

III-3 合成繊維補強低強度遮水壁材料の曲げ・圧縮強度特性

清水建設（株）技術研究所 伊藤 益光
 土木本部 正会員 平井 孝典
 同上 正会員 若山 茂巳

1 はじめに

ダム基礎、地下ダムなどにおける遮水方法として、グラウト工法や柱列壁工法、地中連続壁工法等が使用されている。この内、地中連続壁工法は、ほとんどの地盤に適用でき、壁状の溝を掘削しコンクリート等の遮水性材料で置換するため、一般に遮水壁としての信頼性が高い。しかし、壁体と地盤との剛性の差が大きい場合、地盤及び外力条件によっては壁体に大きな応力が発生したり、周辺構造物に悪影響を与える恐れがある。この様な場合、遮水壁材料としてはより地盤の剛性に近く、かつ水圧・地震力に対する曲げ強度の大きい材料が望ましい。本報告は、この材料のひとつとして、泥水固化材料に合成繊維（短繊維）を添加した材料を取り上げ、繊維の分散性、曲げ・圧縮強度特性について検討を行ったものである。

2 実験方法

母材（泥水固化材料）の使用材料及びその配合を表-1に示す。繊維は表-2に示す5種類（F1～F5）を使用した。F1はフィルム状の繊維の両側に付着力を上げるために羽毛状の細い繊維が付いた異形状繊維である。またF2も異形状繊維で、扁平状の繊維の一部が節状になっている。F3、F4は棒状繊維（モノフィラメント）であり、F5は組紐状繊維である。配合は表-3に示す様に母材に対して繊維を容積で1%及び2%添加した。

曲げ強度試験は、供試体寸法10×10×40cm、载荷はスパン30cmの2点载荷（図-1）とし、材令14日で試験を行った。また圧縮強度試験は、供試体寸法φ10×h20cmで、材令14日で試験を行った。

3 実験結果および考察

3.1 繊維の分散性

繊維に要求される性質としては曲げ強度に対する補強効果が最も重要であるが、繊維投入時の取り扱い易さ（ほぐれ易さ）や、母材中における分散性もまた重要である。試料作成時の観察結果によれば、F2、F5は投入時の取り扱い易さ、母材中での分散性とも良好である。また繊維に羽毛状の繊維が付いたF1と棒状繊維F4は投入時に多少繊維がからみ合うが、母材中での分散性は良好である。しかし、棒状繊維F3は直径の割に長さを大きくしたため、投入時の取り扱い易さに難点があり、母材中でも多数のファイバーボール

表-1 母材の材料・配合

材 料	仕 様	配 合 (重量)
ベントナイト	群馬産300メッシュ	8
粘 土	市販粘土、PL21%、LL43%	30
セメント	高炉セメントC種	30
水	水道水	100

表-2 繊維の仕様

記号	材 質	長さ (mm)	断 面	形 状
F1	ポリプロピレン	24	0.25×0.7	異形状 (註1)
F2	ビニロン	40	0.4×(1~2.5)	異形状 (註2)
F3	ビニロン	40	φ0.2	棒状 (註3)
F4	ビニロン	40	φ0.4	棒状 (註3)
F5	ナイロン	40	φ2	組紐状 (註4)

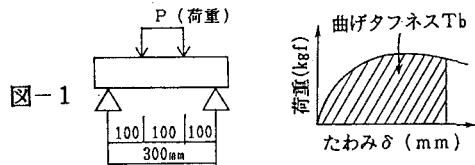
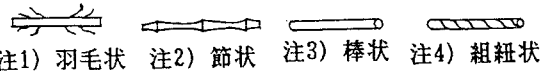


表-3 試験結果一覧表

配合 No	繊 維		曲 げ 強 度 試 験		圧 縮 強 度 試 験	
	種類	混入量	σ_b (kgf/cm ²)	T _b (kgf·cm)	q_u (kgf/cm ²)	E(kgf/cm ²)
1	-	-	4.8	5.8	29.0	3280
2	F1	1%	7.2	65.2	24.6	3690
3	F1	2%	-	-	19.9	4460
4	F2	1%	7.3	66.4	29.2	6370
5	F2	2%	11.3	99.9	23.9	6790
6	F3	1%	4.7	35.5	26.5	5730
7	F3	2%	7.7	65.5	17.3	2550
8	F4	1%	5.9	48.2	28.6	2860
9	F4	2%	9.3	101.5	28.4	3820
10	F5	1%	2.6	24.9	25.0	4582
11	F5	2%	3.5	38.5	19.1	2230

