

【整番】 FE-04-TC-001	【標題】 ゴムライニング管の水漏れ
分類：流れ(固液混相)／種別：トラブル事例	作成年月：H5.11／改訂：Ver0.0 (H18.12)
	作成者：N.Miyamoto

全4枚

1. あらまし

造水プラントの海水供給ラインのゴムライニング管で水漏れがあった。ゴムライニングの製品不良によるトラブルは数多く報告されているので、まず、ゴムライニングの製品欠陥が疑われた。しかし、ポンプ廻りやバタフライ弁廻りでは、流れによってゴムライニングが破孔する例が見られことから、破損事例を調べ、海水の状況や破損部分の流況を考察して対処した。以下、その内容を記す。

2. 状 況

水漏れはφ2100 海水ヘッダー出口のφ2100 バタ弁出口フランジ直後の管上部で起きた(図1参照)。管の破孔は2箇所、近接して10mm 間隔に8~10mm の孔が明いていた。応急措置として木製クサビを打込み、ベルブナで固着した。ヘッダーは共通ヘッダーになっておりシャットダウンできず、応急措置のまま運転続行。そのため、内部ライニングの損傷状態は確認できず。

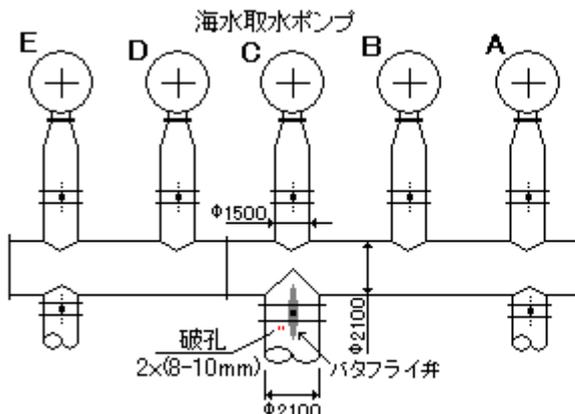


図1 海水ヘッダー平面

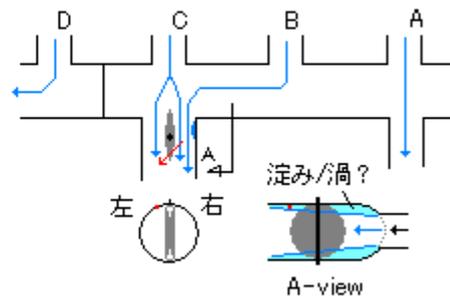


図2 ヘッダー内の流況

3. 原因とメカニズム

パイプは11mm厚さの炭素鋼で、ゴムライニングは3mm厚さのネオプレンゴムが内張りされている。何らかの理由でライニングに孔が明くと、素地の炭素鋼は海水腐食(ピッチング)によってたちまち減肉して内圧で破れる。ゴムライニングには製品不良例えばピンホール/接着不良/ブリスタによる破損トラブルも多いが、内部の流れに起因する損傷も少なからず存在する。本ケースでは、海水取水ポンプの吸込み口が常時白濁しておりかなりの砂粒が吸い込まれていたようで、いわゆるサンドエロージョンの可能性が高い。この部分の流れは図2のようである。この流れ構造では、

- ① 全開のバタ弁リーフ左右で流速差があり**偏流傾向**になる。
- ② 破損部の出口管上部に**淀みやすい**部分があり渦などでやすい。

①について、バタ弁が余りにヘッダーに近く、しかも弁体がヘッダーの中に突き出ている。そのためポンプCからの流れの半分がそのままポンプBからの流れと合流して弁体の右側を、そしてポンプCの流れの残り半分が弁体の左側を通って流れるのではないかと。実際はポンプCの流れが完全に双分化して流れることはないので緩和するだろうが、偏流傾向は避けられないように思える。この場合、破損部寄りの弁体の上部隙間を通して、右から左への2次流れが起きる可能性がある。

②について。この淀み傾向は、ポンプ吐出管とヘッダ/主管の径の差(上下 30cm)があり、中央に流れが偏るためである。淀み傾向になると主流との境界から剥離渦がでる。

①と②が連合してどういう流況が生まれるかは CFD に抛らざるを得ないが、もし、局部的に渦ができるなら、流れに巻き込まれた細い砂粒によって内面の磨耗が起きる可能性がある。あるいは②が①を助長する形で強い 2 次流れ(横流れ)がでるなら、衝突によって内面の磨耗が起きる可能性がある。(ライニングの磨耗状況が見えれば、この辺はクリアできるが、破損後も運転中で内面が見えない!)

