

成果報告6

「熱溶解積層造形CFRTP付加製造物の機械的特性向上の試み」

鈴木 浩治

平成28年 2月24日

背景 位相(トポロジー)最適化との組合せ

4/18

-
- ・実製品の成形を念頭に、炭素繊維充填型3Dプリンタ用フィラメントの活用
 - ・樹脂単体および複合材の機械的性質・耐熱性などの評価
 - ・繊維充填による強度や剛性・耐熱性などが向上するかどうかの評価
 - ・成形条件の工夫により特性向上がはかれるかどうか

鈴木浩治, 高戸谷健, “構造最適化を用いたサンドイッチ構造中層部形態の検討”, 日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集, J1010203 (2015).

目的

5/18

- ・市販されている3Dプリンタ用フィラメント（樹脂単体および炭素繊維含有率20wt%の複合材）を用いて引張試験片を成形し，室温下および昇温下(333K)における引張試験，室温下での疲れ試験を実施する。
- ・それらの機械的性質を評価するとともに，破面観察も実施しながら，相互に比較・検討することで，母材樹脂や成形方法の特徴と問題点および炭素繊維を充填したことによる効果や強度向上の可能性を探ることを目的とする。

供試体および試験方法

6/18

FDM(熱溶解積層)方式3D プリンタ
ノズル径0.4mm,
積層ピッチ0.05mm,
ノズル走査スピード50mm/s,
ノズル温度250℃,
ベッド温度70℃
ノズル走査方向:アングル(±45°)&クロス(0/90)
試験片形状は, JIS K 7164 タイプ1B
幅3mm, 厚さ2mm, 平行部長さ10mm



室温下および333K(60℃)昇温下での引張試験
恒温槽付ねじ式万能試験機(秤量1kN, アルゴンガス雰囲気), クロスヘッド速度1mm/min
ColorFabb社(オランダ)

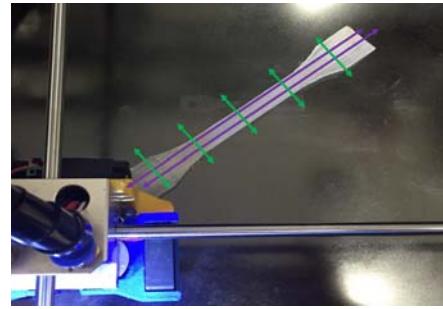
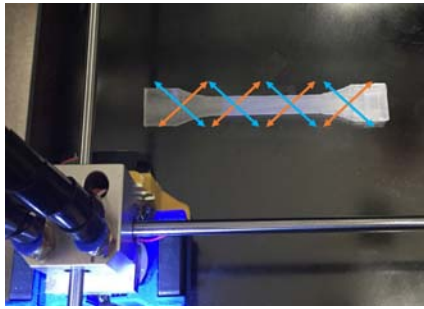
■フィラメント径: 2.85mm / 1.75mm
μフォーカスX線CT撮像(ヤマト科学TDM1000H-II(2K), 最高精度, 真円度: ±0.05mm, 封入型, 最小焦点寸法5μm): 管電圧30kV, 管電流120μA, 使用温度範囲: 20℃-260℃
空間解像度3.325μm/pixel

XT-カーボンファイバー・コポリエステル樹脂フィラメント
ColorFabb社 XT-CF20
走査電子顕微鏡(SEM, 日立ハイテク/ロジーズ TM-1000) ColorFabb社(オランダ)
にて破断面観察

ノズルの走査方向について

アングル (Angle, $\pm 45^\circ$)

クロス (Cross, 0/90)



