

【整番】FE-19-TC-006	【標題】流体振動によるガスケットの破損事例		
分類：流れ(流体振動)／種別：トラブル事例	作成年月：H19. 10／改訂：Ver0.0 (H18.10)	作成者：N.Miyamoto	

全4枚

一般に流体振動は、高サイクル疲労の発生源と見なされ、流路を構成する機器/配管の応力集中部にダメージを与えるという印象が強いが、同じようにフランジ継手のシールにもダメージを与えることがある。ここではその事例として、次の2つのガスケット損傷・リークトラブルを紹介してみたい。

- ・ボイラ給水ポンプミニフローラインの継手ガスケット損傷
- ・油分離槽排水配管の継手ガスケット損傷

1. ボイラ給水ポンプミニフローラインの継手ガスケット損傷

1.1 トラブルの状況

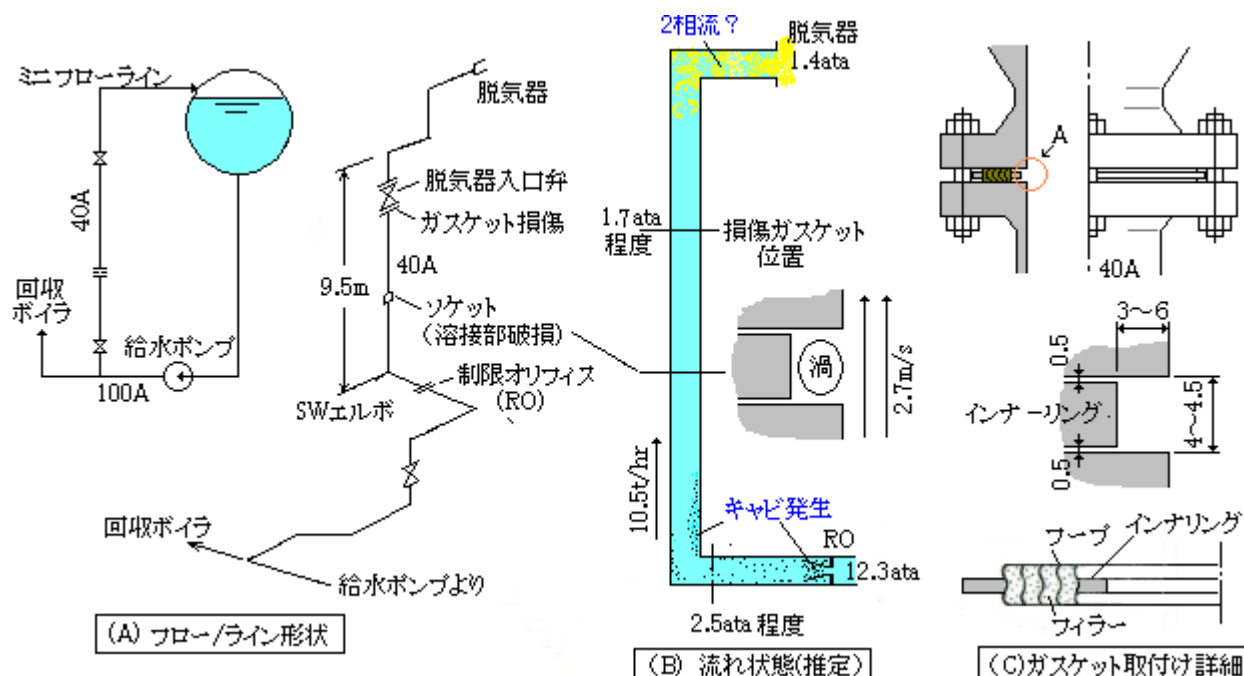
(1) 下図の(A)に示すような、回収ボイラ設備の給水ポンプ出口から分岐してデアレータに還流する 40A ミニ

フローラインの中途に設けた弁の入口側フランジで前後2回のリークが起きた。いずれもガスケット損傷を伴うもので、

- 1回目：内輪なし渦巻きガスケット(アスベストフィラ)内側フープ&フィラー3巻きが
流失してリーク発生
- 2回目：内輪付き渦巻きガスケット(アスベストフィラ)インナリング離脱/フィラー喪失
/フープ破断/リーク発生 (1回目の2ヶ月後)

初回のリークについては「ガスケットに内輪がついておらず、ガスケットの剛性が不足したこと」及び「ガスケットの内径がフランジボアよりも大きいのでそこに空洞ができて渦/波動による振動(キャビティ振動)が発生したこと」が原因ではないかと推定された。そこで対策としてインナーリング付き渦巻きガスケットに交換した。然るにこのガスケットもまた僅か2ヶ月余りで、初回と同様に破損した。

