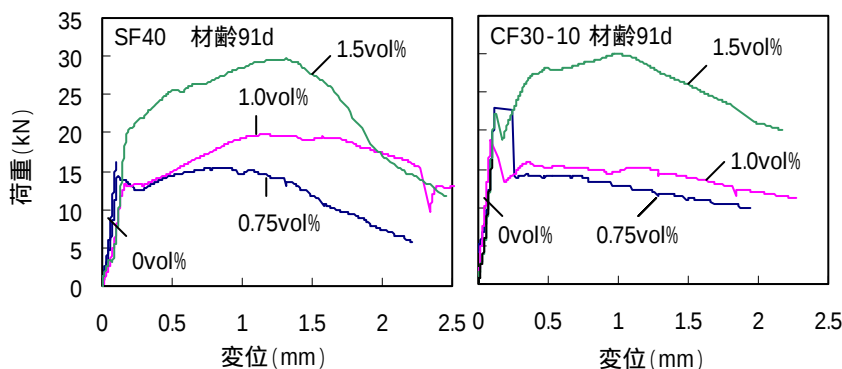


図-2 荷重-変位曲線

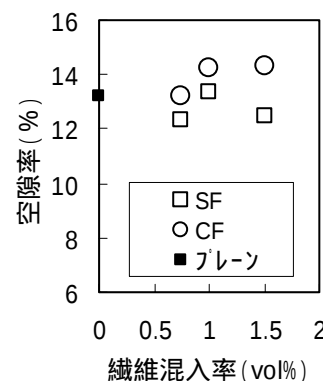


図-3 空隙率へ与える影響

図-3 に繊維混入が空隙率に与える影響を示す。SF の場合、繊維を混入することによる空隙率への影響は小さく、空隙率はプレーンと比べ同等もしくは減少した。また、CF の場合も繊維混入による空隙率への影響は小さいと考えられるものの、プレーンおよび SF に比べ微増する結果となった。物質移動の代用特性として測定した空隙率の変化が小さいことから、物質移動に与える影響も小さいと推測された。しかしながら、拡散試験や透水試験など直接的な試験から明確にする必要があると考えられた。

図-3 に繊維混入が空隙率に与える影響を示す。SF の場合、繊維を混入することによる空隙率への影響は小さく、空隙率はプレーンと比べ同等もしくは減少した。また、CF の場合も繊維混入による空隙率への影響は小さいと考えられるものの、プレーンおよび SF に比べ微増する結果となった。物質移動の代用特性として測定した空隙率の変化が小さいことから、物質移動に与える影響も小さいと推測された。しかしながら、拡散試験や透水試験など直接的な試験から明確にする必要があると考えられた。

4. まとめ

ステンレス繊維とカーボン繊維について補強したコンクリートの力学特性、物質移動特性はほぼ同等であると考えられた。しかし、同一の添加量とする場合、カーボン繊維の方がステンレス繊維より単位水量を約 20kg 小さくすることが可能であった。以上から、長期耐久性を必要とするコンクリート部材にはカーボン繊維の方が適していると考えられた。

参考文献

- 1) 日本原燃株式会社ホームページ: <http://www.jnfl.co.jp/cycle-maisetsu/index.html>
- 2) 庭瀬一仁, 平川芳明, 渡邊賢三, 横関康祐, 戸井田克: 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, 土木学会第 59 回年次学術講演概要集, CS1-028, pp. 55-56, 2004. 9
- 3) (社)鋼材倶楽部, スチールファイバー委員会: スチールファイバーコンクリートの手引〔第 3 版〕, pp108-113, 1998