

平成15年2月13日

ARMD テクニカルニュース No. 5

はじめに

顧客様各位におかれましては、ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。また、平素から米 RBTS 社の回転軸系振動解析・軸受解析システム ARMD をご愛用下さいまして、誠に有難う御座います。

さて、昨年の7月に V5.3G1 に Version up 致しました。Version up に際しましてはご協力頂きましたことを厚く御礼申し上げます。しばらくご無沙汰しておりましたが、ここにこの News. No. 5 を発刊致します。特に、下記のお知らせ No. 1 に記しました保守サービスのことについてはご理解賜りたくお願い致します。

今後ともこの Technical News をご愛読下さいますようお願い申し上げます。

青葉事務所 蜂須賀 照憲

お知らせ No. 1

< 保守サービスシステムの強化 >

「概要」

従来、お客様の疑問点への対応につきましては、本来直接 RBTS へお出し頂くところを、習慣や言葉の問題で、弊社が中に入り、翻訳や中継を行なってきました。しかし、それは決して十分ではないことを自覚致しておりました。弊社は単なる代理店で、精一杯やるものの、技術的に十分な力がないことが更に分かって参りました。お客様には十分にご満足を持って頂けなかつたであろうことをお詫び致します。

「ご協力者の紹介」

この道での大家で、コンサルタントの杉村章二郎様に全面的にご支援頂くことになり、弊社・RBTS 社と協力関係の契約を致しました。杉村様は、以前、本 News の No. 1, No. 2 でご執筆頂きましたのでご記憶かと存じます。

杉村様は、東大機械工学科ご卒業後、三井造船様に30年以上も奉職され、その間、米 MIT にも留学され、圧縮機・タービン・減速機・ポンプ・送風機などの重要な回転機械の振動対策や設計に幅広く活躍され、実績を挙げて来られました。ガスタービン開発ではガスタービン学会賞も受賞されています。4年余前に、有限会社杉村プランニングを設立され、回転機械研究所長として活躍を始められ、コンサルタントとしてすでに国内外で多くの実績を挙げておられます。機械部門技術士、米 Professional Engineer、ほか多くの資格をお持ちで、超のプロとして認知されておられます。

杉村様は、1986年のRBTS創立以前から、その前身であるフランクリン研究所の、大型計算機時代のシステムにも馴染んでおられましたので、ARMDの最も古いユーザと申せましょう。現RBTSの多くのスタッフとも親しくしておられます。勿論訪問もされています。

連絡先： 杉村 章二郎： (有)杉村プランニング 杉村回転機械研究所 所長

〒703-8267 岡山県 岡山市 山崎 335-41

Tel: 086-276-2536 Fax: 086-276-2536 e-mail: sugiplan@mb.infoweb.ne.jp

「強化の内容」

1. 導入時の操作・機能説明

初めて ARMD を購入される場合、操作・機能の説明を致します。最初は慣れるまで結構時間がかかるものです。それを、お客様に極力早く立ち上がって頂くために実施するものです。1日（7時間）で実施致します。簡単な Benchmark ならこの時間内で行なえます。勿論日本語で行ないます。

原則として無料です。ただし、ご要望により時間を延長することも出来ませんが、その分は有料となります。

お客様の事前のご要望に従って、特化した内容でも行ないます。

特に ARMD とは関係のない技術教育的な内容や質疑応答は、有料となります。

2. 訪問説明

保守サービス期間内のお客様には、ご要望により、上記 1. と同じような訪問説明会を致します。この場合は有料となります。ただし、現在の Version のシステムに限っての説明となります。

保守期間外の場合や、ARMD と関係のないご説明は致しませんが、特にご要望の場合は、別途、技術コンサルタント教育として、(有)杉村プランニング様に直にご相談下さい。

3. 質問などの受付

保守サービス期間内のお客様には、従来と同じように受け付けますが、技術用語の一部を除いて、日本語でお答えするようになりました。従来以上に、微に入り細に亘ってお答えできると思います。メール、Fax、電話などでお受けします。即応性については、ほぼ従来と同じです。なお、守秘義務を守ることも従来と同じです。