[ガスケットメーカーのコメントは“インナーリング無しのガスケットでは2～3の破損例があるが、インナーリング付きの破損については殆ど聞いたことがない“ということであった。]



- (2) 2回目のトラブルでは、破損ガasketを持ち帰り、詳しく調査した。その結果、
- ・インナーリング表面にエロージョンと腐食の跡がある、
 - ・フィルターの流出とともにフープにストライエーションの跡があり疲労破壊している
- ことがわかった。
- (3) このラインではガasket損傷の数ヶ月前に、入口弁の手前にあるソケットの溶接部が破損している。原因は濃縮されたアルカリ(カリウム)による腐食によるものと思われるが、何故濃縮が起きたかは不明。また、運転状態においてこのラインには立上がり部分の下部(制限オリフィス近傍?)でガラガラ音がある。また立上がり部分に、常時 10~20Hz/15~30 μ m の微小振動がある。

1.2 原因とメカニズム

- (1) ガasketの損傷は一時的に大きな力が加わって起きたものではないと思われる。流体側の振動が伝わってフィルター(アスベスト繊維を固めたもの)をもみほぐし、フープ(ステンレス薄板成形品)を疲労させたと考えられる。流体側に如何なる振動があったか?
- (2) 図(B)に内部の流れ状態を推定する。注目されるのは[制限オリフィス(RO)後流のキャビテーション]と[脱気器手前の2相流化]である。
- 前者について。制限オリフィスでは 10at 程度減圧されて、キャビ係数 σ は 1.8 程度となり限界 2.0 を下廻っているのでキャビ状態にある。またすぐ後にソケット溶接エルボ(直角エルボ)があるが、R.O 後のキャビ泡が残っていてターンした直後に再びキャビを発生するのではないかと。ガラガラ(?)音は一連のキャビ泡の拡がりを暗示しているような気がする。
- 後者について。ボイラ給水の温度は 110°C ぐらいで飽和蒸気圧は 1.5ata、脱気器の運転圧はこれより若干低めで脱気器に入った直後フラッシュする筈であるが、実際は脱気器の手前の配管途中で2相流になっているように思える。ただ、どの辺から然りなのかは判らない。

ミニフローラインの流量はわからない。図(B)はこのラインの流量を推定 10.5t/hr とした時のものであるが、運転の推移では流量がやや増える可能性がある。この場合、流速がアップするのでキャビの

度合や 2 相流化の範囲はアップする可能性がある。これらのキャビや 2 相流はライン全域の静圧変動に繋がる可能性が高い。 $10\sim 20\text{Hz}/15\sim 30\mu\text{m}$ の微小振動はこの静圧変動を暗示しているような気がする。計測された振動は梁曲げ振動であるが、ラインの垂直立ち上がり部分は小まめに U ボルトで支持されているため見かけの上で微少振動に収まっているが、サポートが少なればかなりの配管振動になるのではないと思われる。

(3) もう一つの可能性は、フランジ接合部の**窪みに起こる渦によるキャビテーション振動**である。一回目はインナーリングが無く深い窪みがあったので、インナーリングを挿入したが、それでも図(c)に示すように浅い窪み残り、そこに渦ができて渦内部の圧力が低下しキャビが発生したと考えられる。ガスケットの位置の静圧は 1.7ata ないしこれ以下になっており飽和蒸気圧に漸近しているので、かなりきついキャビではなかったかと思われる。渦の振動数は推定 200Hz 程度であり、振動形態が違うので計測では現れてこないと思うが、インナーリング表面にみられるエロージョンの跡はこのローカルなキャビテーションを暗示していると思う。

(4) 以上の議論をまとめると次のようである。

ライン全域 → キャビテーション振動&/or2 相流振動

継手近傍 → 渦振動&キャビテーション・エロージョン

これらはいずれも**反復的な静圧変動/衝撃**の形でガスケットを直接変形させるか、インナーリングを管軸直交方向に揺さぶってガスケットを間接的に変形させたと考えられる。

ただ、**何故 2 系列のうち 1 系列だけが、また運転スタートから 1 年有余り間をおいて破損したか?** という問題が残っている。

その原因としてまず考えられるのは給水温度/ミニフロー流量の違いもしくは変化である。流量が増えてくると、流速がアップしラインの圧力降下が増してキャビ量が増加し、2 相流域が下方に伸びてくる。また局部キャビが著しくなる。

もう一つはフランジ継手の変形である。2 回目のリーク後、ガスケットをチェックすると全体としてクサビ状に永久変形しており片締めになっていた。片締めがフープの疲労に結びつくとは限らないが何らかの影響を与えた可能性は否定できない。

