

振動相談5：往復動圧縮機に直結された熱交換器チューブ摩擦

【現状説明】

- 往復動圧縮機のシリンダに直結された熱交換器において、チューブ摩擦が頻発している。
- チューブ摩擦はバッフル部でのみ発生しており、チューブバッフルの接触摩擦である。
- 寿命が短い機器では、5年で全体の5割程度でチューブ摩擦が発生している。
圧縮設備は3段圧縮であり、1/2段クーラーはシリンダ直結であるが、3段クーラーは基礎に据付け。
- 1/2段クーラーのチューブ摩擦の程度は3段クーラーと比べ非常に大きくなっている。
- 流体励起振動を疑いHTRIにて振動解析を実施したが、問題ない結果となった。
- 圧縮機と熱交換器の振動測定を実施したところ、熱交換器本体（1/2段）は**圧縮機の回転周波数の倍数成分で振動している。**
→チューブ摩擦は、**圧縮機の振動で熱交換器が加振、チューブ摩擦が発生している**と考えられる。

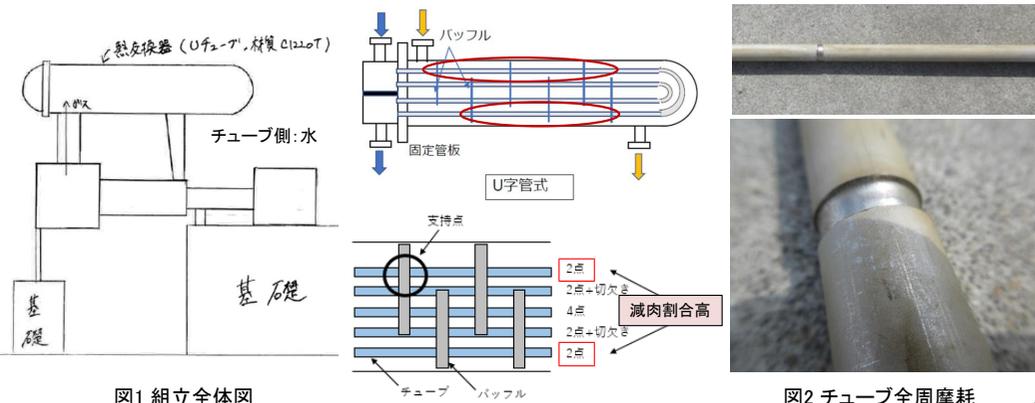
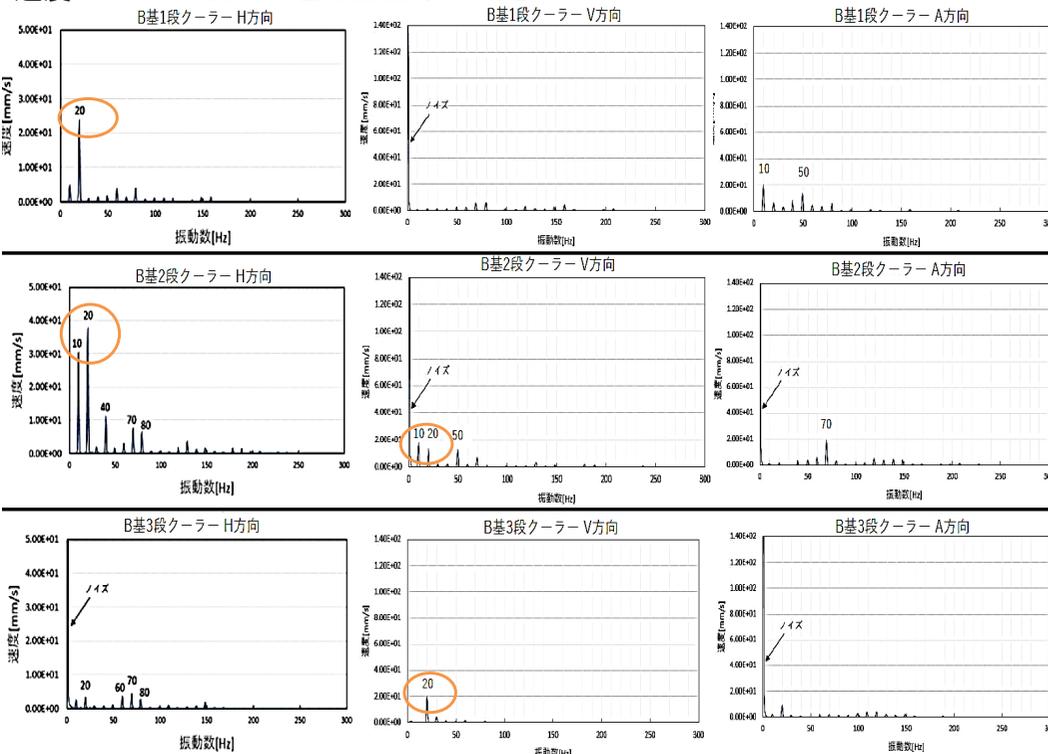


