

# CFRP解析のご紹介

2011年4月14日

株式会社東京アールアンドデー

# CFRPの特徴

---

## ■豊富な種類と特性

- 要求に応じた強度、弾性率を豊富な繊維・織物種類から選択可能です。
- 金属材料では焼入れ(や溶体化処理)により強度バリエーションは得られませんが弾性率バリエーションを得ることは実質不能です。

## ■豊富な力学性能バリエーション

- 繊維・織物種類とその配置位置、斜向角度(配向)の組合せにより部材として無限と言える剛性、強度のバリエーションが得られます。

## ■部材とした場合の異方性

- 繊維・織物種類とその配置、配向の組合せにより座標系別に異なった剛性、強度を得ることも可能です。
- 金属(※)をはじめとする等方性材料では座標系別に異なった剛性を得ることは実質不能です。

※: 金属がすべて完璧な等方性を有するわけではありません。

# CFRP部材のメリット

---

## ■ 圧倒的に高い軽量化効率

- 豊富な織物種類と異方性を利して座標系別に要求される剛性、強度に応じて最適な織物とその配置、配向を選択することにより無駄をことごとく排除した高度な剛性、強度調整が可能ゆえ、座標系別の剛性、強度調整が困難な等方性材料部材に比べて圧倒的に高い軽量化効率が達成可能です。

## ■ 格段に高い設計自由度

- 豊富な織物種類と異方性を利して形状や板厚に頼ることなく剛性、強度が容易に調整可能ゆえ、形状や板厚でしか剛性、強度を調整できない等方性材料部材に比べて格段に高い設計自由度を有します。

# CFRP解析

---

## ■CFRP解析の定義

- CFRPをはじめとする力学的異方性を有する複合材の構造解析が可能な解析システム及びその利用技術の便宜的呼称として東京アールアンドデーで使用しています。(一般的な用語ではありません)

## ■CFRP解析の本質的な必要性とメリット

- 異方性を有する複合材の高度な解析はCFRP解析以外の解析手法では不能です。したがって、重量、剛性、強度、およびコストのバランスが極めて重要な工業製品のCFRP部材開発において、その最大の特徴である“異方性”を利した“最適化”設計に基づく“高軽量化効率”を得るにはCFRP解析が必須技術です。
- CFRP部材はCFRP解析でのみ“バーチャル試作試験”が可能です。いかなる開発においても“バーチャル試作試験”のメリットは絶大なのでCFRP部材開発にはCFRP解析が必須技術です。

# CFRP解析の具体的な 有用性、必要性(1)

---

- 開発経験のない未知のCFRP部品の開発にはCFRP解析が不可欠
  - 旧来の解析ツールと設計者の“勘ピュータ”とによる等方性に置き換えた解析設計では繊維・織物の種類、配置、配向からなる膨大な組合せの“最適化”を行うのは実質不可能です。
  - 試行錯誤が要求される未知のCFRP部品開発において“バーチャル試作試験”のメリットは絶大です。
  - CFRP解析を用いなければ膨大な開発時間をかけても重くて高価な部品しかできません。

# CFRP解析の具体的な 有用性、必要性(2)

---

- 開発経験のあるCFRP部品の新型、派生開発であってもCFRP解析は極めて有用
  - ベースモデルがあったとしてもCFRP解析なしに繊維・織物の種類、配置、配向からなる膨大な組合せの中から最適解を得るのは極めて困難な作業です。
  - ベースモデルの開発にCFRP解析を用いていないとすれば、あらためてCFRP解析を適用することによりベースモデル部分を含めてなおさら高軽量化効率な積層仕様とすることが可能です。
  - CFRP解析を用いなければ結局重くて高価な部品のままです。

# CFRP解析の具体的な 有用性、必要性(3)

---

## ■開発の時間とコストの圧縮に極めて有用

- CFRP解析を用いない開発では要求性能を満たすまでに設計～試作～試験といった試作サイクルを相当数繰り返す必要がありますが、CFRP解析を用いた“バーチャル試作試験”により実地の試作試験回数を大幅に圧縮可能です。

## ■部品の製作コストの圧縮に有用

- CFRP解析により“軽量化効率”を高めることは、使用する材料を減じること、すなわち材料費及び製作工数を減じることであり、部品の製作コストが圧縮可能です。

# CFRP解析の具体的な 有用性、必要性(4)

---

## ■シミュレーション等の精度向上に有用

- CFRP解析によるCFRP部品の精密な性能見積りは構造や装置の全体シミュレーションの精度向上に寄与します。
- CFRP部品の新型、派生あるいは他材料からのCFRP置換の計画において、CFRP解析による精密な性能見積りは計画の可否採否判断の精度、速度向上に寄与します。