4. 年間保守サービス費について

従前の価格内で、以上のサービスを行なって参る積もりです。費用が掛かることはご想像頂けると思います。ほとんどボランティアの積もりであります。従来、時には為替の状況などで提供しました出精値引きは、全く出来なくなりました。事情をどうかよろしくご理解頂きたく存じます。

「強化後の試行結果」

昨年秋でしたが、上章の 1. 項の訪問説明を 3 件行ないまして、大変な讃辞を賜りました。間もなくまた 2 件を予定しております。

ややもすると、つい習熟が面倒だとのことで ARMD を持ちながら使われない、などという事態が今後ともないようにと願っております。以上ご理解を賜り、ご利用下さいますよう、お願い申し上げます。

お知らせ No. 2

< 商品の呼び方 >

ARMD の日本語での表現について、迷いながらやって参りましたが、「回転軸系振動解析・軸受解析システム」とすることにしました。今後これで統一したいと思います。JSME の新年号の広告もこの名称で出しております。

.....

以下に技術ニュースを掲載しますが、これらは上記のお知らせ No.1 でご紹介しました杉村様に執筆頂いたものです。新 Version の V5.3G1 と、固有値に関する解説をお願い致しました。これらが顧客様のお役に立ちましたら幸いです。

技術ニュース No. 1

執筆：(有)杉村プランニング 杉村 章二郎

技術ニュースについては何回か執筆させていただきましたが、昨年秋に(株)二樹エレクトロニクスとの間で、お客様からの技術的なご質問に対して、RBTSに代わって、あるいはRBTSと相談しながら私がお答えするように契約いたしました。長年私が親しんできたARMDを通じて皆様にお役に立てることを嬉しく思うと同時に、身の引き締まる思いです。

今回は、新バージョンの話と良くお客様から寄せられるご質問で、各モジュールで計算した固有値の違いあるいは意味付けについてお話ししたいと思います。

1. 新バージョン (V 5. 3) での改良された点

新旧バージョンでの input File の相互利用を前提でのバージョンアップでの制限内で相当改良されています。

一番入力で苦勞していた軸受計算が入力画面に説明文が付いたり、TEMPLATEで機械的に入力可能になったりして大幅改良されました。

さらに横振動解析、ねじり振動解析においてセクション数の制限が緩和されて、計算可能セクション数が240に倍増されました。

軸受は40軸受、計算回転数は40回転数、外部力も40個まで増やされました。これでほとんどの長軸系の解析に適用できるようになりました。

またアンバランス応答解析での軸心オービットがすんなりと出力されるようになりました。さらに API 定義の Amplification Factor が出力されるというおまけも付きました。

詳細は、下表 New Features in Version 5.3 を参照下さい。

New Features in ARMD Version 5.3

ss2z1111

表 1

NO.	Items	Details	Remarks
1	General		
1-1	USB dongle support	USB dongle がサポートされました。	いずれにするか導入時に決める必要があります。Parallel port と両方はできません。
1-2	V5. 0/V5. 1と併用	旧バージョンと併用が可能です。	ただし、実際には新バージョンで計算すれば充分なので、しない方がいいかもしれません。私はやっていません。
1-3	Long folder/file name	フォルダーファイル名が8字の長さ制限が無くなりました。	これは非常に便利です。ファイル名で内容が分かるようになりました。計算能率は倍増です。
1-4	旧バージョンの input File の共用	旧バージョンの input format と併用が可能です。	新バージョンの input を旧バージョンで使う場合は、念のため input data を一通り確認してください。その反対の場合も同じです。
1-5	全マニュアルの電子化	Manual が PDF File で見ることができるようになりました。分厚いマニュアルを見る必要が無くなりました。	今後 manual は配布されません。
1-6	Projectを任意drive1に作成	旧バージョンではARMDWのあるdrive1にのみ作成されましたが、任意の指定ホルダーに作成可能になりました。	Input Fileのあったdrive1にoutputは格納されますので、注意して下さい。
2	Bearings		
2-1	すべり軸受入力(template)で入力簡略化	幾種類かのtemplateが用意されて入力が簡単になっています。	入力画面にも説明が付きました。
2-2	JOURNAL TEMPLATE	レモン軸受, 3, 4, 5Pad軸受, 食い違い軸受, 真円軸受, 油圧ダム軸受, ライレーステップ軸受, テーパーポケット軸受, 等について用意されています。	マニュアル無しでinput可能になっている。

