

## ボイラ給水ポンプ配管系に発生した振動問題

《仕様》

全揚程	:838m	段数	:8段
吐出量	:68.3m <sup>3</sup> /h	回転速度	:2970min <sup>-1</sup>
電動機容量	:250kW	液温	:120



株式会社 西島製作所  
福田 年布

### 現象

- ・30年以上運用のプラントで老朽化した他社製ポンプから更新。
- ・現地試運転時にミニマムフロー運転後、ボイラー側に通水すると主配管に激しい振動が発生

### 確認事項

- ・性能曲線は常降性 (ほぼフラット)
- ・緊急停止が必要なレベルの振動なので測定データなし。
- ・1年間ノストップなので、再試運転もできない。
- ・同水力の実績は59台あり、今回と類似の事例はない。

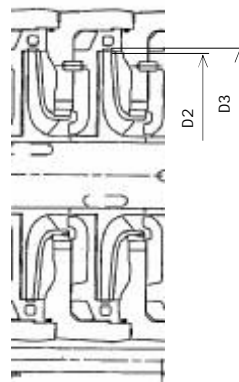
### 対策方針

- ・予備ポンプ製作し、性能・特性を検証。
- ・既設ポンプのカーブ特性に近づける。
- ・既存水力設計の適用・改造で対応

## 実機ポンプによる確認・対策試験条件@工場

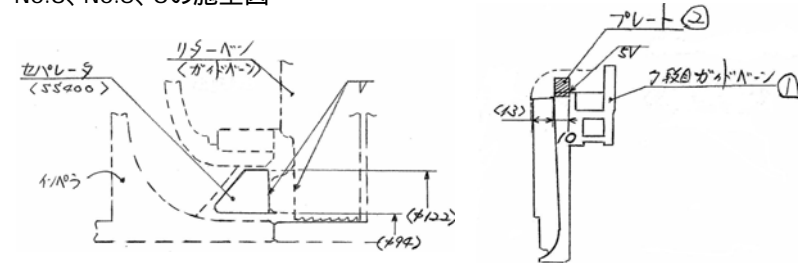
### 既存水力の改良で対応

No.	インペラ外径比 D2	デフューザ入口径 D3	内容
1	1.000 (1~3段目)	1.021	4~8段目のインペラ外径とデフューザ入口径との隙間が広い。
	0.922 (4~8段目)	1.021	
2	1.000 (1~6段目)	1.021	インペラ外径とデフューザ入口径との隙間の適正化
	0.830 (7~8段目)	0.848	
3			リターンベーン出口に旋回防止用セパレータを接合
4			インペラ出口圧力面側加工によりインペラ出口角度を小さくした。
5			7段目のガイドベーンから次段に続く流路に面積を狭める抵抗板を取付けた。
6	1.000 (1~5段目)	1.021	6段目にも抵抗板を追加した。
	0.830 (6~7段目)	0.848	
	1.000 (ラスト)	1.021	