# 東京アールアンドデーが提供する CFRP解析の役割、実効(1)

## ■CFRP解析作業の主体性

- よくあるケース

解析部門は設計部門や試験部門からの「ここを0.5mm薄くした場合の剛性求めて」とか「入力と拘束をこう変えた場合の強度求めて」と言った要請に基づき客体的、受動的、入出力系的な解析作業を行うことになり、開発全体として高い効率、品質を得るのは容易ではありません。

- 東京アールアンドデー

解析技術者はお客様の設計部門や試験部門と緊密に連携しながら解析の目的、要件、各種性能の優先度等を確実に把握したうえで、目的に沿った最善解を求め提供する主体的、能動的な解析作業を行いますので開発全体として高い効率、品質が得られます。

# 東京アールアンドデーが提供する CFRP解析の役割、実効(2)

## ■CFRP解析作業の効率(1)

- よくあるケース

解析部門は開発の主体である設計部門やその他部門との連携が希薄で解析仕様の行き違いが発生しやすく、また開発主体の要求に対して受動的、画一的に作業するほかありませんので開発目的を達成するまでに無駄な作業も発生しやすく開発全体の効率は良いとは言えません。

- 東京アールアンドデー

解析技術者は全員設計技術者でもあり、お客様の設計部門やその他部門と緊密に連携しやすいばかりかお客様の開発技術者との間で開発業務の言語や価値観、調子に食い違いがなく、また開発目的をしっかりと共有しながら業務遂行できますので無駄な作業が発生しずらく開発全体として高い効率、品質が得られます。

# 東京アールアンドデーが提供する CFRP解析の役割、実効(3)

---

## ■CFRP解析作業の効率(2)

- よくあるケース

解析技術者は解析専属専業であり開発の主体である設計部門との高度な取り合いやバランスが困難で解析、設計共に高い成果品質、作業効率を得るのは容易ではありません。

- 東京アールアンドデー

設計技術者でもある解析技術者が解析対象の設計作業の全部または一部を統合し開発主体者として一体作業することも可能なので解析、設計相互の高度な取り合いやバランスが可能で解析、設計共に高い成果品質、作業効率を得られます。

# 東京アールアンドデーが提供する CFRP解析の役割、実効(4)

## ■CFRP解析作業及び製作作業の効率

- よくあるケース

解析部門とCFRP製作部門とは離れて在り、製作上の難易制限や解析結果に基づく積層仕様の緻密なやり取りが困難なため解析、製作共に高効率、高品質な成果を得るのは容易ではありません。

- 東京アールアンドデー

解析部門はCFRP製作部門と同一事業所で常に連携しながら解析作業とそれに基づく積層仕様の実地展開を行っていますので、製作可能な条件を確実に満たしながら最大コストパフォーマンスの製作仕様が高効率で提供可能です。

# 東京アールアンドデーが提供する CFRP解析部門の業務(1)

## ■解析業務

- 解析対象

CFRPなどの力学的異方性を有する複合材のほか金属をはじめとする等方性部材や等方性部材と異方性部材のハイブリッド部材の構造解析も行っています。中実板構造はもちろんですが、ハニカム等を用いた中空板構造の解析も行っています。

- 解析目的

入力荷重に対する変位(ひずみ)から部材の剛性、強度を求めるといった単純な入出力系的な解析はもちろんですが、部材に求められる性能に沿って最善解を求める最適化解析を主に行っています。

繊維・織物の種類とその配置、配向からなる組合せの最適化により要求される剛性、強度を満足しながら最軽量あるいは最低コストとなる積層仕様を求めるのが最適化解析です。

実はこの最適化解析こそが私達の解析における最大の特徴です。

# 東京アールアンドデーが提供する CFRP解析部門の業務(2)

## ■解析の付帯業務(1)

- 3Dモデリング

ここで言う3Dモデルとは解析に供するメッシュモデルのことではなくそのベースとなるCAD3Dモデルを意味します。

既にあるCAD3Dモデルを受領し解析作業着手することはもちろん、ご要求に応じて東京アールアンドデー解析部門でCAD3Dモデルをゼロから作成することも可能です。

もちろんメッシュモデルは解析部門が作成します。

東京アールアンドデーでは、高性能非接触光学式3次元デジタイザ“ATOS III”と点位置測定システム“TRITOP”を用いた精密な現物実測データをもとにした高精度なサーフェスデータ作成業務も行っておりますので、ぜひご活用下さい。

