

RP造形品へのCAE解析の適用

横山 幸雄*¹⁾ 阿保 友二郎*²⁾ 大久保 富彦*¹⁾

Application of CAE Analysis to a Rapid Prototyping Structure

Yukio Yokoyama*¹⁾, Yujiro Abo*²⁾, Tomihiko Ookubo*¹⁾

キーワード：高速造形, 数値解析, 材料定数, CAE

Keywords : Rapid prototyping, Numerical analysis, Material constant, CAE

1. はじめに

3次元デジタルエンジニアリングの急速な技術開発と低コスト化に伴い、「ものづくり」の手法も多岐に亘って大幅な技術開発がなされてきた。その中の一つにラピッドプロトタイピング (Rapid Prototyping, RP) がある。このRPは、製品試作の現場において広く活用されているが、近年では実用製品に迫る強度や精度を有する品物を作製し得るにまで発達し、製品製造の一手段としての更なる発展が期待されている。

図1に都産技研に設置されているナイロン粉末焼結型RP装置を示す。本報では、この粉末焼結型RP装置による積層造形品について、その材料定数を測定し、この定数をCAE解析に適用することにより、RP造形品の機能設計を行ったことについて報告する。



図1. ナイロン粉末焼結型RP装置 (EOSINT P385)

2. RP造形品の材料定数の測定

積層造形法によるRP造形品は、その独特な工法に由来する正方晶と同様の異方性を有している。式(1)にRP造形品の弾

$$\begin{pmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{zz} \\ \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} \\ \sigma_{xy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_{11} & E_{12} & E_{13} & 0 & 0 & 0 \\ E_{12} & E_{11} & E_{13} & 0 & 0 & 0 \\ E_{13} & E_{13} & E_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & E_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & E_{66} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \varepsilon_{zz} \\ \varepsilon_{yz} \\ \varepsilon_{zx} \\ \varepsilon_{xy} \end{pmatrix} \quad (1)$$

性領域での弾性定数が正方晶と同様であるとした場合の弾性スティフネス定数 E を介した応力 σ と歪み ε との関係を示す。

図2に万能試験機によるRP造形品の引張り試験の様子を示す。RP造形品の設計にCAEによる構造解析を適用するには、異方性を考慮したx-y-z方向 (縦-横-積層方向) 毎のヤング率、ポアソン比、横弾性係数を得る必要がある。本報ではJIS K7161, K7162, K7079を参考としてRP造形品の材料定数を計測し、弾性領域における弾性スティフネス定数を得た。表1に弾性スティフネス定数 E と密度 ρ の測定結果を表す。

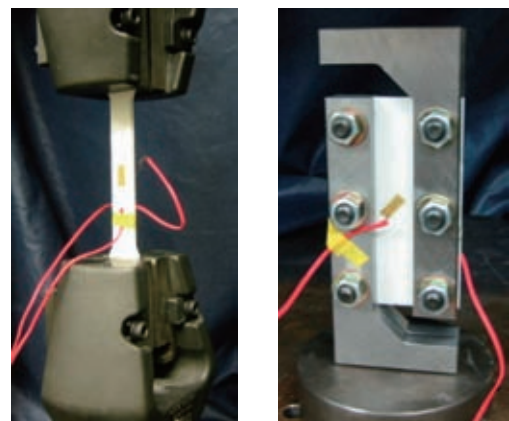


図2. 万能試験機によるRP造形品の引張り試験の様子

表1. 弾性スティフネス定数と密度の測定結果

E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{33}	E_{44}	E_{66}	ρ
[GPa]	[GPa]	[GPa]	[GPa]	[GPa]	[GPa]	[g/cm ³]
2.66	1.39	1.30	2.43	0.527	0.635	0.898

*¹⁾デザイングループ

*²⁾電子・機械グループ (前デザイングループ)

3. 傾斜角度を考慮した場合の CAE 解析の適用

図3に造形方向を考慮した RP 造形品の作製例を示す。RP 造形品を作製する際に、機能性を考慮して意図的に傾斜を与えて作製する場合がある。図3に示す例図は xy 平面に平行・垂直に造形品（試験片）を配置する例に加えて、意図的に x 軸を中心として傾斜角 ϕ を与えて作製することを示している。この配置による造形プロセスの結果で得られる3本の試験片は、形状が同じでも異なる機械的特性を示す。機能向上や改善を意図してこのような傾斜造形を行うことは、実際の RP 造形品の作製では十分にあり得る。これを踏まえて RP 造形品の設計に CAE 解析を適用する際に前述の弾性スティフネス定数をテンソル変換して CAE に使用可能とすることは、傾斜角度を設計パラメータとする場合には都合がよい⁽¹⁾。本研究では、CAE ソフトウェア ANSYS に適用しうる弾性スティフネス定数のテンソル変換プログラムを作成し、傾斜造形（x 軸-y 軸回転）を考慮した場合にも簡便に弾性スティフネス定数を設定できるツールを開発した。図4に開発したツールを使用した場合の ANSYS による CAE 解析例を示す。