1.3 是正措置

何はともあれ、振動あるいは衝撃振動がガスケット損傷の引き金になっていることは確かである。改善策としては、

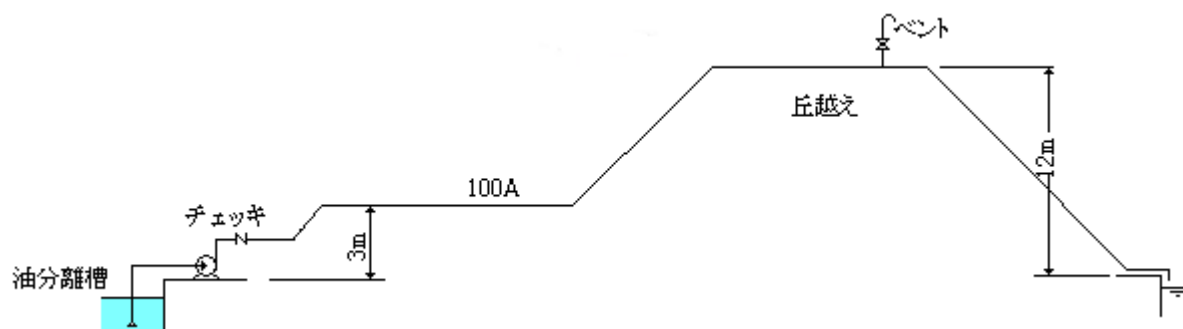
- (1) ガスケット内径をフランジボア(内径)にぴったり合わせて、窪みを作らない、
- (2) フランジ継手を使用せず、突合せ溶接継手とする(ソケット溶接は隙間をつくるので不可)、
- (3) 制限オリフィスは多段オリフィスとしデアレータ直前にもってくる(キャビ排除)、
- (4) キャビを起こしやすい直角/ショートエルボはやめ、ロングエルボや冷間曲げを採る

ことなどが考えられる。ここでは、応急策としてフランジボアに合わせた $t1.5\text{mm}$ アスベストシート製のガスケットを用い、定修時に(2)~(4)による改造を行った。その後の損傷は聞いていない。

2. 油分離槽排水配管の継手ガスケット損傷

2.1 トラブルの状況

下図のような油分離槽からの 100A 排水ラインで、ラインの前流にあるフランジ継手部分からリークがおきた。継手を開いてガスケット(ノンアスベスト系 PTFE 被覆ガスケット)を調べると、内側のフェルト状繊維が揉みほぐされ外に抜け出てシール機能がなくなっていた。



2.2 原因とメカニズム

(1) このラインは、油分離槽から排水処理までのポンプ流送ラインで、設備が離れているのでかなり複雑な長い管路になっている(図では簡略化)。丘越え部分にはベントが付いているが、不確かながらその元弁は閉じられていた。運転はバッチ運転で、ポンプの急停が頻繁に行われていたようである。吐出弁の操作無しにポンプを急停するとポンプトリップと同じように水撃が発生し、逆流→チェック閉止→圧力変動がおきる。またベントが閉じていると丘越え部分では運転時に相当な負圧になっているから、動力喪失とともに水柱分離が起きた後、ライン端から押し込まれて再結合し激しい圧力変動を起こす可能性がある。事実、ポンプ急停テストでは停止後 20sec 後に、逆止弁閉止によると思われる衝撃音と配管振動が観察されている。

(2) 一般には水撃は衝撃荷重として認識されているが、実際は振動現象であり、場合によってなかなか減衰せず数十秒継続する(共鳴の類いか?)ことがある。従って水撃の発生頻度が高いときは疲労が懸念される。おそらく本ケースの場合、度重なる水撃→過渡振動によって、結束度の弱いノンアス系繊維が解離して一部脱落してシール機能が失われリークが起きたと考えられる。

(3) 別系に運転操作の同じで類似の管路形状をもった 150A 排水ラインがあるが、そこではガスケットとして圧縮アスベストシートが使われており、リークは起きていない。100A 排水ラインももともとアスベストシートが使われておりリークトラブルはなかった。従って本トラブルは、アスベストの耐振性(?)を十分に認識することなく、振動に対して実績のないガスケットに変更したために起きたということになる。

[PTFE 包みガスケットは軟質の繊維材などをテフロンシートで包みこんだもの。繊維自身の結束性は重視されない筈であるから、頻繁に水撃が起きる配管や振動が常在する配管には、もともと向かないような気がする。]

2.3 是正措置

結局、ガスケットは元のアスベストシートに戻された。なお、振動源対策として

ポンプトリップ/急停の回避、緩閉止逆止弁採用、ベント改造ないし空気弁の設置

などが考えられ提案したが実施の有無は聞いていない。

完