2-3	TILTING PAD TEMPLATE	3, 4, 5 Pad で LOP, LBP に対して用意されています。	Tilting Pad は ft-lb 単位のみサポートです。
3	ROTLAT		
3-1	計算限度増加	240 stations, 40 Bearings, 40 speeds, 40 external forcesまで増加されました。	旧バージョンに対して倍増されました。
3-2	Static Deflection Calculation の新設(ROSTAT)	旧バージョンのstabilityから独立しました。	使い勝手が良くなりました。Static deflectionのみを走らせて軸受荷重を確認してからstabilityで Bearing Load を入力するという手順が出来る様になりました。
3-3	Unbalance Response Analysis (ROSYNC)でOrbitの出力	各軸受部分で計算回転数時のOrbitがグラフ表示可能と成りました。	Oバネで入力すれば任意の節点nodeでオービット出力可能です。
3-4	// Y軸から±45° の変位出力	振動センサー位置での振幅が出力可能となりました。	実測値との比較が容易になりました。
3-5	// API規定のAmplification Factor の出力	指定した node 点で各ピークでの Amplification FactorをX, Y方向と楕円軌道の長円(最大振幅位置)で出力できるようになりました。	手計算が不要になりました。API規格に準拠した計算が楽になりました。ピーク回転数も出力されます。Node 点の指定は Options の Time Transient Simulation メニュー で Stations for Output で指定する必要があります。
3-6	Stability MapでのPedestalの影響考慮	Stability Map の固有値計算は演算速度を遅くしないために、Pedestal の計算考慮はなされていませんでした。考慮されるようになりました。	Stability analysis の結果と Stability Map の結果が完全に一致するようになりました。
4	TORSION		
4-1	計算限度増加	240 stations, 40 Branches, 40 springs, 40 external torque まで増加されました。	旧バージョンに対して倍増です。

