

平成19年1月24日

ARMD テクニカルニュース No. 11

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1月にNews No. 10を、刊行してから、弊社一同は超多忙で、あっという間に一年経ってしまいました。遅くなりましたが、News No. 11をここに刊行します。お蔭様でARMDは順調に伸びています。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。

(株)二樹エレクトロニクス 青葉事務所 蜂須賀 照憲

お知らせ No. 1

< 次のVersion up >

ARMDは現在V5.6 G1です。次のVersion upですが、いつになるか詳細な年月は分かりませんが、この2007年中に行ないたいとRBTSは申しております。約束はできないそうです。私共もSpecification作成の上で、参画いたしております。内容も確たることは言えませんが、相当の進歩が盛られるはずで、どうぞご期待ください。

お知らせ No. 2

< お客様側での変更・引継ぎとDongle >

2-1. 変更届のお願い

RBTSと弊社では、お買い上げいただいたシステムについて、窓口のご担当者様を登録管理しております。これはご案内やご通知やVersion upの配布などを適宜に行ない、システムの保全を確実にして頂くためです。貴社内の事情はRBTSや弊社では把握し切れませんので、もし、引越しや人事異動によるLocationや連絡先の組織名の変更、その他ご担当窓口様の変更などがありましたら、是非教えてください。ご担当窓口のお方には、責任を持ってシステムの管理をして頂きたく、よろしくようお願い申し上げます。

管理がされませんと、糸の切れた凧のようにARMDシステムが浮き上がってしまいまして、保守が出来ず、大事な財産が価値のないものになってしまいます。RBTSと弊社では、原則として、窓口様とのCommunicationが途切れたら、ARMDを放棄されたものとして扱わざるを得ません。

もし現在担当窓口様が不在とか、変更されているとか、退職されているとか、お気づきの方がいらっしゃいましたら、ご通知下さいますようお願いいたします。

2-2. Dongleの確認

毎度しつこく申し上げますが、Dongle(Memory Key)はソフトの利用許諾書に代わる大事な権利書のようなものですので、絶対に逸失されませんようお願いいたします。なくされま

しても Dongle の再交付はありません。従来通り使えるようにするには、再購入するしか道はありません。

### 2-3. USB Dongle

PC の進歩で、従来の Printer port にとって代り、USB port が多用されるようになりました。最近では新規にご購入のお客様には USB port 型の Dongle をお勧めしております。旧来のお客様で、Dongle を USB type への変更を希望される時は、どうぞお申し出ください。登録替えをし、RBTS から送ってもらいます。Serial No. も変わります。登録料、手数料、送料を実費で頂くことになります。古い Dongle は、後日必ずご返却いただくことになります。

## お知らせ No. 3

### < News の刊行方法について >

本 Tech. News は弊社のホームページで Download して見られるようにしています。今回を含め、現在はメール配信していますが、次回からは刊行したことのご案内だけをメールでお知らせして、各位にはホームページで見ていただくようにすることを考えていますが、如何でしょうか。このことに関し何かご意見やご提案があれば、お聞かせいただきたいと思います。

## 随 筆

青葉事務所 蜂須賀 照憲

### < 12年前のこと >

12年前に、阪神淡路大震災があり多くの人が亡くなられ、多大の損害を蒙りました。丁度各顧客様の予算確定の時期でもあり、ARMD の問合せが多く、大阪から姫路にかけて2～3泊の出張を計画しておりました。95年1月19日に出発の予定でしたが、2日前の17日の早朝に大地震が襲ってきました。テレビの画面を見て、とてもわが国の一部がそんな惨状であるとは信じられませんでした。自身うろたえてしまいました。

何はともあれ、アポイントを取ってあった数軒のお客様に電話しましたが、どこも通じず、ただただご無事を祈るだけでした。2日後にやっと一軒つながりご無事は確認できましたが、被害の惨状を伺い驚愕とともに、お見舞い申し上げるのがせい一杯でした。3週間後には訪問予定だったすべての顧客様と連絡が取れ、安堵しました。

約半年を経た7月の初旬に1週間かけて阪神から岡山まで訪問の旅に出ました。大阪からはレンタカーでした。商談などは2の次で、お見舞い訪問でしたが、顧客の皆様とお逢いできて無事を喜び合いました。復興工事の最中で神戸地区の通過には5時間ほど掛かりました。

