TD-1469R2
2016 年 11 月 1 日
株式会社岡崎製作所
東京技術部　風岡

らせん棒付き保護管の効果に関する技術的背景

１．　はじめに

温度計保護管を各種プラントで用いる場合、最近は保護管後流に発生するカルマン渦等による共振を評価する「強度計算」を実施することが増えてきている。その結果、運転条件によっては保護管の寸法や取付方法を変更する必要が生じるが、流速が早すぎる場合に、保護管寸法の変更や取付方法の変更では条件を満たさないケースがある。

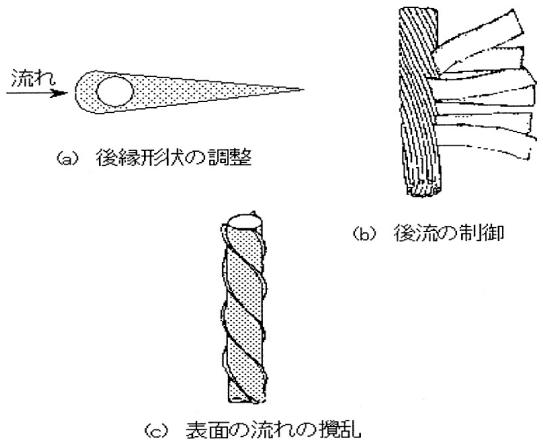
以前は、カラー付き保護管で対応することもあったが、カラー付きの場合は実固有振動数が不明確であり、さらに相手側ノズルの内径が設計通りで無い場合、現場で取り付けられないケースもあった。さらに、最近発行された ASME PTC 19.3 TW-2010 において、カラー付きは推奨しないと明言されたため、現在はほとんど採用されていない。

当社は、以前より顧客の提案によりらせん棒付き保護管を製作してきたが、その効果に関し技術的裏付けを求められるようになったため、各種文献類の調査や、実流体での試験の実施を含め、理論的な解析等を積極的に行ってきた。以下に、らせん棒保護管を採用した経緯から、当社の行った実流体による実験の結果及び理論解析を報告する。

２．　採用の経緯

らせん棒による対策は某顧客の社内規格に紹介されていることから採用がスタートした。その後、JSME S012 指針に、カルマン渦防止手法として紹介され、さらに、下記の論文に掲載の実験結果と BS 規格に示された煙突への適用寸法・形状を元に、当社ではらせん棒を設計し、採用することとした。その後、「空気中（煙突用）のみでなく、液体中でらせん棒が有効である確証データは？」との問い合わせに応え、我が社は、らせん棒付き保護管に対し、液体を用いた流力実験を行った。

（１） JSME S012-1998「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針」の B84 頁



図B6-1 カルマン渦防止手法

図−１　ルマン渦カルマン渦防止手法

（２） 煙突に採用された渦励振抑制用螺旋板

「自立型煙突に用いる渦励振抑制用螺旋板の効果に関する実験的研究」日本建築学会構造系論文報告集　第 354 号　1985 年 8 月、島田忠幸（IHI）、原公（IHI）、石崎 潑雄（京都大学）本論文の実験結果に示すように、螺旋板を取り付けることで、カルマン渦による共振を抑制していることが判る。最近の煙突には、渦励振防止用にほとんど螺旋板が取り付けられており、多くの実績が有る。