おそらく海水供給ラインには全てサンドエロージョンの可能性はあるが、この部分に限って破孔がでるのはこの部分の流れ構造の特異性(渦/横流れの可能性)によるのではないかと思われる。ただ破孔まで 2 年以上も運転されているので予想される渦/横流れはそれ程強いものではなく、また砂粒の混入も確率的でなかったかと思われる。

(参考にゴムライニング管の流況に依る破損例を末尾に示す。)

4. 是正措置

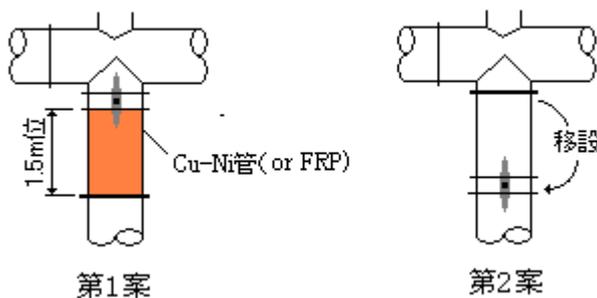
実際のところ、砂粒の流入は運転初期の取水設備の不調による所が大きいと思われるので、このトラブルは“交通事故”的なのかも知れない。しかし、以上のように本トラブルの原因が多分に、特異な流れ構造にあると思われるので、その是正を提案した。

第 1 案：バタフライ弁の 2 次側のライニング管をやめ厚肉の耐食材にかえるもの

第 2 案：ヘッダーからバタ弁を隔離し、合流部で流れが均一になるようにするもの。

第 3 案：ネオプレンゴムをより硬度の低い軟質ゴムに換えるもの。

どの案が採られたかは定かでない(第 3 案か?)が、対策後のトラブルは聞いていない。



(参考として、大機ゴムからもらった各種材料の磨耗度に関する試験データを表 1 に示す。軟質ゴムは硬質ゴムにくらべサンドエロージョンに強いが、キャビテーションエロージョンには弱い。)

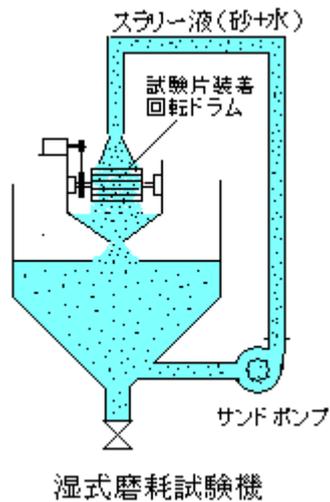
表1 磨耗度(磨耗指数)の比較

サンドエロージョンデータ

	材 種	硬さ	湿式磨耗指数
軟質ゴム	スチレン/ブタジェン(SBR)	61	100
	天然ゴム(B) (NR)	40	100
	クロロプレン (CR)	53	127
	エチレンプロピレン (EPR)	59	129
	天然ゴム(A) (NR)	63	132
	ウレタン(ウレパン)	59	158
	ブチル (IIR)	56	166
	ブタジェン (BR)	56	193
	ハイパロン (CSR)	53	220
	ウレタン (デスモフェン)	D63	427
	ポリエチレン(高圧法)	D56	607
	NBR	61	680
軟 鋼	SS	-	973
塩化ビニール	B(軟質)	69	1337
	A(半硬質)	67	2415
硬質ゴム	NBR	76	2661
	NR	85	2638

(注) 硬さ：JIS A型硬度計(但し D 表示はショア D型硬度計)

磨耗指数：天然ゴム(B)を 100 として比較。



ゴムライニング管の損傷例：（大機ゴム資料）

① 某社排煙吸収塔廻り配管の硬質ゴムライニング破損

状況：コンセントレータ下のポンプ吐出弁のフランジ角部の局部エロージョン→缶体金物腐食
（ライニング材の劣化はなし。併置されたポンプ吐出弁には全然異常なし）

原因：弁が全閉時に少し空いていたため、粉体を含むスラリー液が漏れて局部的に高速でフランジ角に衝突してゴムが磨滅したものと思われる。磨滅したゴム面には光沢がありツルツルになっており、明らかに固体粒子の衝突によるエロージョン。

② ICM-3 プロジェクト 燐酸濃縮循環ポンプ出口の硬質ゴムライニング破損

状況：ポンプ出口フランジ近傍のゴムジョイント下流にカタツムリ状の局部磨耗が起き、その中心が錐状に延びて缶体に孔を明けた。

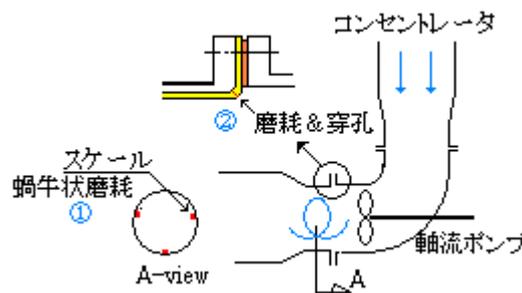
原因：コンセントレータから落下する液の中にスケール類があり、これがポンプの遠心力などでポンプ出口側の管の壁にスパイラル状に付着し、その後に渦ができてスケールによって磨耗したと思われる。

対策：硬質ゴムをブチルゴムに張替え。

③ 上記に類似した循環ポンプ出口の硬質ゴムライニング破損

状況：ポンプ出口の相フランジの角部にエロージョンによってピンホール孔が明き缶体金物腐食
（①に類似するか？）

原因：ポンプ出口～接続管の間に 10mm 段差があり、フランジ角にスケールが諸に衝突したため。



①と③は、典型的な固体粒子衝突エロージョンと思われる。②は渦によって固体粒子が旋回して表面をえぐったエロージョンと思われる。