98年春にそのうちの1社様からARMDのご注文を頂き、続く2～3年には当初訪問予定だったほとんどの顧客様から注文を頂きました。悲しい出来事のあと、復興された阪神淡路の皆様方に改めてお見舞いと共に敬意を表する次第です。

この今、阪神へ出張するたびに当時のことが思い出され、胸に迫り来るものがあります。わが国の平安を願う昨今であります。

---

では、以下にARMDにおける複雑な形状の軸、特に付加質量や2重円筒の場合のモデル化とその解析実施例について杉村様に解説いただきます。Rotor Dynamicsで、この類のご質問を多く受けております。どうぞ以下の解説をご参考になさってください。

(有) 杉村プランニング 杉村回転機械研究所 杉村章二郎

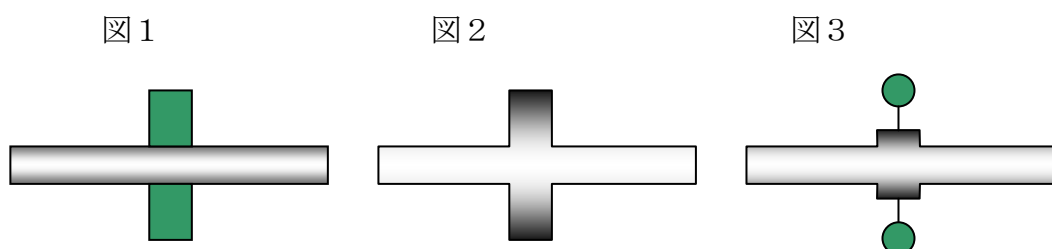
ARMDの横振動の計算で一番多くお聞きする質問が軸にタービンのディスクや圧縮機・ポンプなどの翼車がついている軸径のモデル化に関する考え方についてです。ARMDでは軸(\*1)と軸に付着する付加質量(\*2)に分けて入力されているわけですが、何を軸として何を付加質量とするかは、ARMDを使用する設計者に任されています。ARMDでは何も決めてはいません。ここは設計者のKNOW-HOWが一番関係する部分です。今回はこの考え方について少し詳細に述べてみたいと思います。

(\*1) element informationとして入力される部分。(\*2)disc informationとして入力される部分

設計者の裁量に任されているとは言いながら、実機に合ったモデル化を行うことが目標ですから、一定の理論的な方向はあるわけです。

考え方は簡単には3つあります。

- (1) 軸と付加質量に、完全に分けてしまう。(図1)
- (2) 付加質量は考えずにすべて軸要素と考える。(図2)
- (3) 軸系全体から見て軸の剛性として影響しそうな部分は軸として入力し、その他の部分を付加質量として入力する。(図3)



この考え方と実際に機械の構造も考慮する必要があります。

それは

- (1) 軸ではなく翼車と考えられる部分も全部一体に軸から削り出されており構造的に分離されていない場合。
- (2) 軸と翼車などの付加質量が焼きばめなどで強固に軸に留められている場合
- (3) 軸とは止まりばめ等でゆるく留められている場合。

これらの条件を考えながら設計者が一番相応しい方法を決めることとなります。いちばん簡単な方法は全部軸要素として一体で入力できる場合です。ARMDはこの方式で入力が可能です。円板部分も軸要素として入力しても質量・慣性モーメントなどは正しく計算されます。

極端に大振動が出てはめ込み部分が緩む場合のことは振動解析上は考慮しません。

つまり、振動解析の大前提は微小・線形ということですから、止まりばめ等でも実際に隙間が

出来る場合以外は軸と一体と考えることが出来ます。

しかし、特別な留め方をしている場合はやはりどこまでを軸の剛性に含めて、どこまでを付加質量にするかを慎重に考える必要があります。

解析上のモデル化が正しいかどうかについての検証は、一番正確の方法は実機が製作されたときに、あるいは類似機があれば、FREE-FREE TEST といわれる方法で加振して固有値をはかり解析結果と比較することです。