2. 各モジュールで計算した固有値の違い

横振動解析において

Stability Analysis

Unbalance Response

Critical Speed Map

Stability Map

等でそれぞれ固有値乃至は危険速度が計算されますが、これらの値が同じではない事に対して、間違いではないかとの問い合わせが良く寄せられます。

一度整理をしておきたいと思います。

- (1) それぞれの解析の用途目的によって理論的に固有値に差が出てくる場合と
- (2) 解析担当者による裁量で固有値が違って来る場合があります。

(1) は理論的に考えれば分かることです。

一度目的を確認しておく必要があります。

(2) はモデル化するときに、軸としての剛性に寄与する部分か、Disc として付加マスに考えれば良い部分か、の分け方が解析者によって違う点です。

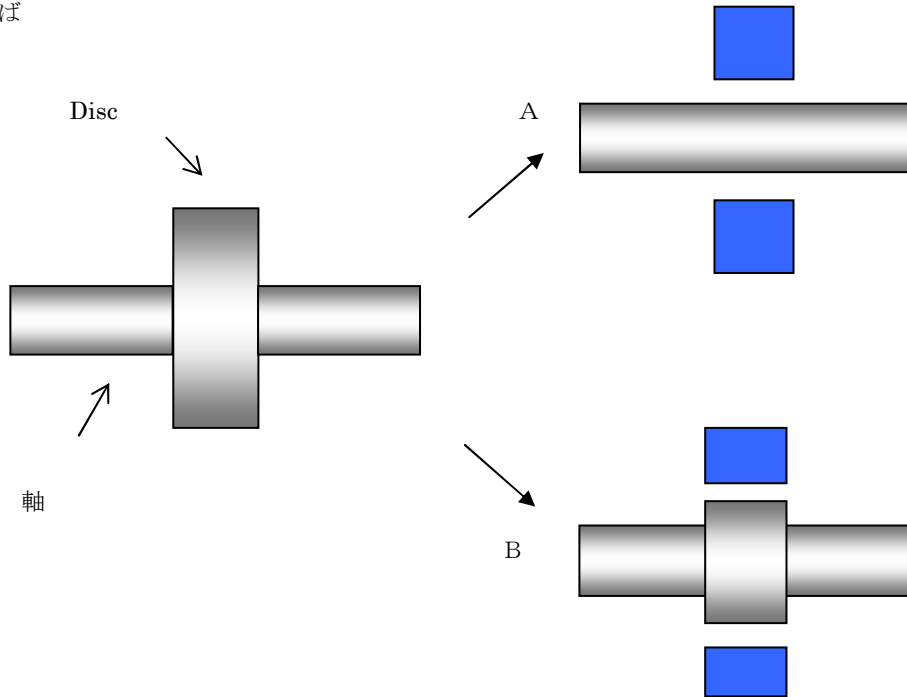
勿論軸と Disc とで構造的には完全に分かれていても、その結合の仕方、

例えば焼き嵌めか隙間嵌めかでは剛性は違ってきます。

これらはそれぞれの機械で KNOW-HOW 的などころがあり、解析者の意向に従わざるをえません。

ARMD で決める問題ではありません。

例えば



Aは軸と Disc を完全に分離して軸剛性としては軸部分しか考慮しない場合

Bは軸部分を Disc はめ込み部分は少し太くして軸剛性として考慮する場合

の二通りの考え方があります。

これらは加振テストで確認されることを薦めます。

今回お話ししようと思うのは (1) の場合でプログラムの使用目的によって理論的に差が出る場合についてです。

ここで ARMD の各モジュールで扱っている軸要素の考え方を表にして整理しておきます。

ROTLAT解析条件比較表

ss2y031

表 2

番号	条 件	静 た わ み (ROSTAT)	安 定 性 解 析 (ROSTAB)	アンバランス応答解析 (ROSYNC)	過渡応答解析 (RORESP)	危険速度線図 (C-ROTMAP)	安定性解析線図 (S-ROTMAP)
1	Discのジャイロ効果	不適用	適用	適用	適用	不適用	適用
2	軸のジャイロ効果	不適用	不適用	適用	不適用	不適用	不適用
3	減衰	不適用	適用	適用	適用	不適用	適用
4	軸受バネ定数	不適用	適用/軸受毎に違った値	適用/軸受毎に違った値	適用/軸受毎に違った値	一括適用 全ての軸受で 同じ値	適用/軸受毎に違った値
5	軸受台の考慮	不適用	適用	適用	適用		適用*
6	アンバランス効果	不適用	不適用	適用	適用	不適用	不適用
7	減衰振動	-	自由振動	強制振動	自由振動+強制振動	不適用	自由振動

8	非減衰振動	-	自由振動	強制振動	自由振動+強制振動	自由振動	自由振動
---	-------	---	------	------	-----------	------	------

上表（表2）において詳細を説明しますと

（1）静たわみ解析

梁の計算をしていますので、当然の事ながら回転関係の条件は一切入りません。勿論固有値計算ではありませんので固有値には関係ありません。

（2）安定性解析 Stability Analysis

これは一つの回転数を指定してその回転数でのみで解析させるものであり、回転数を指定して議論する必要があります。軸受のバネ定数と減衰係数は考慮されますので、そのときの軸受条件で変わります。つまり回転数で変わると言うことです。

固有値解析ですからアンバランス条件は関係ありません。つまり自由振動の固有値です。

軸の持っているジャイロ効果は無視されています。通常軸のジャイロ効果は小さいので考慮する必要はありません。

Discとしてのジャイロ効果は影響がありますので Discとして正しく慣性モーメントは入力する必要があります。

（3）アンバランス応答解析

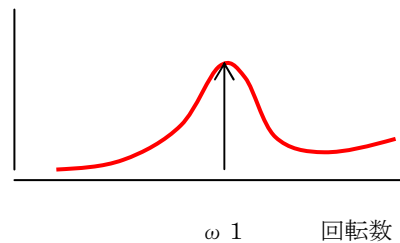
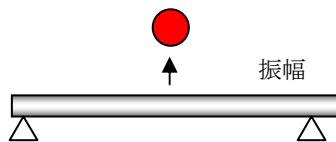
軸上にアンバランスを付加しての強制振動ですので、回転中の挙動で回転条件は全て考慮されます。ただし、回転数一振幅応答が目的ですから、固有値は考慮しません。と言うよりも減衰が大きくて振幅として現れない固有値は振幅値の回転数応答でのピークが出てきません。従って無視された形となります。