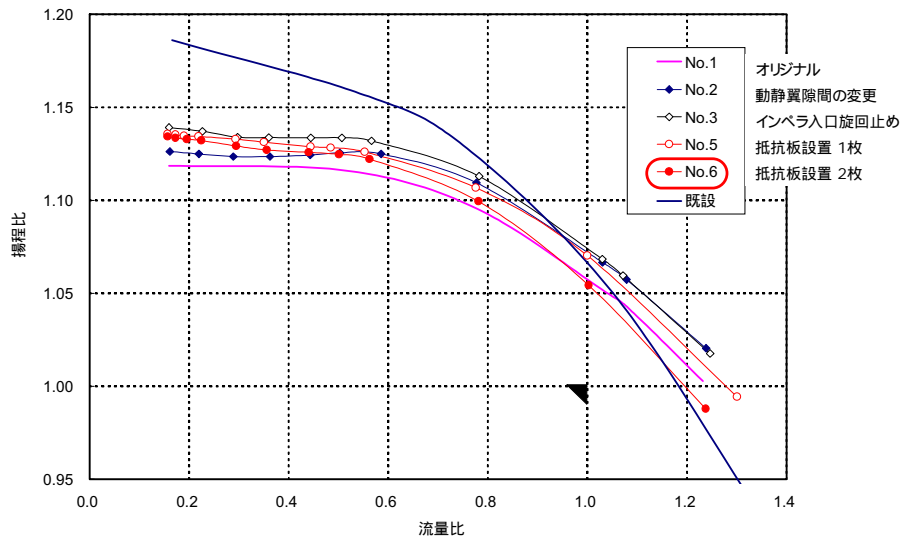


- インペラベーンとデフューザベーンの間隙を適切に No.2
- インペラ入口の予旋回を低減による締切揚程の上昇 No.3
- ポンプ内部抵抗増加による過大側の揚程降下 No.5、6

## No.3、No.5、6の施工図



実機ポンプによる確認・対策試験結果@工場試験



既設に比べればまだまだだが「No.6」を対策型として、現地試運転を実施

現地試運転 (振動周波数)

試運転1回目  
配管のエア抜きが不十分?

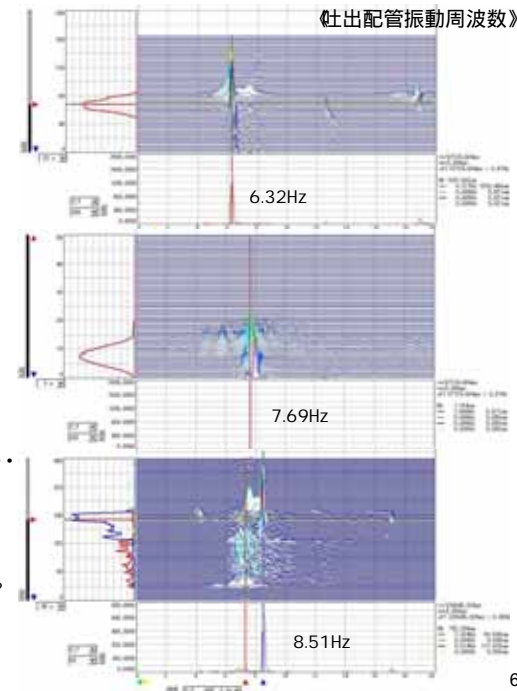
既設ポンプにて3時間程度  
耐圧試験を行った後。  
メイン配管のエアは抜けたと想定  
されるが振動発生。