この TEST では、軸受の影響を除くために Rotor を中吊りにして水平方向は自由に拘束せず、水平方向を加振して自由振動を測るものです。

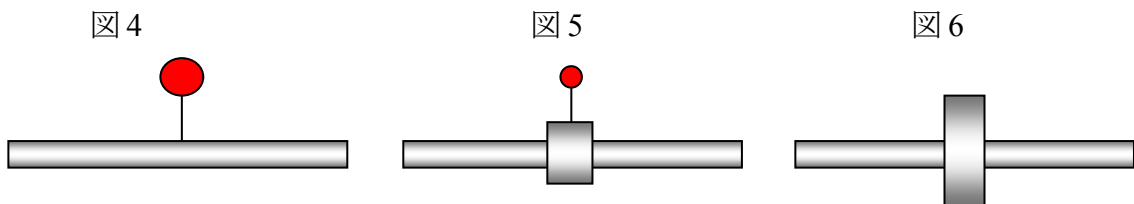
もちろんこの場合は解析も FREE-FREE の条件で行う必要があります。

つまり、静止状態で、かつ軸受が無い条件で解析を行います。

以下実例で示します。

モデルは 1000mm の長さで 50mm の直径の軸に外径 200mm で厚さ 100mm の円板が中央に 1 つ取り付いた rotor を考えます。

このとき図 4 の様に軸と付加質量で構成する場合、図 5 の様に円板が取り付く部分の軸径を太くして円板の一部を軸側と考え残りを付加質量と考える場合、図 6 の様にすべて軸要素と考える場合で比較してみます。



ARMD の入力は element でセクションを入力し、必要に応じて付加質量は disc で入力し、軸受は一切入力する必要はありません。この状態で計算回転数を 0 で Stability analysis を行います。ジャイロ効果も一切考えないわけです。

この様にして円板が取り付く部分の軸径を

50mm、75mm、100mm、125mm、150mm、175mm、187.5mm、200mm

とかえて、円板の残りを disc として入力します。

disc の質量・慣性は下表の値を使用しました。表 1

付加質量

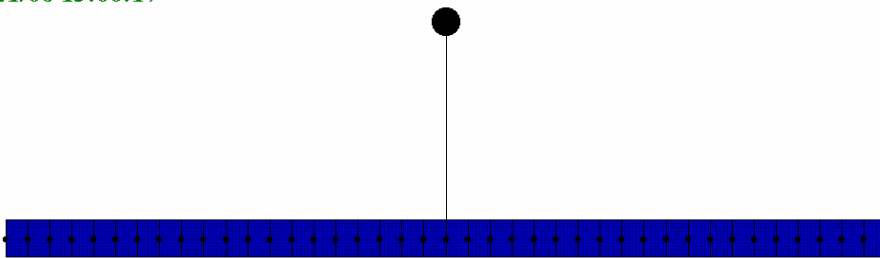
外径 mm	内径 mm	厚さ mm	比重 kg/m <sup>3</sup>	質量 kg	WR2 kg/m <sup>2</sup>	It kg/m <sup>2</sup>
200	50	100	7833	23.07	0.490	0.264
200	75	100	7833	21.15	0.482	0.259
200	100	100	7833	18.46	0.461	0.246
200	125	100	7833	15.00	0.417	0.221
200	150	100	7833	10.77	0.336	0.177
200	175	100	7833	5.77	0.204	0.107
200	187.5	100	7833	2.98	0.112	0.058

入力例として

(1) 軸要素とすべて付加質量とした場合

図7

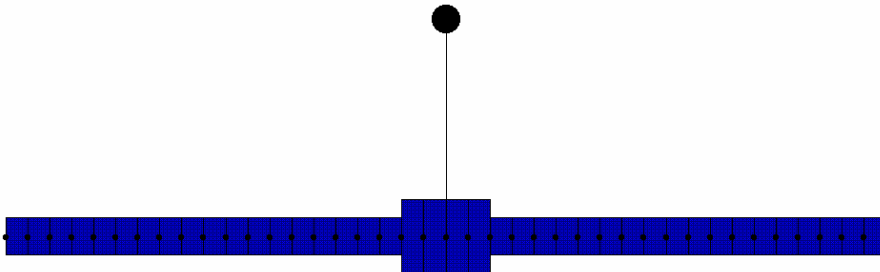
E:\Project\TEST MODEL\BEAM 50mm & 50-shaft MODEL.ROI  
**Natural Frequency of Bar with Free-Free Model**  
SPC 1000LX50D  
12/21/06 13:00:17