図1 組立全体図

図2 チューブ全周磨耗

1

速度FFT 伝熱管の固有振動数は95Hzほど



振動測定値

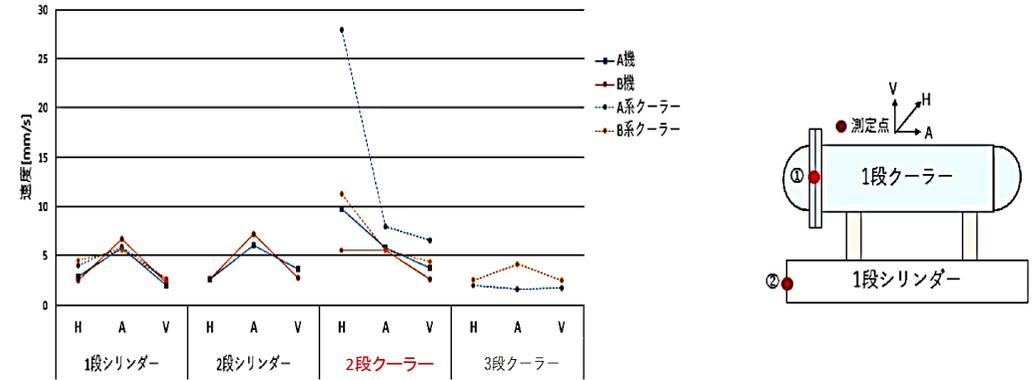
伝熱管の固有振動数は95Hzほど

・クーラー振動数（測定場所は下図） 単位：mm/s

方向	A基			B基		
	1段	2段	3段	1段	2段	3段
H	4.0	27.9	2.0	4.6	11.3	2.5
V	2.7	6.6	1.8	2.6	4.4	2.5
A	5.9	8.0	1.6	5.6	5.5	4.2

・圧縮機振動数（測定場所は下図） 単位：mm/s

方向	A基			B基		
	1段	2段	3段	1段	2段	3段
H	2.9	2.7	9.8	2.5	2.7	5.6
A	5.8	6.1	5.9	6.7	7.2	5.6
V	2.0	3.7	3.8	2.3	2.7	2.6



2

相談5-①

熱交換器本体に外部振動が加わる場合、チューブはどのような応答（振動）するかを評価する手法があれば教えてください。

回答5-①

チューブ内部に加速度計を取付けて、振動測定する方法がある。
解析的には、伝熱管のバッフル板と接触条件をどう模擬するかが課題である。

相談5-②

本ケースは設置面（圧縮機）からの加振であるので、基礎加振による強制振動の応答曲線を用いて解析を実施しています。共振曲線を基に、熱交換器本体の振動数： f とチューブ固有振動数： f_n の比で、相対変位を求める方法は適切でしょうか。（例えば、熱交換器本体の振動が50Hz、変位100 μ mで、チューブ固有振動数との比から読み取れる応答倍率が3の場合には、チューブ振動は300 μ mというような考え方）

回答5-②

チューブの応答は、 $1/(1-(f/f_n)^2)$ で求められる。ただし、バッフル板が本体と固定されている場合のみ。

交換のためにバッフル板には隙間があり、左右に衝突すると往復動の圧縮機の周波数の2倍の加振が入力される。

4

相談5-③

HTRIにて流体励起振動の解析を実施しましたが、圧縮機の脈動が考慮できていません。脈動が流体励起振動の発生に影響してきますでしょうか。また、脈動の影響はどのように評価すればよいでしょうか。

回答5-③

流体励起振動解析で問題ない範囲であれば、圧縮機の10Hz脈動はあまり影響しないと考えられます。脈動の影響はガスの流速変動をとって評価しますが、カルマン渦の評価が難しい。

相談5-④

圧縮機に直結されている熱交換器のチューブ摩耗の解析事例(改善事例)があれば教えてください。

※設置場所はクーラーを別置きするスペースが確保できないため、熱交換器の構造変更で対策したい。

回答5-④

- ・蒸気発生器の場合のチューブのバッフル板への拡管施工による摩耗防止例がある。
- ・熱交換器に外部サポートを取付けて、固有振動数を**25Hz以上**とする。
- ・この熱交換器の場合には、20Hz の外部入力による応答を低減するために、**動吸振器**を設置するのが望ましいと考えます。