

繊維強化プラスチックの成形技術と物性に関する研究

仁平 敬治*

1. 緒言

多くのプラスチックは、高性能化、機能付与を目的として、複合材料化することによって実用範囲を拡大してきた。特に繊維強化熱可塑性プラスチック(FRTP)は、従来の主流であった熱硬化性プラスチック(FRP)に比べて耐衝撃性が大きく、成形サイクルの短縮やリサイクルが可能である等、多くの特徴を持っている。本研究では、企業の工業製品等の新製品開発支援を目的に、汎用性樹脂として広く使用されているポリエチレンに、シリカ、ガラス繊維およびアラミド繊維を混合した材質試験を行い、その物性を検討した。

2. 実験方法

2.1 使用原料および配合割合

樹脂：直鎖状低密度ポリエチレン(LLDPE)

混合試料(フィラー)：

- ・シリカ (<75 μm, 10,20,30 vol%)
- ・ガラス繊維(GF), アラミド繊維(KF)
5,10,20 vol% 試料長さ:5mm
試料径(GF:13 μm, KF:12 μm)
- ・表面処理剤(シランカップリング剤)
信越化学工業(株) KBM-603

2.2 混合試料の表面処理

各フィラーをシランカップリング剤1%水溶液に1昼夜分散させた後、脱水乾燥する。

2.3 混合試験

ポリエチレンに対し表面処理および未処理のフィラーを、各配合別に200 溶融混練し、ペレタイザーでペレット化する。

2.4 試験片作製

各配合別に調製されたペレットを、加熱プレス機を用いて試験片を作製(150×150mm, 5MPa, 200)する。それらを、衝撃強度、曲げ強度および引っ張り強度の各試験に供する。

3. 結果および考察

3.1 密度測定

次式を用いて各試験片の理論密度を求めた。樹脂およびフィラーの密度は以下の値を用いた。理論密度と実測値(表面処理および非処理)を表1に示す。

LLDPE:0.93, シリカ:2.65, GF:2.57, KF:1.45

$$f(\%) = (c - m) / (f - m) \times 100$$

- c : 複合材の密度
- m : マトリックス樹脂の密度
- f : フィラーの密度
- f : フィラーの体積分率

表1 理論密度および実測密度

フィラー外パーセント vol%	理論密度 g/cm ³	実測密度 g/cm ³	
		非処理	処理
LL100/シリカ10	1.0865	1.0620	1.0706
LL100/シリカ20	1.2172	1.1622	1.1647
LL100/シリカ30	1.3227	1.2554	1.2524
LL100/GF 5	1.0087	1.0151	1.0108
LL100/GF10	1.0792	1.0735	1.0814
LL100/GF20	1.2039	1.1624	1.1740
LL100/KF 5	0.9550	0.9398	-
LL100/KF10	0.9773	0.9536	0.9776
LL100/KF20	1.0168	0.9918	1.0196

LL:LLDPE

3.2 フィラー体積分率

複合材の実測密度から、実際のフィラー体積分率を求めた。その体積分率の値およびフィラー外パーセントを内パーセントに換算した値を表2に示す。

表2 実際のフィラー体積分率

フィラー外パーセント vol%	フィラー内パーセント vol%	実際のフィラー体積分率 vol%	
		非処理	処理
LL100/シリカ10	LL90.9/シリカ9.1	7.7	8.2
LL100/シリカ20	LL83.3/シリカ16.7	13.5	13.6
LL100/シリカ30	LL76.9/シリカ23.1	18.9	18.7
LL100/GF 5	LL95.2/ GF4.8	5.2	4.9
LL100/GF10	LL90.9/ GF9.1	8.8	9.2
LL100/GF20	LL83.3/ GF16.7	14.2	14.9
LL100/KF 5	LL95.2/ KF4.8	1.9	-
LL100/KF10	LL90.9/ KF9.1	4.5	9.2
LL100/KF20	LL83.3/ KF16.7	11.9	17.2

実際のフィラー体積分率は、非処理のKF(5,10,20)以外はほぼ計算通りの値となっている。

3.3 物性試験

次に複合材の機械的強度を測定した。その結果を表3(非表面処理)および表4(表面処理)に示す。なお、衝撃強度は、Izod, ノッチ付きで行った。

表3 物性値(非表面処理)

フィラー外パーセント vol%	衝撃強度 (KJ/m ²)	曲げ強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
LL100/シリカ10	13.0	13.6	8.6
LL100/シリカ20	8.4	15.7	8.8
LL100/シリカ30	7.7	17.3	10.4
LL100/GF 5	17.6	12.1	8.3
LL100/GF10	16.0	12.6	8.3
LL100/GF20	11.7	11.7	5.7
LL100/KF 5	25.9	11.3	8.1
LL100/KF10	24.4	15.6	10.7
LL100/KF20	28.0	17.1	9.2
LLDPE100	-	10.4	10.2