減温水ラインのバルブを閉とし、  
エア溜りの要素をなくしたが  
振動発生。

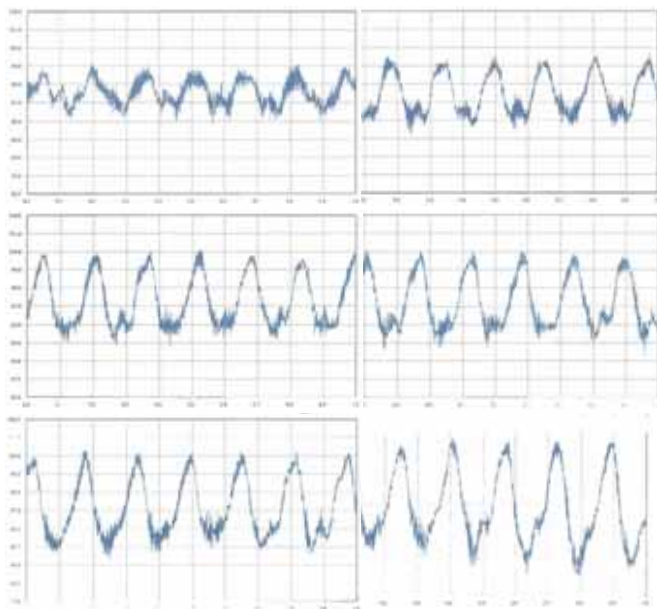
条件により周波数が若干変化するが・・・



計測したものの、  
分析云々のレベルの振動ではなかった。

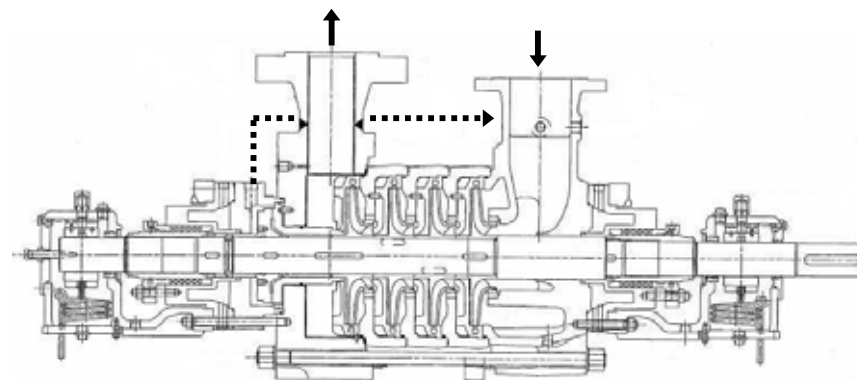


現地試運転 (時刻歴波形)



⇒ 翌年  
再トライすることに  
↓  
新水力開発へ

新水力開発 (検証用ポンプ)



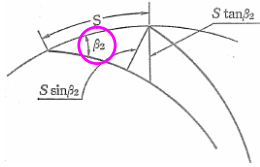
**実機**  
段数 :8段  
回転数 :50Hz/2P  
水力部品材質 :SCS(金型)



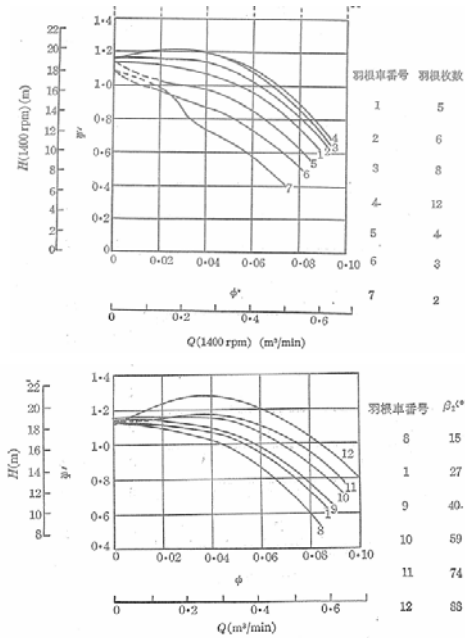
**検証試験**  
段数 :4段  
回転数 :1750rpm  
水力部品材質 :FC(木型)

インペラペーン枚数の変更  
現設計、-1枚、-2枚のインペラ

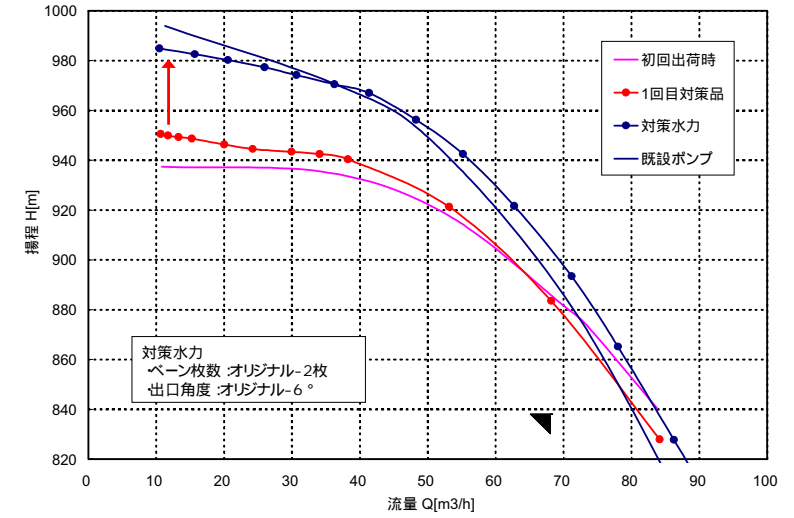
インペラペーン出口角度 (2) を  
小さくする。  
現設計、-3°、-6°のインペラ