(2) 一部軸要素に加えて残りを付加質量とした場合  
(円板取り付け部 100mm)

図8

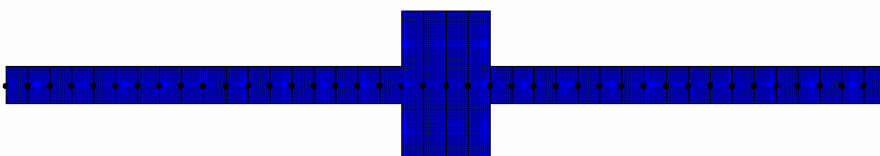
E:\Project\TEST MODEL\BEAM 50mm & 100-shaft MODEL.ROI  
**Natural Frequency of Bar with Free-Free Model**  
SPC 1000LX50D  
12/21/06 13:00:17



(3) 付加質量は無しとしてすべて軸要素で入力した場合

図9

E:\Project\TEST MODEL\BEAM 50mm & 200-shaft MODEL.ROI  
**Natural Frequency of Bar with Free-Free Model**  
SPC 1000LX50D  
12/21/06 13:00:17



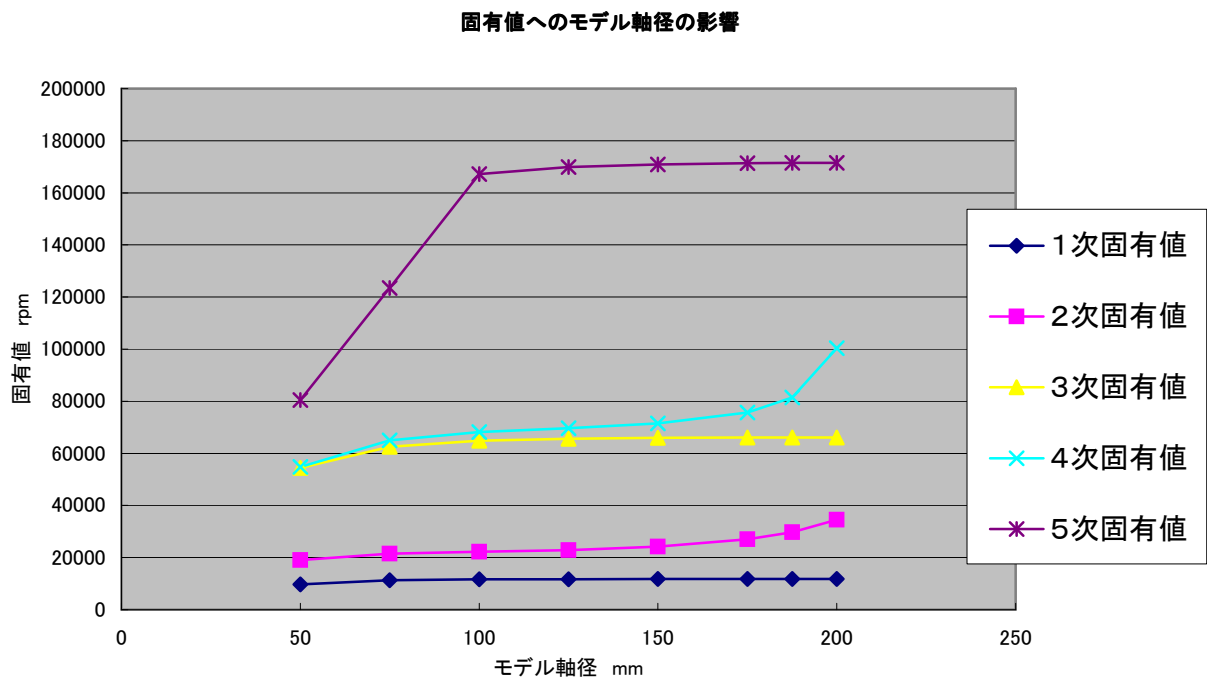
それぞれの場合で解析結果の各 mode での固有値は以下の表に示します。

表 2

軸径mm	固有値: rpm				
	1次固有値	2次固有値	3次固有値	4次固有値	5次固有値
50	9712	19017	54370	54794	80411
75	11281	21480	62486	65010	123480
100	11621	22176	64881	68181	167200
125	11720	22894	65631	69689	169910
150	11755	24208	65913	71457	170880
175	11771	27024	66038	75640	171320
187.5	11775	29781	66074	81437	171450
200	11778	34581	66099	100320	171540