室温および昇温下 公称応力-公称ひずみ線図

クロス

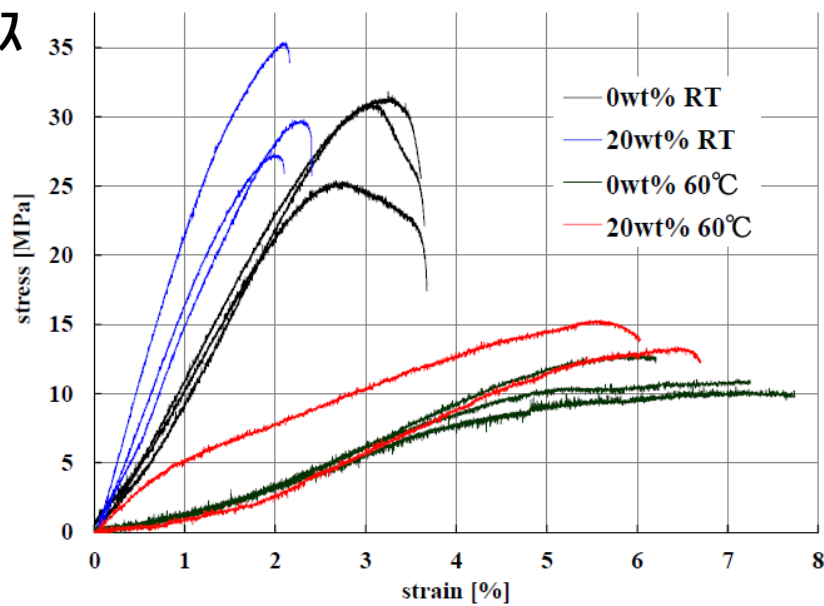


Fig.1 Nominal stress – nominal strain curves.

引張強さ

9/18

アングル

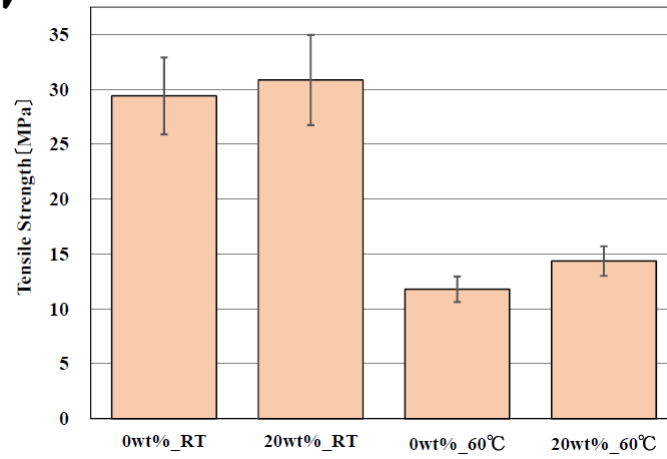


Fig.2 Tensile strength.

破断ひずみ, 初期剛性

10/18

アングル

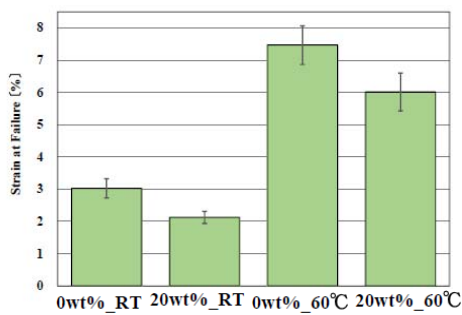


Fig.3 Strain at failure.

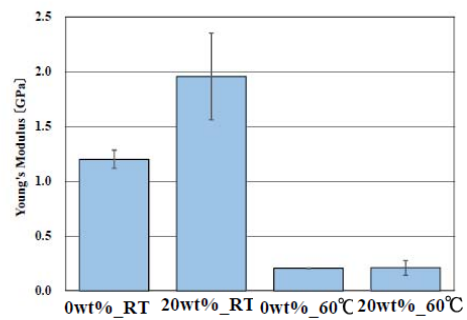
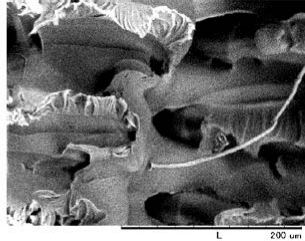
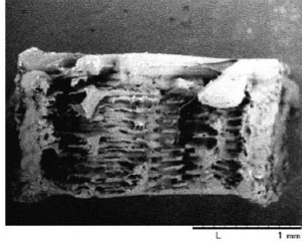
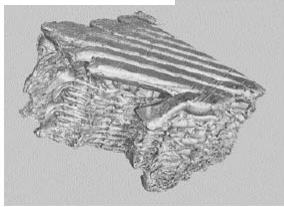


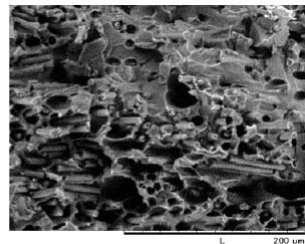
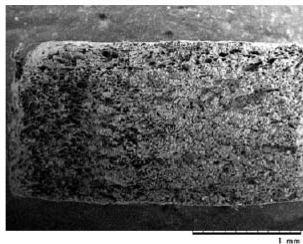
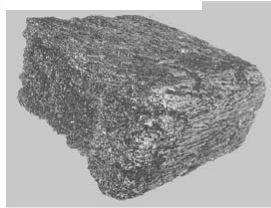
Fig.4 Young's modulus.