木型も共用できるので  
パラメータを組み合わせてインペラ製作

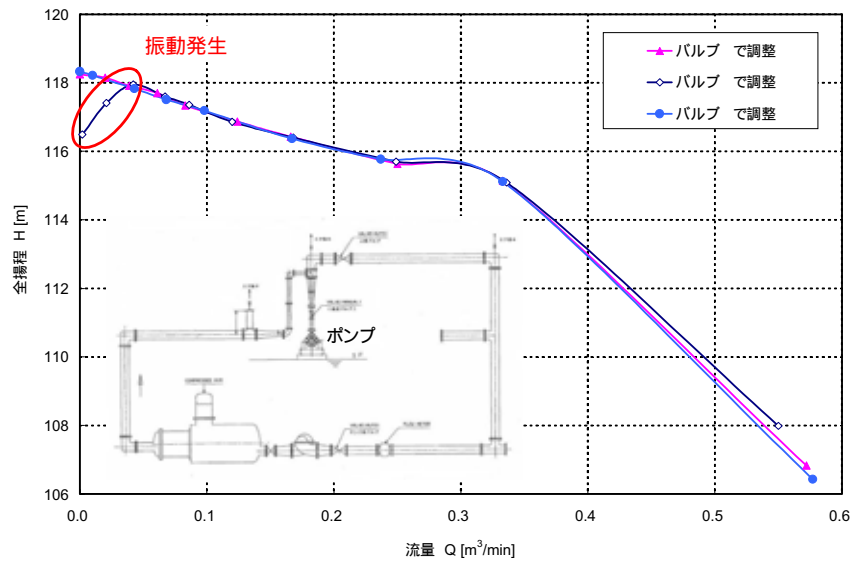


### 検証ポンプによる試験結果

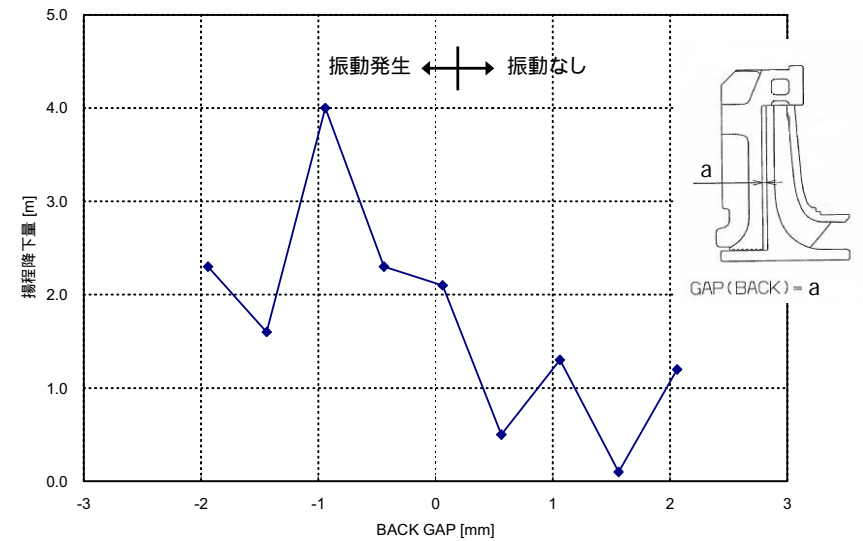


既設にかなり近づいたので、対策品として製作  
性能試験時にもさまざまな振動現象あり

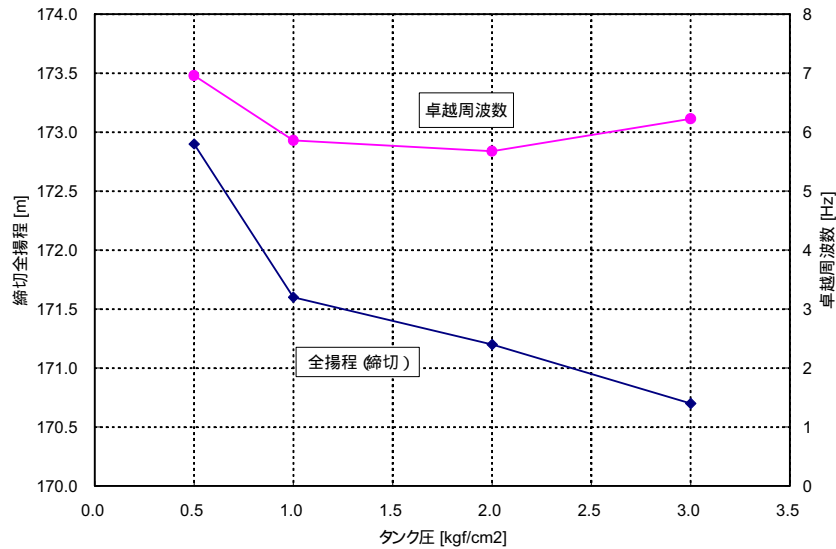
### (1) 流量制御バルブの位置で特性変化



### (2) 回転体の軸方向セット位置で特性変化



### (3) 吸込圧力による特性変化



13

### 試験時に発生した振動として

- ・流量制御バルブの位置で振動が発生する場合がある。(性能特性も変わる)
- ・回転体と固定体の軸方向位置を変えると振動が発生する場合がある。
- ・吸込圧力を変化させると、卓越周波数や性能特性が変わる。
- ・振動の発生する流量域は、インペラによりバラツキがある。また、常降性であつても振動が発生する場合がある。  
データ取得により傾向分析は行つたが、要因まではつかめなかつた。

### 現地試運転

- ・振動発生なし、新水力適用でトラブル自体は解決。

### まとめ

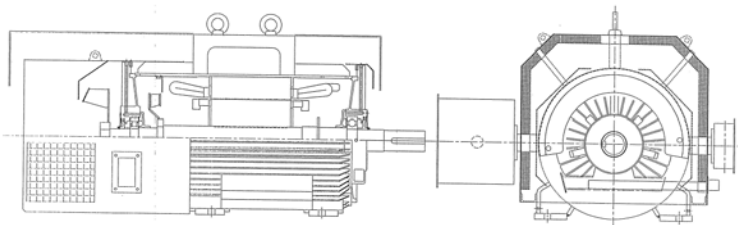
- ・いろいろ調査を行つたが、振動発生メカニズムの根本的な要因はつかめなかつた。
- ・水力設計について、小手先の対策ではうまく行かず、結局は再設計となつた。
- ・コミュニティのような場があれば、アプローチの仕方が変わったかも。

