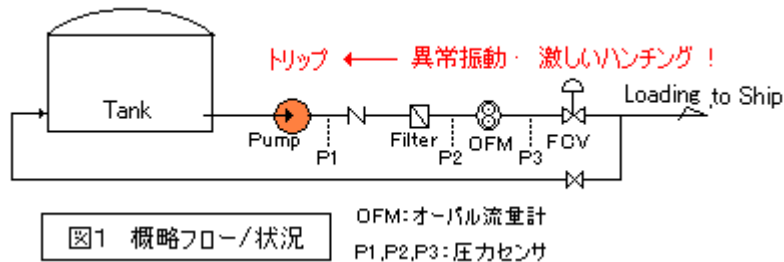


【整番】FE-19-TC-005	【標題】石油系出荷配管の異常振動現象
分類：流体振動／種別：トラブル事例	作成年月：H18.6／改訂：Ver0.0（H18.6）
	作成者：N. Miyamoto

全 4 枚

＜このトラブル事例は千代田技報に発表されたものを要約して補足を加えたもの＞



1. あらまし

ライトナフサの出荷ラインで突然、激しい異常振動が起きポンプが異常停止することがあった。出荷ラインはひんぱんに運転が繰り返されるが、この振動の発生は不定愁訴的で、1年間発生しないこともあるが、かなりの頻度で発生することもあった。千代田化工殿はこの原因を追究し、それがオーバル形流量計と流量調節弁に起因とする異常な振動であることを明らかにした。以下、その概要を紹介する。

2. 状 況

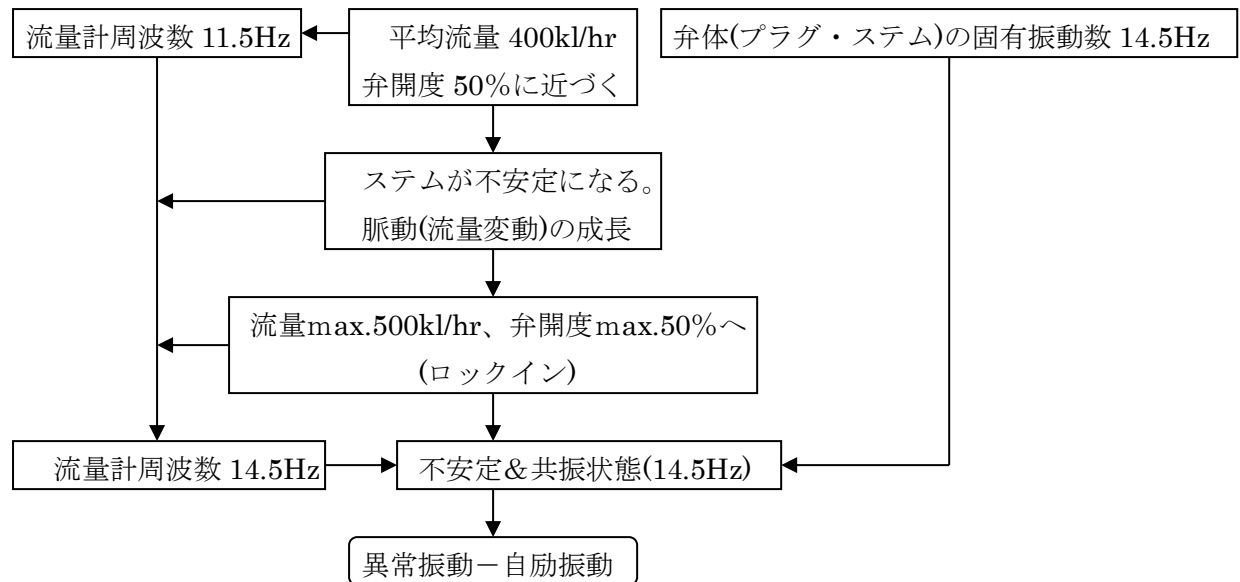
図1に概略フローとトラブルの状況を示す。現象の発生頻度は少なく発生してもほんの数分で、詳細がつかめないで、図のように圧力センサや加速度計を取り付けてテストを行った。その結果、次のことがわかった。

- 流量が 400kl/hr に達すると流量計(OFM)と流量調節弁(FCV)がハンチングをおこし始める。1分を経過したあと、異常な振動と共に調節弁システムのストロークが激しく上下に動き、ポンプがトリップする。図.3-1を参照のこと。
- 異常振動の前は管内の圧力脈動は殆ど観察されないが、異常振動が起きると圧力脈動が急激に大きくなり流量計の下流の P-3 で Max.22.4 kg/cm²(peak-peak)、即ち平均絶対圧力の 240%の激しい脈動が生じる。図 3-2 参照のこと。
- 異常振動時の周波数は 14.5Hz で卓越している。