# 東京アールアンドデーが提供する CFRP解析部門の業務(3)

## ■解析の付帯業務(2)

- 部品設計

設計技術者でもある東京アールアンドデーの解析技術者が設計作業も一体として作業することが可能で、開発の品質と効率を高めていることは 前項“東京アールアンドデーにおけるCFRP解析の役割、実効”で記した通りです。

一方、既に形状が定まっている解析対象であっても最適化解析では性能向上が期待できるなら解析対象と近接する部品との空隙要件を満足したうえで解析対象の形状設計変更も含めて最適化を行います。

さらに解析対象を含む構造、機構、装置全体として大きなメリットありと判断すれば近接部品形状の設計変更を行ってでも解析対象の形状変更を含む最適化解析をご提案いたします。

# 東京アールアンドデーが提供する CFRP解析部門の業務(4)

## ■解析の付帯業務(3)

- 試験(試験片)

工業製品に良く使われる等方性材料の物性値は公知で信頼できるものも多く、また、物性値取得試験も棒や板の引張(圧縮)試験といった単純なものがほとんどです。

ところが異方性部材の物性値となると、例えば炭素繊維メーカーが公表している場合もありますが、これも特定の仕様・条件における代表的なものでしかなく、実態としてはユーザー自身が解析に用いようとする繊維、織物、配向、その他の条件毎に試験片を製作し物性値取得試験を行い、解析適用化作業を行う必要があります。

また、等方性材料の様な単純な試験だけでは解析の模擬精度が上がらず試行錯誤が要求される場合も多くあります。したがって、物性値取得試験はその解析適用化作業と並行して解析技術者が行うのが効率的です。

# 東京アールアンドデーが提供する CFRP解析部門の業務(5)

## ■解析の付帯業務(4)

- 試験(実体部品)

競合品、既存品等ベースモデルがあってその性能を基礎にCFRP解析を用いて新型や派生開発を行う場合は、ベースモデルの性能を実体試験及び解析で把握する必要がありますし、新しく開発、試作した部品は実地試験によりターゲット性能を満足しているかどうか確認試験を行い、性能に過不足があれば更に設計や積層仕様を変更、試作し確認試験を繰り返します。

また、CFRP解析を用いて開発、試作した部品の実体試験は解析の模擬精度の確認と更なる精度向上のために必要です。

私達は解析と実体試験を繰り返し、定数として供する物性値や解析手法の合せ込みやファインチューニングといった更なる模擬精度向上のための作業を日々続けています。したがって、部品の実体試験も解析技術者が行うのが合理的です。

# 東京アールアンドデーが提供する CFRP解析部門の業務(6)

## ■解析の付帯業務(5)

- 試験治具設計

試験片であれ実体部品であれ組立完成品試験以外の力学的試験は解析部門が解析結果と照合しながら行いますので、試験方法の策定も試験治具の設計も解析部門が行うのが効率的です。

また、異方性部材では数百g～数kgの入力荷重で僅かな変位を取得する試験もあり試験目的に合わせた少々特別な試験治具が必要な場合がありますが、試験目的を熟知しその試験結果を欲しがっている本人すなわち解析技術者が設計するのが最も合理的です。

更に数百gオーダーの荷重の場合、試験治具各所の摩擦損失等により模擬精度や再現性に不具合を生じ試行錯誤が要求される場合がありますので試験方法や試験治具の変更もやはり解析部門が行うのが効率的です。

試験治具は弊社内で製作しています。

# 東京アールアンドデーCFRP解析部門

## 自己錬成5つのスローガン

---

私達は以下5つのスローガンに基づき自己錬成し、成果品質とサービスの向上に努めています。

1. ロジカルでフィジカルに見て考えて判断する
2. アクティブでプログレッシブに業務遂行する
3. 何事によらずなにしろ考え抜く
4. 何事によらず嫌がらずにやり直す
5. 素直である

# カーボン魂

---

最後までお読みいただきありがとうございます。

私達にCFRP解析を学究的に成就してやろうなんて気はさらさらありません。

真面目で実戦的で実質的なCFRP解析に基づくホンモノの軽量化により  
低炭素化に貢献します。

真面目で実戦的で実質的なCFRP解析に基づくホンモノのCFRP(部品)で  
人々の**カーボン魂**を揺さぶります。

## カーボン魂

現代人が忘れていた“もののあはれ”の様な感情までも呼び覚ますような  
“ホンモノ”のCFRP(部品)の本質に対する潔く忠義な精神性、心ばえ  
また、そういったスピリットを持つ個人あるいは集団