14

## ボイラ給水ポンプ用モータに発生した振動問題

### 《仕様》

モータ仕様 :3300V / 60Hz / 2P …全4台  
 軸受形式 :負荷側 …6314C3、反負荷側 …NU314  
 全揚程 :1145m  
 吐出量 :52t/h



15

### (1) ベアリング異音 & 振動

反継手側水平方向で88 μm  
 納入後6年、何度か軸受周りのトラブルあり  
 問題のモータ?

### (2) 分解点検の結果、外輪側に摺動傷

### (3) ブラケット、ベアリング交換し 工場試運転 良好

### (4) 現地試運転 振動大、何が違うのか?



条件		CP側			反CP側		
		V	H	A	V	H	A
無負荷 (工場)	速度	0.8	1.4	1.0	1.9	1.9	0.7
	変位	2.5	7.5	4.0	11.5	10.5	3.5
無負荷 (現地)	速度	2.5	<b>6.6</b>	-	<b>3.4</b>	<b>7.9</b>	-
	変位	19.5	<b>55.2</b>	-	<b>26.3</b>	<b>56.8</b>	-
負荷 (2台運転)	速度	2.0	<b>6.2</b>	1.7	<b>3.6</b>	<b>9.6</b>	1.0
	変位	15.6	<b>60.6</b>	13.9	<b>30.1</b>	<b>72.8</b>	8.6
負荷 (1台運転)	速度	2.0	<b>6.6</b>	1.8	<b>3.6</b>	<b>7.5</b>	2.1
	変位	15.3	<b>61.9</b>	14.3	<b>28.9</b>	<b>60.4</b>	16.9