この結果を円板取り付け部の軸径を変数としてグラフに表示すると図 10 のようになります。

図 10



この結果から

- (1) すべて付加質量として 50mm の軸で考えた場合は剛性がかなり低いことが分かります。
- (2) 軸径を太くするにしたがって固有値は上がってゆきますが、1次固有値、3次固有値、5次固有値は 100mm 軸くらいからはあまり変化はしません。これは軸取り付け部の剛性があまり寄与していない事がわかります。
- (3) 2次、4次の偶数次のモードは軸の剛性がかなり影響していることが分かります。軸の剛性を慎重に考慮する配慮が必要です。

以上に見ましたようにモードのよっては軸の剛性をどのように考慮するかモデル化によって固有値が変わります。

一般には、取り付ける質量の幅分くらいは軸径を増やす配慮が必要でしょう。

付加質量がすべて軸要素として入力できる場合は、それが一番良い分けです。

形状によってはどうしても軸要素として入力できない場合がありますのでその場合には上記の配慮が必要です。

なお、ARMDでは2重円筒になるセクションは入力できません。現実には2重円筒は軸剛性としてはほとんど影響ありませんので、外側の円筒は付加質量として入力されます。

図1 1～図1 3参照ください。

付加質量にするときに2重円筒部は付加質量を取り付ける点Oを基準とした慣性モーメントを計算しておくのが良いでしょう。

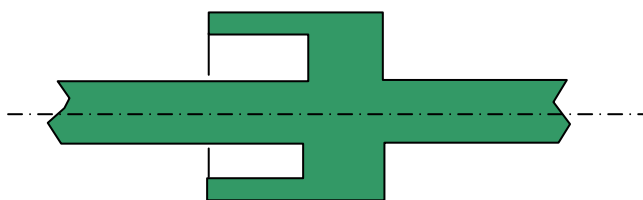


図1 1 2重円筒の付加質量

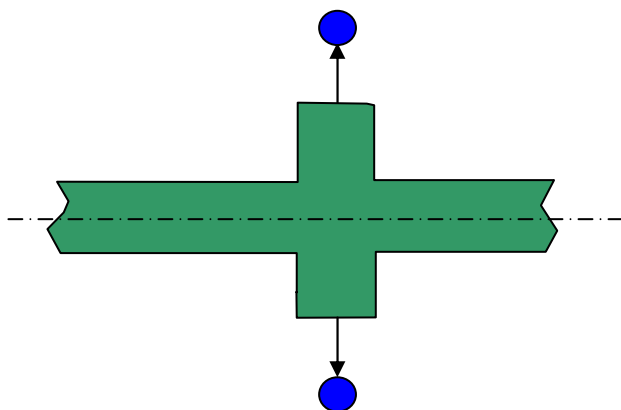


図1 2 付加質量としての扱い

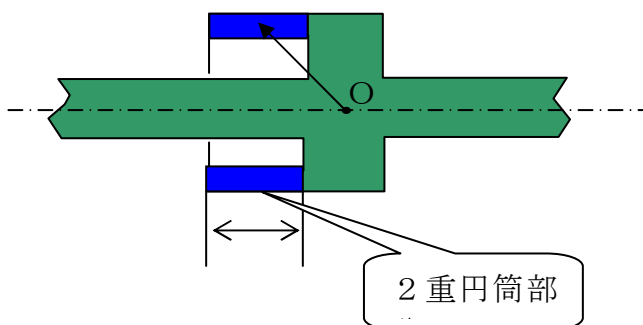


図1 3 2重円筒部分の扱い

参考に一樣太さの棒の FREE-FREE MODEL と手計算値を比較したものを示します。  
 手計算は日本機械学会編の機械工学便覧にある計算式を使用しました。  
 計算式は次のものです。

$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}}$$

- ただし、 f : 計算固有値周波数 Hz  
 L : 棒の長さ m  
 E : 材料の縦弾性係数 ARMD と同じ  $1.9995 \times 10^{11}$  N/m<sup>2</sup>  
 I : 棒の断面 2 次モーメント  $\frac{\pi D^4}{64}$  m<sup>4</sup>  
 ρ : 材料の比重 ARMD と同じ 7883 kg/m<sup>3</sup>  
 A : 棒の断面積 m<sup>2</sup>  
 λ : 固有値次数によって決まっている定数