3. 原因とメカニズム

原因に結びつくものとして次のような事実が挙げられる。

- 本流量調節弁はダブルポート形で、あるストローク位置で不安定になる(*1)。図 4-1 にこれを示す。略 50%、75%の開度に不安定点がある。
 - オーバル流量計は流体力によって回転し 4x 回転数の周波数を持つ脈動源である。図.4-2 にこれを示す。周波数は流量にほぼ比例する。
 - 運転中、管内には常にオーバル形流量計によって生じる脈動成分がみられるが、異常振動の発生時以外これは十分に小さい。
 - 異常振動は 400kl/hr 保持 1 分後に発生し、そのときの卓越周波数は 14.5Hz でこれは 500kl/hr のときにオーバル形流量計に生じる周波数である。
 - また異常振動発生時の流量調節弁ストロークの上下振動も 14.5Hz 程度である。
 - この振動が起こるときの弁開度は 50%ぐらいで丁度、弁の特性上の不安定点にくる。
- これらの事実より次のようなメカニズムが推定される。



即ち、ラインの平均流量が 400kl/hr になると、弁開度が 50%に近づいて弁ステムの不安定点に近づき流量計で発生した脈動が増長される。このため弁ステムの変動が助長されて更に脈動が増長するというパターンが繰り返されるようになる。やがて流量max.500kl/hr、弁開度max.50%になると、流量計の脈動周波数が弁体（プラグ・ステム）の推定固有振動数 14.5Hz に達すると共に弁ステムが完全に不安定点に達して、**不安定&共振状態**に至ったと推定される。このプロセスはほんの数サイクルで終了する筈であるから、ハンチング開始後 1 分で激しい上下動に至ったという事実に符合している。

なお、推定メカニズムのポイントは、加振側の脈動周波数が弁体の固有振動数に漸近することである。弁体の固有振動数は実際のところ未確認である。測定は難しい。しかし漸近しなければこの異常振動は殆ど説明がつかない。弁体の不安定現象では弁体はその固有振動で揺れるとみていいので、仮に弁体の固有振動数が 20Hz であれば、弁の不安定点(域)では 20Hz でゆれる。この揺れが致命的なものでないことは云うまでもない（もし有害であれば調節弁なぞ使えない）。20Hz は、50%開度のときの加振側の脈動周波数 14.5Hz とは十分に離れているので共振は起きない。詰まるところ、この振動現象は

弁の不安定を媒介にして、流量計の脈動周波数と弁体の固有振動数が一致して生じた共振現象であり、流量計の脈動が弁の固有の挙動に引き込まれる現象(ロックイン)を伴った自励振動である。

4. 是正措置

調節弁の不安定点は変えようがないのでオーバル形流量計(下図)を無脈動形流量計に変更した。その結果、異常振動は解消された模様。



図5-1 Spiral Rotor of
Non-Pulsation Type Flowmeter
(オーバル社カタログより)

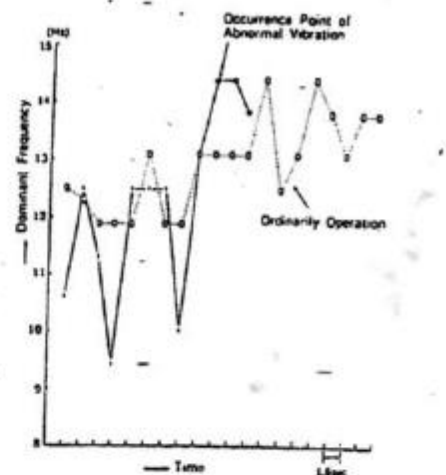
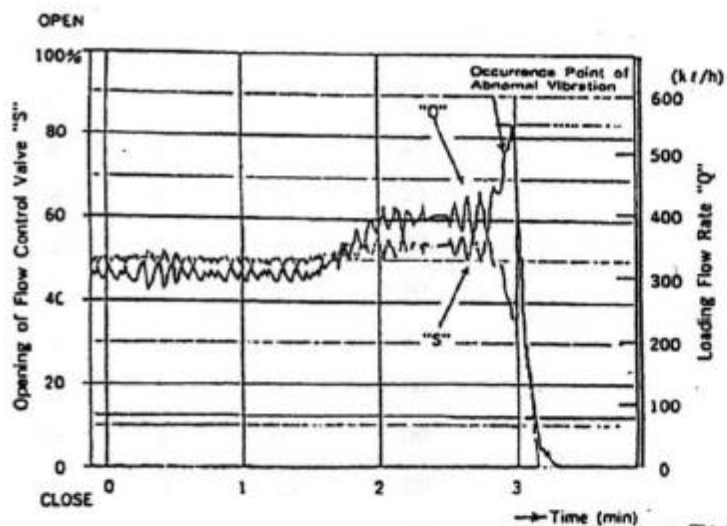
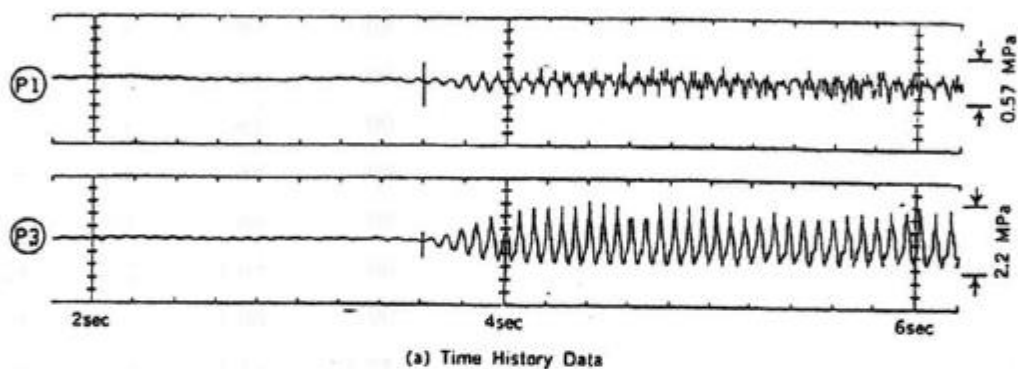
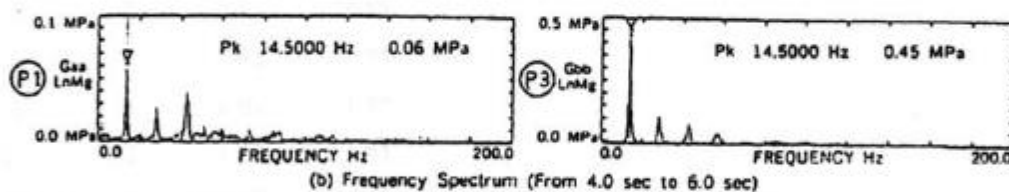