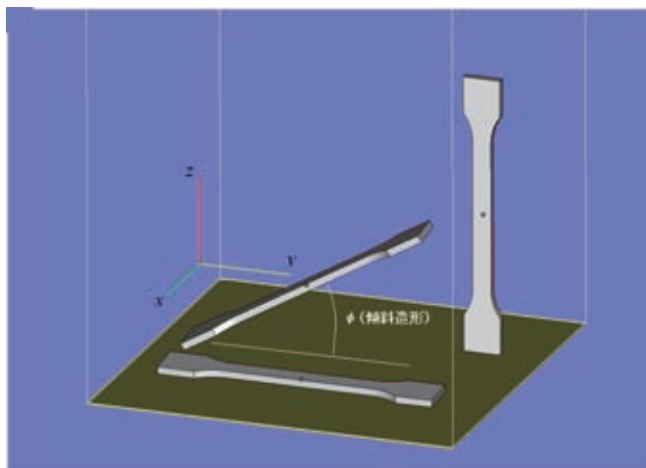


図3. 造形方向を考慮した RP 造形品の作製例

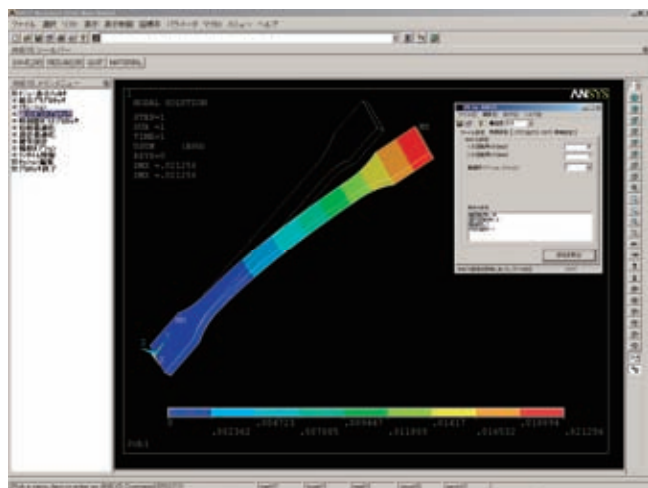


図4. ANSYS による解析例

4. CAE 解析を適用した RP 造形品の設計・製造

図5に CAE 解析の適用による RP 造形品の設計・製造の概念図を示す。本研究の結果、3D-CAD 等によるモデリングと CAE 解析を反復使用することにより、機能性を考慮した RP 造形品を設計し得る環境を整備することができた。

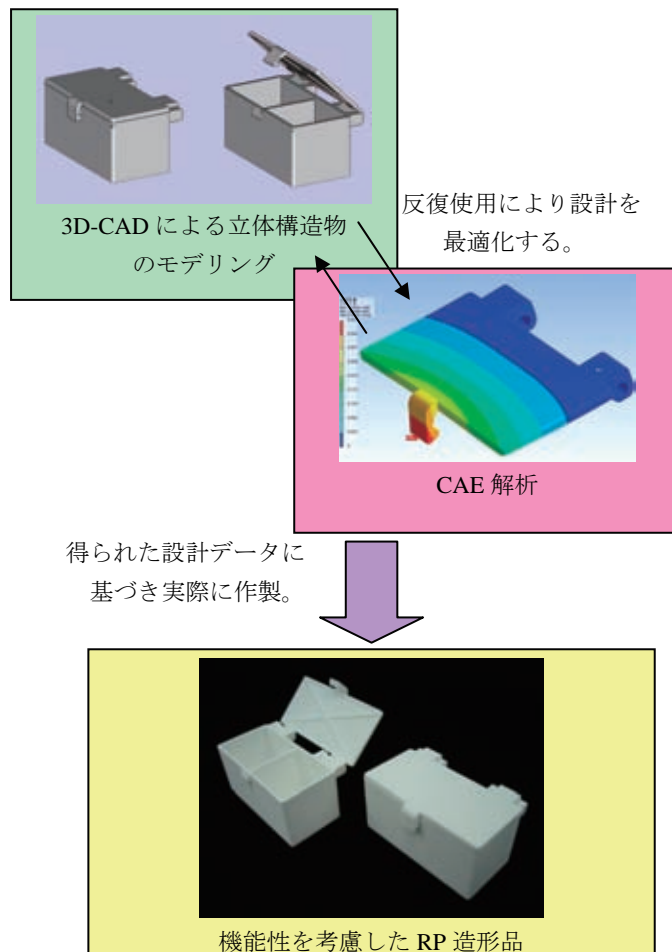


図5. CAE 解析の適用による RP 造形品の設計・製造の概念図

5. まとめ

現状において、RPは試作用途に多用されているが、その工法に由来する形状自由度の高さや汎用性から、例えば特定個人向けの特注品や少数ロット製品などを迅速に作製し得るツールに発展する可能性がある。これに CAE 解析を適用することにより、機能性や安全性を考慮した製品を効率的に製造することが可能になると予測する。換言すると、本研究の成果は、来るべき RP によるプロトタイプリング（試作）からマニュファクチャリング（製造）への変革に対する礎になると考えられる。今後もこれらの3次元デジタルエンジニアリングの連携的有効活用に関連する研究を続行していく。

（平成 22 年 6 月 30 日受付，平成 22 年 8 月 20 日再受付）

文 献

(1) 特開 2010-058986