数多くある固有値の内、減衰が小さくて振幅として現れるものが振幅応答として出てきます。このピークを示した回転数が危険速度と呼ばれます。

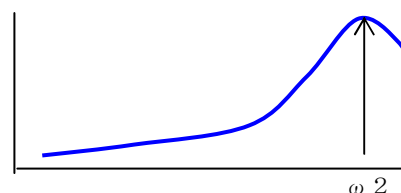
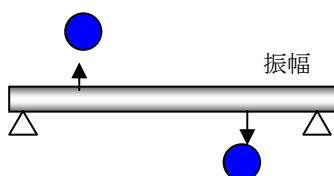
API（アメリカ石油協会）の回転機械の規格では、ピークが出てきても共振倍率（Amplification Factor）が2.5以下のものは危険速度と呼ばない事になっています。（1.項で述べましたようにV5.3からは共振倍率がアンバランス応答解析で出力されます）つまりピークは示しても共振倍率が低いので実害がないとの判断で、危険とは言わないと言うことです。その回転数で運転しても安全であると判断しています。

また、アンバランス応答解析ではアンバランスの付加状態で回転数振幅応答が異なりますので、同じ軸系でも条件により危険速度は違います。

A. 1次 Mode にアンバランス付加



B. 2次 Mode にアンバランス付加



A. の場合で1次曲げ Mode を励振するようにアンバランスを付加した場合は、振幅ピークは $\omega 1$ のように回転数の低いところに出てきますが、B. の様に2次曲げ Mode を励振するように付けると、1次曲げの Mode のピークは出てこずに2次曲げ Mode が励振されてピークは $\omega 2$ の所に出てきます。

同じ軸系でも危険速度は大幅に変わります。

(4) 過渡応答

基本的には自由振動と強制振動と両方扱う形になりますので、自由振動の固有値と強制振動（アンバランス）の固有値が出てきます。特に安定性の悪い固有値は支配的に出てきますので、注意が必要です。

(5) 危険速度線図 (Critical Map)

危険速度線図 (Critical Map) と言っても軸系構造体の構造共振周波数 (固有値) を計算するもので、回転は考慮されないで、回転に起因する条件は無視されます。つまりジャイロ効果は回転して始めて示す剛性ですから、Disc も慣性モーメントは無視されてマスのみ考慮されます。また解析は非減衰です。軸受条件も関係なく軸受台や軸受油膜など軸受支持部全てを含んだ支持剛性に対しての自由振動固有値が計算されます。

(6) 安定性解析線図 (Stability Map)

Stability Analysis が回転数を指定して計算されたのに対して、それを何種類かの回転数で計算して線図にしてしまうもので、内容は個々の回転数で見れば両者は一致するべきものです。ただし、軸受台 (Pedestal) の考慮はV5.

0以前のものはありませんので軸受台を計算に入れた場合は違ってきます。

V5. 3からは両者とも軸受台は考慮されていますので一致します。

理論的には以上のようになっています。

一番固有値で差が出てくる理由の1つとしては、Disc のジャイロ効果があります。始めに述べた軸剛性と Disc の区別などを正確にモデル化に適した方法で処理する必要があります。アンバランス応答解析は軸としてもジャイロ効果を計算して考慮されていますので、上記モジュールの中では一番誤差が出にくいものです。実用上は最終的にはアンバランス応答で評価するのが良いでしょう。

以上です。全7ページの News です。

今後とも各顧客様との communication を深め、ARMD システムの発展のために尽くして行きたいと思っております。どうぞ宜しくお願い申し上げます。顧客様各位の更なるご発展を祈念致しております。

以上