始めに FREE-FREE MODEL 固有振動数 ARMD 入力図とモード図を示します。

図 1 4 1 次固有値

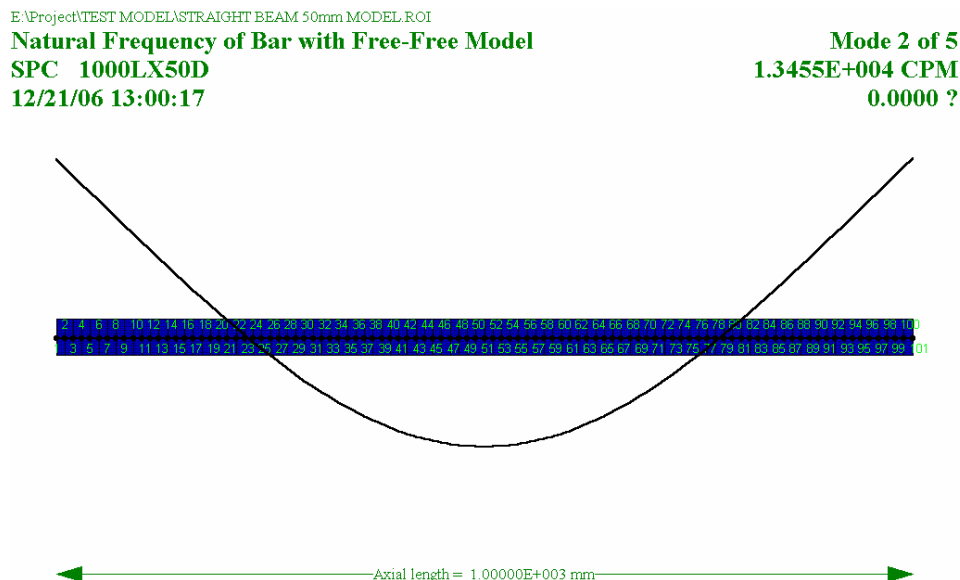




図 1 5 2次固有値

E:\Project\TEST MODEL\STRAIGHT BEAM 50mm MODEL.R01

**Natural Frequency of Bar with Free-Free Model**

**SPC 1000LX50D**

**12/21/06 13:00:17**

**Mode 3 of 5**

**3.6814E+004 CPM**

**0.0000 ?**

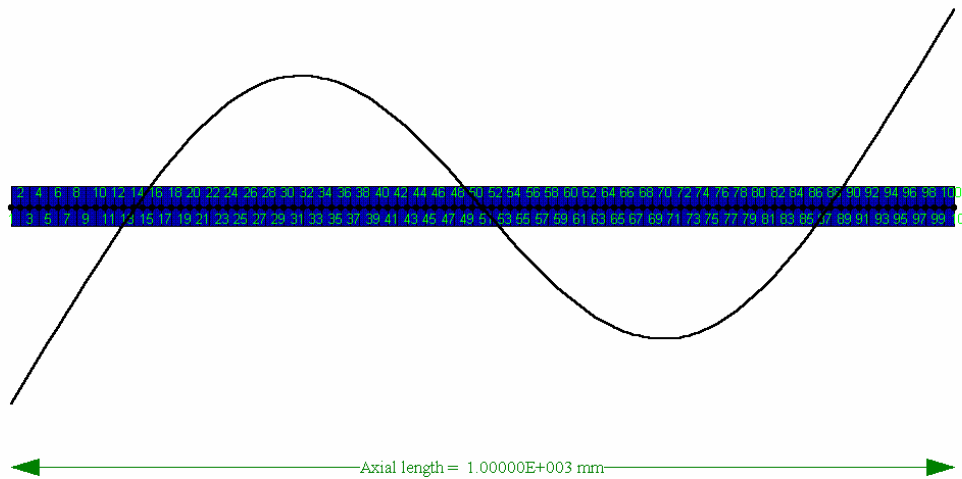


図 1 6 3次固有値

E:\Project\TEST MODEL\STRAIGHT BEAM 50mm MODEL.R01

**Natural Frequency of Bar with Free-Free Model**

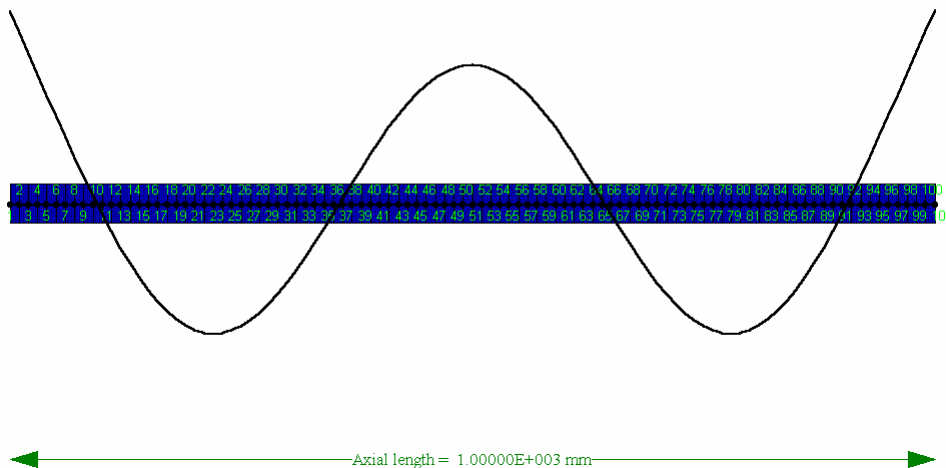
**SPC 1000LX50D**

**12/21/06 13:00:17**

**Mode 4 of 5**

**7.1358E+004 CPM**

**0.0000 ?**



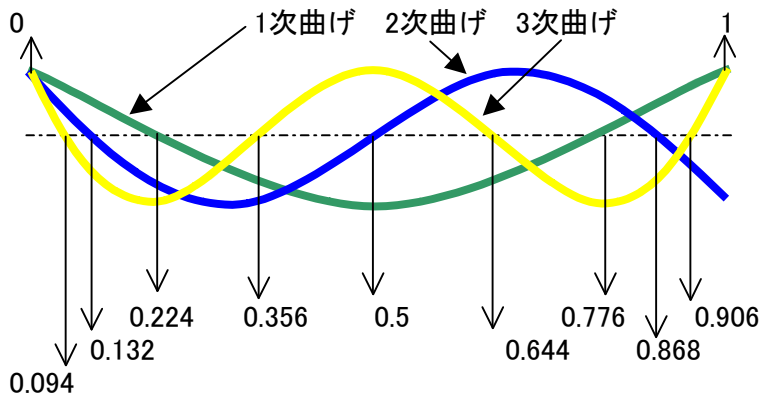
次に解析結果を手計算と比較して表にまとめます。

手計算との比較  
棒の横自由振動計算

表 3