図4-3 Dominant Frequency of Pressure Pulsations at "G"

図 3-1 Operating Record



(a) Time History Data



(b) Frequency Spectrum (From 4.0 sec to 6.0 sec)

図 3-2 Pressure time history

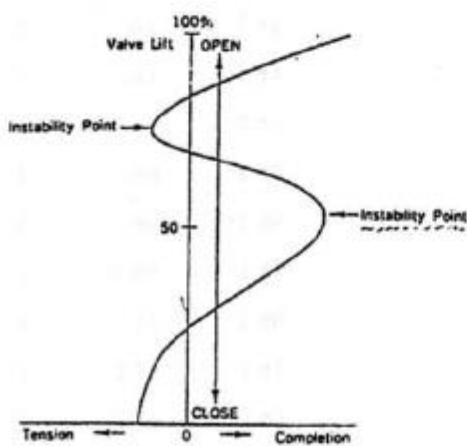


図4-1 Characteristic of Unbalance Force on Double Port Type Control Valve

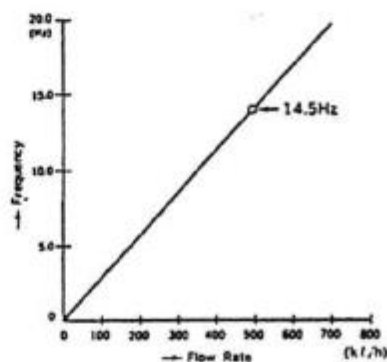


図4-2 Frequency of Pulsation generated by Flow Meter

(※1) 弁体(プラグ+ステム)には圧力や流体力が作用しているがそれらは必ずしも均衡しておらず、

弁体の動きを不安定にする。下図は文献(2)から抜粋したものであるが、A,C 点で B,D 点への乗り移りが起こることがある。

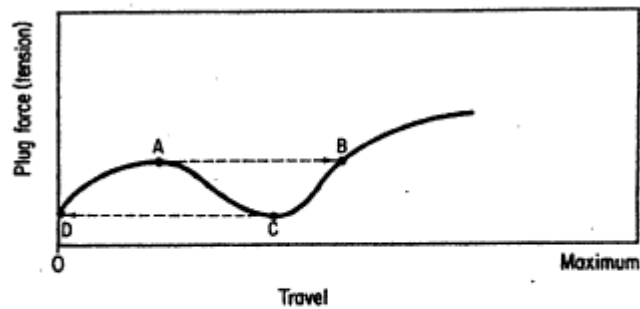


Figure 6. Even in a balanced valve design bi-stable plug action can occur over a limited range. If the valve is opening, a change in actuator force gradually moves the valve to a point A; from there the valve jumps onto B. If the valve is closing, the plug moves smoothly to point C, but then slips to D.

弁の不安定問題については、今後 TS を発行してゆく積りである。

引用文献

- (1) 鈴木、松田「石油出荷配管系の異常振動現象」千代田技報
- (2) C.B.Schuder (Fisher Control Co.) "Understanding Fluid Forces in Control Valves"
(Instrumentation Technology May 1971)