16

### 打撃による固有振動数測定

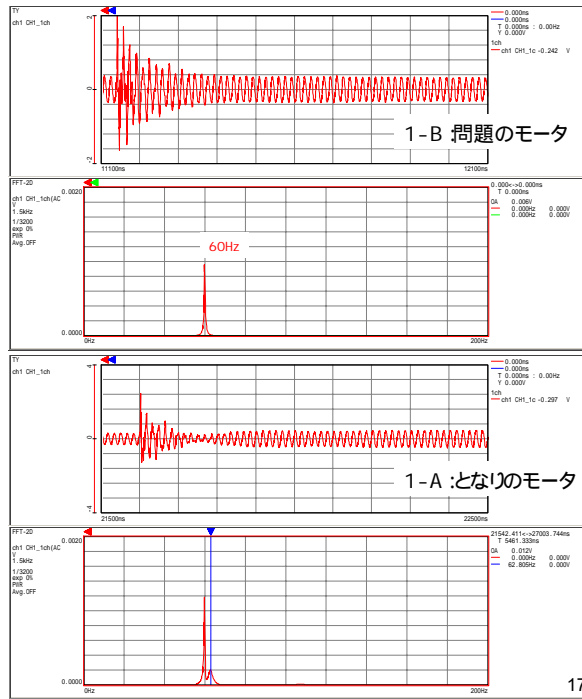
<1-B>  
暗振動(となりで稼動中)と同じ周期 & 暗振動レベルそのものが高い

<1-A>  
暗振動から少しずれたところにピークあり

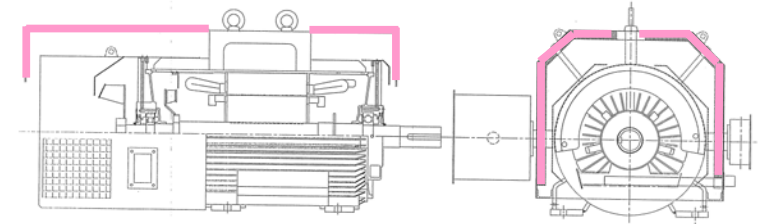
共振してる



何で今頃顕著に?



納入当初はモータに防音カバー(180kg)が載っていた。



メンテのときに邪魔、以前のベアリング損傷はカバー内部が高温になるからと想定、カバーがなくても敷地境界での騒音レベルも問題ない。



1年程前から取り外して運用

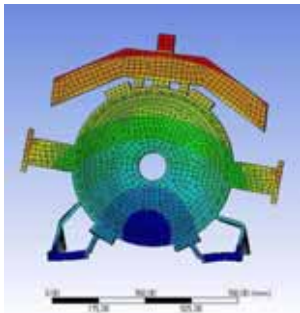


重量バランスが変わって共振、カバーがなくなり状態が露出

### 対策検討

剛性アップ・・・モータ本体に手を加える場所がない。外部からのサポートも困難  
質量付加・・・防音カバーを取り付けていたフレームがあるので、おもりを取り付けさせてもらう方針に進めた。