破断部 CT撮像 および SEM アングル 11/18

0wt%_RT

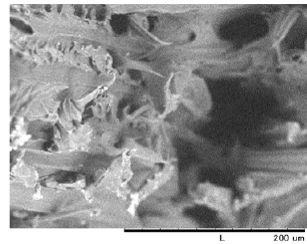
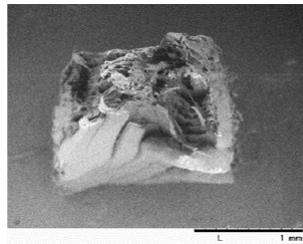
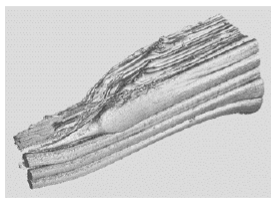


20wt%_RT

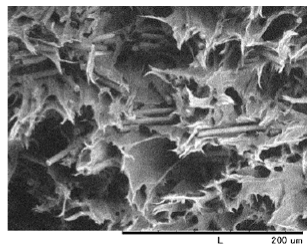
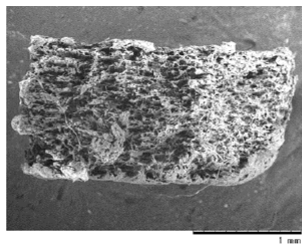
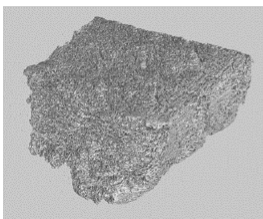


破断面 SEM アングル 12/18

0wt%_60°C



20wt%_60°C



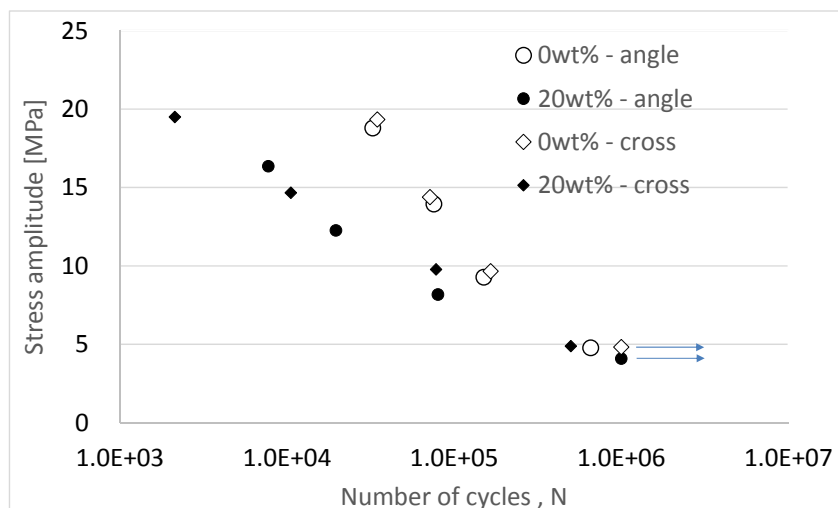
ここまでのまとめ

13/18

- ・ 熱溶解積層造形方式により3Dプリンタ成形された樹脂単体および炭素短繊維を充填した熱可塑樹脂複合材それぞれの室温下および333K (60°C) 昇温下での静的力学挙動特性を実験的に評価し、また試験後の破面観察も実施して、積層造形時の成形条件が供試体の機械的特性に与える影響について調べた。
- ・ その結果、室温下での剛性に関して最も炭素繊維充填の効果が得られたが、強度については大きな向上は見られないことがわかった。そして333K (60°C) 昇温下では、母材樹脂の軟化により強化繊維の充填効果はさらに限定的なものとなることがわかった。

室温下 S-N 線図

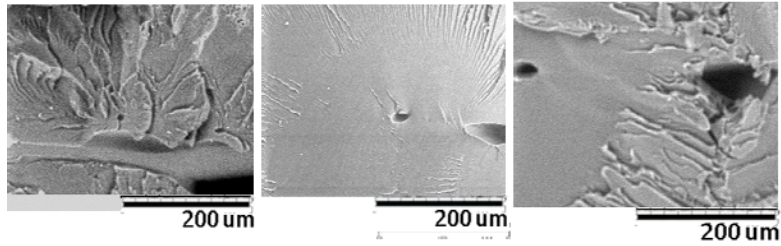
14/18



破断部SEM観察

15/18

0wt%
- アングル

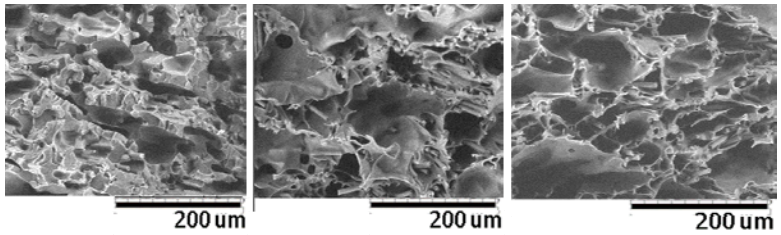


100% (引張試験)