ss6Z211

項目	記号	単位	計算式	数値
長さ	L	m		1
直径	D	m		0.05
断面2次モーメント	I	m <sup>4</sup>	$\pi D^4/64$	3.06796E-07
断面積	A	m <sup>2</sup>	$\pi D^2/4$	1.963E-03
比重	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	—	7833.4
縦弾性係数	E	Pa	—	1.9995E+11
係数	$\lambda 1$	—	1次	4.73
	$\lambda 2$	—	2次	7.853
	$\lambda 3$	—	3次	10.996
固有振動数	f1	Hz	1次	224.9
	f2	Hz	2次	619.9
	f3	Hz	3次	1215.3
計算	f1	CPM	1次	13492
	f2	CPM	2次	37191
	f3	CPM	3次	72918
ARMD	f1	CPM	1次	13455
	f2	CPM	2次	36814
	f3	CPM	3次	71358
誤差評価	f1	%	1次	0.28
	f2	%	2次	1.02
	f3	%	3次	2.19



手計算は理論式から解かれているが ARMD は有限セクションモデルからの近似値になるので若干の誤差が出ます。

1次固有値は 0.28%、2次固有値で 1.02%、3次固有値で 2.19% 程度となっています。

以上モデル化によって実際に解析値がどのようになるかを実例で示しました。  
このことを参考にされて、実機に合ったより良いモデル化をされますことを期待します。

以上