注) T_b : 曲げタフネス (δ = 4mm), 配合No.3の曲げ強度試験は断面の位置が許容範囲を越えた。

（繊維のかたまり）を形成し分散性が悪い。（供試体作成にあたってはファイバーボールを手でほぐした）

3・2 曲げ強度特性

試験結果をまとめて表-3に示す。また図-2に曲げ強度試験の荷重～たわみ量曲線を示す。繊維混入量1%では異形状繊維（F1, F2）の補強効果が大きく、無添加に比べて曲げ強度が1.5倍に増加している。合成繊維は鋼繊維に比べてセメントマトリックスとの付着力が弱いため、繊維入量が少ない場合付着力を上げるための表面処理が有効に作用している様である。繊維添加量2%では異形状繊維（F2）と棒状繊維（F4）の補強効果が大きく、無添加に対して曲げ強度がF2で2.4倍、F4で2.0倍に増加している。組紐状繊維F5は添加によって逆に曲げ強度が低下しており、材質がナイロンで母材との付着力が弱いこと、組紐状であるため繊維断面方向の変形が大きいこと等の理由によると思われる。F3は繊維径がF4の半分で母材との付着面積はF4の2倍あるが、F4に比べて補強効果は小さい。繊維補強コンクリートの強化則¹⁾（繊維間隔説、混合則）によれば、繊維径を小さくした方が曲げ強度は大きくなるが、泥水固化材料の様な低強度材料には別の強度則が存在する様である。

繊維添加による効果は曲げ強度の増加と共に、ピーク荷重を過ぎた後のねばり強さも改善される。荷重～たわみ量曲線を積分した値は曲げタフネス²⁾と呼ばれエネルギー吸収能力を表している。表-3の結果によれば、繊維の添加によって曲げタフネスは4～17倍に増加しており、ソイルセメント状材料の欠点であるぜい性的性質が著しく改善される。

3.3 圧縮強度特性

図-3に圧縮強度試験の応力～ひずみ曲線を示す。F4添加による圧縮強度、変形特性への影響は小さい。他の繊維はその添加によってピーク荷重を過ぎた変形特性は改善されるものの、圧縮強度はやや低下する傾向にある。

4 まとめ

- ① 母材中での繊維の分散性は良好である。（F3を除く）
- ② 繊維添加によって、組紐状繊維（F5）以外はいずれも曲げ強度が増加する。特に異形状繊維の補強効果が大きく、2%の添加で曲げ強度が最大2.4倍（F2）に増加する。また、ピーク荷重を過ぎた後の変形特性も著しく改善される。
- ③ 繊維添加によってピーク荷重を過ぎた後の変形特性は改善されるが、圧縮強度はやや低下する傾向がある。

＜参考文献＞ 1) 小林一輔：繊維補強コンクリート(2)、土木施工19巻6号 2) 繊維補強コンクリート研究小委員会：繊維補強コンクリートに関する試験方法JCI規準案

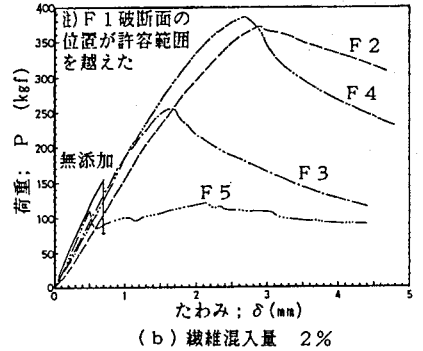
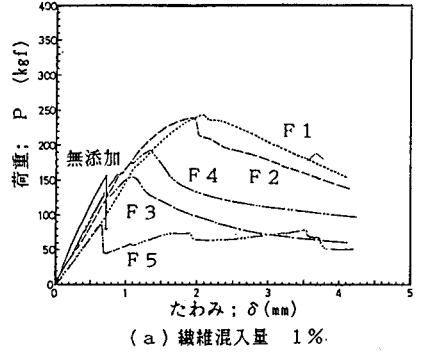


図-2 曲げ強度試験のP～δ曲線

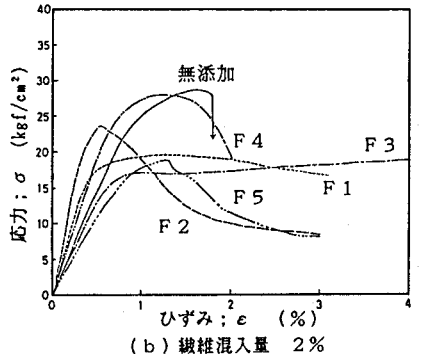
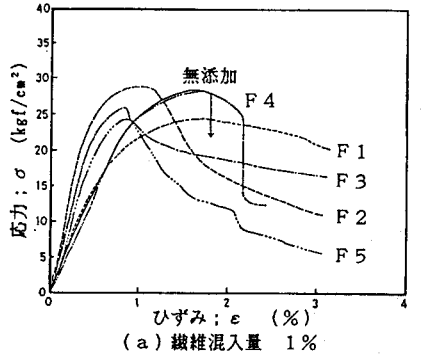


図-3 圧縮強度試験のσ～ε曲線