60% ($\sigma_t=13.95\text{MPa}$)

20% ($\sigma_t=4.78\text{MPa}$)

20wt%
- アングル



100% (引張試験)

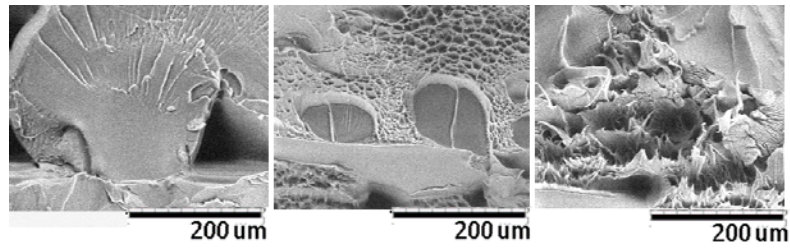
60% ($\sigma_t=12.27\text{MPa}$)

40% ($\sigma_t=8.18\text{MPa}$)

破断部SEM観察

16/18

0wt%
- 加入

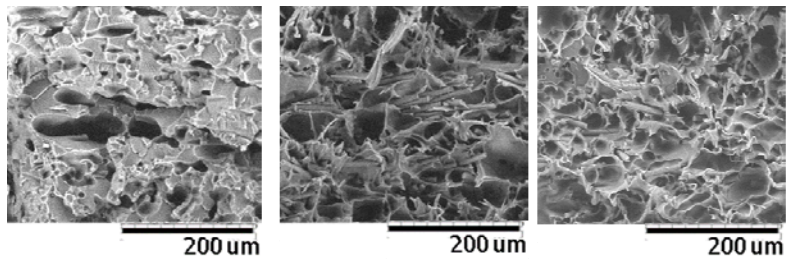


100% (引張試験)

60% ($\sigma_t=14.38\text{MPa}$)

40% ($\sigma_t=9.86\text{MPa}$)

20wt%
- 加入



100% (引張試験)

60% ($\sigma_t=14.66\text{MPa}$)

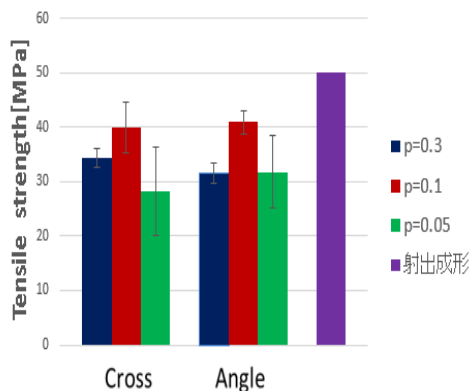
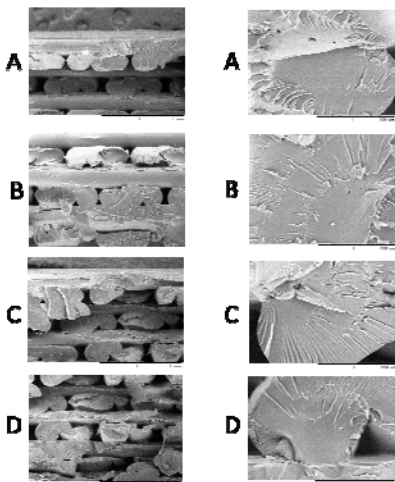
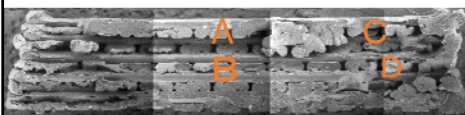
20% ($\sigma_t=4.88\text{MPa}$)

まとめ

- ・ 熱溶解積層造形方式により3Dプリンタ成形された樹脂単体および炭素短繊維を充填した熱可塑樹脂複合材の室温下での繰り返し負荷による疲れ試験を実施し、また試験後の破面観察も実施して、積層造形時の成形条件（ノズル走査方向）が供試体の機械的特性に与える影響について調べた。
- ・ その結果、ノズル走査方向の本材料の疲れ特性に与える影響は見られなかった。
- ・ 今後、成形性（成形時間など）と機械的特性との関係をさらに詳しく調べていく必要がある。

今後の展開

pitch = 0.3mm



Owt%
tensile strength