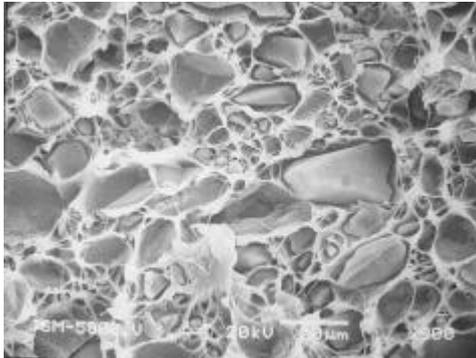
表4 物性値(表面処理)

フィラー-外パーセント vol%	衝撃強度 (KJ/m ²)	曲げ強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
LL100/シリカ10	14.6	14.3	10.6
LL100/シリカ20	10.1	15.3	10.7
LL100/シリカ30	7.8	17.0	11.0
LL100/GF 5	22.6	18.4	11.9
LL100/GF10	14.6	13.3	9.3
LL100/GF20	15.9	16.7	10.9
LL100/KF 5	26.5	11.6	7.4
LL100/KF10	26.4	15.1	10.6
LL100/KF20	23.2	18.3	10.3
LLDPE100	-	10.4	10.2

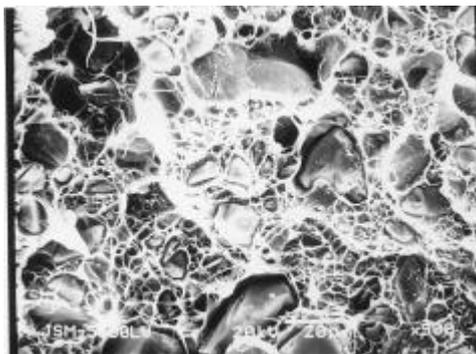
ガラス繊維は、5%混合の試験片が他の割合の試験片より高い物性値を示した。アラミド繊維は、衝撃強度において、5、10、20%混合ともに高い値を示している。シランカップリング剤で表面処理したシリカおよびガラス繊維を混合した試験片は、衝撃強度等の機械的強度に向上がみられた。アラミド繊維は表面処理の効果がほとんどみられなかった。これは、シランカップリング剤が、有機質材料(樹脂)と無機質材料を化学的に結合させるもので、有機質繊維であるアラミド繊維には効果がなかったと考えられる。

3.4 試験片破断面の電子顕微鏡観察

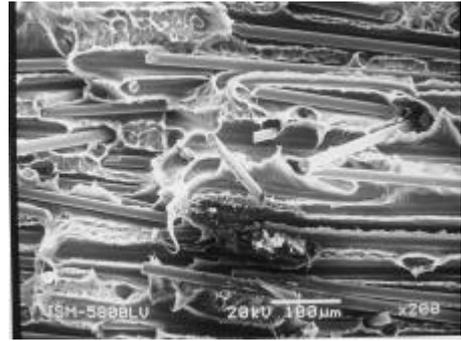
図1にシリカ、ガラス繊維およびアラミド繊維を混合した試験片破断面の電子顕微鏡写真を示す。(b)の写真からは、シリカの表面に付着したマトリックス樹脂が観察できる。これはシリカの表面処理の効果と考えられる。(c)からは、ガラス繊維がマトリックス樹脂から剥離した跡が観察できる。アラミド繊維混合の(e)(f)からは、違いが観察できなかった。



(a) LLDPE100/シリカ20(非処理)



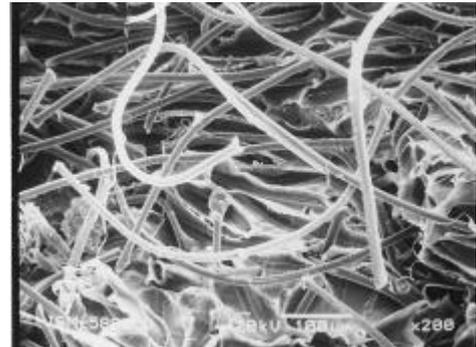
(b) LLDPE100/シリカ20(処理)



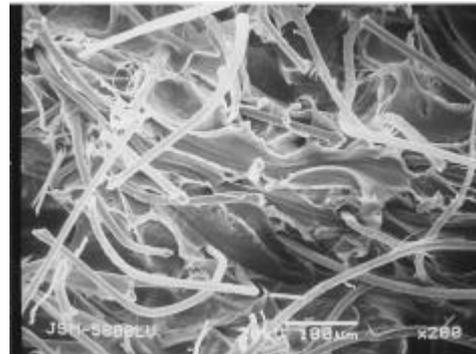
(c) LLDPE100/GF5(非処理)



(d) LLDPE100/GF5(処理)



(e) LLDPE100/KF5(非処理)



(f) LLDPE100/KF5(処理)

図1 破断面の電子顕微鏡写真

4. 結 言

シリカおよびガラス繊維は、シランカップリング剤で表面処理することにより、複合材の機械的強度が向上することを確認した。アラミド繊維は衝撃強度の向上に効果が大であったが、表面処理の効果はみられなかった。今後は他の強化繊維も検討し、実用化を目指したい。