モータメカ解析 共振回避のため、300kgのおもりを載せるように要請あり  
何で防音カバーより重たい? という疑問が残りつつもおもり製作

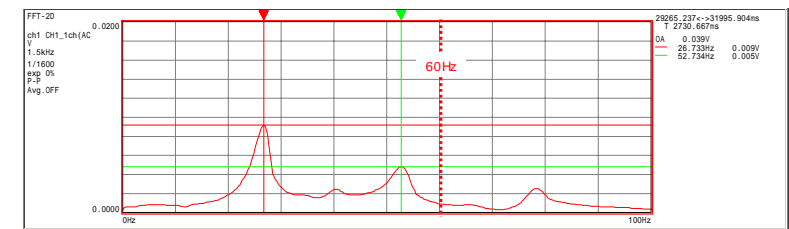


解析事例



### 対策結果

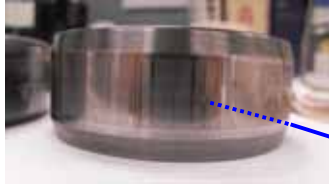
条件		CP側			反CP側			
		V	H	A	V	H	A	
1-B	モータ単体	対策前	19.5	55.2	-	26.3	56.8	-
	対策後(4/27)	9.2	17.4	6.3	4.5	14.9	4.5	
	減少量	10.3	37.8	-	21.8	41.9	-	
1-B	負荷運転	対策前	15.3	51.9	14.3	28.9	60.4	16.9
	対策後(4/27)	17.1	8.8	2.6	16.1	10.7	4.5	
	減少量	▲1.8	43.1	11.7	12.8	49.7	12.0	



おもりの効果あり、40 μm程度振動レベル低下。  
他、3台にも水平展開し、運用頂くことになった。

## 再発、約1年で軸受異音の苦情

ベアリングにフレット発生、  
おもいを載せるまでの共振状態の時に発生したと  
推測するが・・・、  
問題起こりすぎ。



内輪の内径面に痕跡が見られる。

モーターメカへ苦情

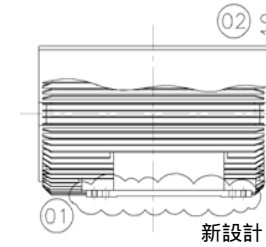
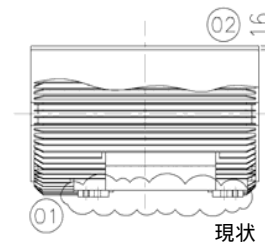
- ・実績ありの割にはトラブル頻発
- ・フレーム、脚が貧弱では
- ・そもそも防音カバーがなければ最初から共振した設計



結果として、再製作

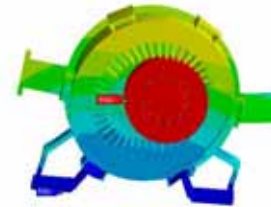
21

## 設計変更箇所



- 主な変更内容
- 01 : 脚が4箇所独立  
2枚の長板
  - 02 : フレーム肉厚を16mm  
から19mm

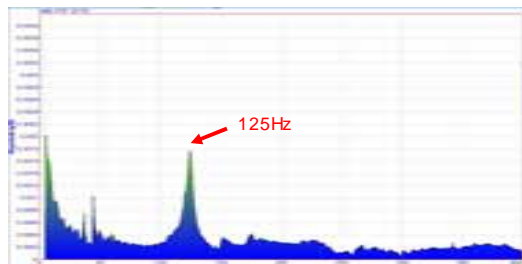
1st MODE : 92.354Hz



22

## 対策結果

号機	管理項目	CP 側(負荷側)			反 CP 側(反負荷側)		
		V	H	A	V	H	A
1-A (7/29)	速度	0.7	1.3	0.6	1.4	1.1	0.7
	振幅	6.6	7.6	5.4	11.8	7.0	7.2
1-B (7/27)	速度	0.8	1.0	0.6	0.8	1.3	0.7
	振幅	9.0	9.7	4.7	7.1	8.9	7.9
2-A (7/26)	速度	1.5	2.2	1.3	1.3	2.2	0.8
	振幅	9.0	14.2	11.3	11.3	15.6	8.9
2-B (7/28)	速度	0.9	1.3	1.2	0.8	1.6	0.6
	振幅	7.2	11.4	4.8	6.9	12.7	5.6



振幅 最大で15.6  $\mu\text{m}$   
速度 最大で2.2mm/s  
固有振動数 :125Hz  
で良好。

23

## まとめ

- 1) 不具合が頻発した軸受周り構造は実績ありも、肝心のフレームは、  
本案件向けの一品設計であった。(オリジナルは鋳造品)
- 2) 劣化により基礎が歪んでいた箇所もあり、正確な評価ができない所もあった。
- 3) 防音カバーが付いていたので、納入当初にきちんとした評価ができていなかった。
- 4) 防音カバー取り外し工事の際、騒音レベルのみの確認で、その他機械的特性の  
確認まで行われていなかった。

小手先の対策ではうまく行かず、再製作にて解決に至った。

24