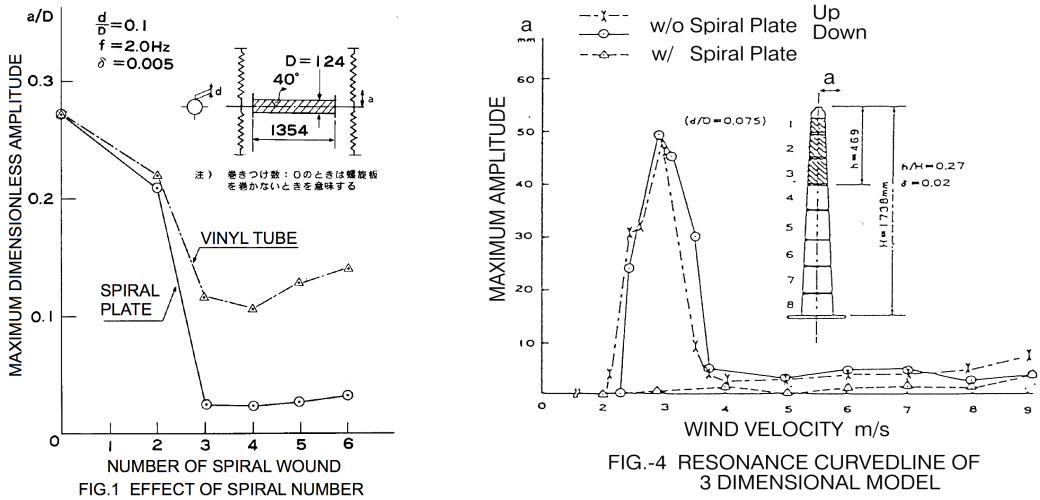


FIG.1 EFFECT OF SPIRAL NUMBER

FIG.-4 RESONANCE CURVEDLINE OF 3 DIMENSIONAL MODEL

図−２　論文内容の抜粋

（３）BS 4076: 1989　Specification for Steel chimneys

BS 規格に制定された、煙突に設けられる螺旋板の形状や寸法の規定。内容は（１）の論文とほぼ同一である。（JSME S012 にも紹介されている）

Height of side plate	: 0.1 - 0.12D (D: Cylindrical diameter)
Number of side plates	: 3 spirals
Pitch of parallel winding side plate	: The 5D (it winds, suitable to the angular 58°)
Installation range of the side plate	: In range of top 1/3 of cylindrical condition structure installation
Drag coefficient	: Cd=1.2

３．　実験的検証

当社における実験結果を以下に示す。国内外どちらの実験においても、対称渦は *fs/fn*=0.4 近傍で観察されたが、らせん棒付き保護管ではその影響は認められなかった。

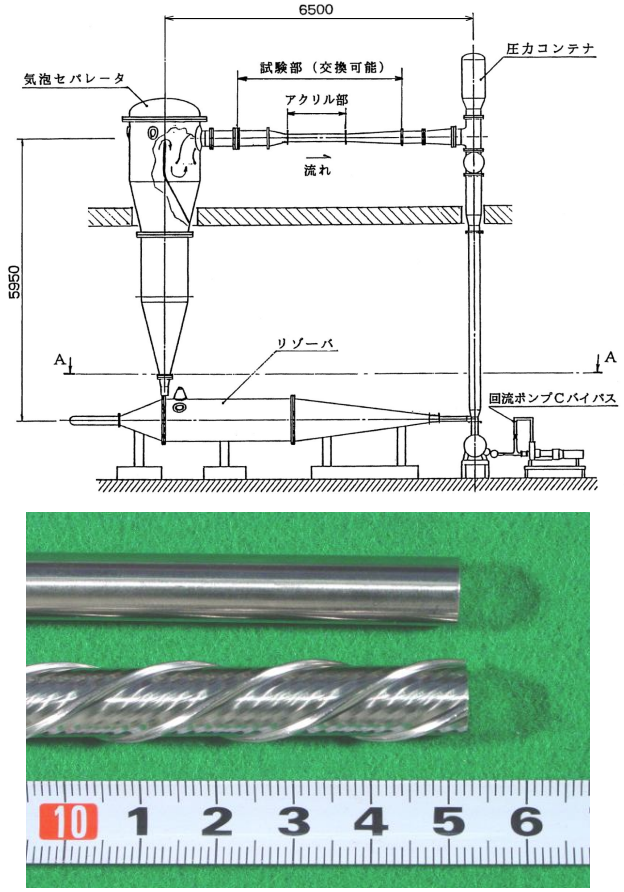
（１） 玉川大学における水流実験

2006 年 8 月、玉川大学の流力振動実験設備を借用し、実際に水を流した条件で、らせん棒の効果を確認した。ビデオを用いた撮影や保護管上部での変位を計測した結果、水中においても、らせん棒の効果が充分に発揮されることが確認出来た。この実験結果は「配管技術」誌 2007 年 8 月号に掲載された。

カルマン渦に関しては、国内でのみ再現実験を実施し、らせん棒の無い保護管は割と短時間で保護管が破断することが確認出来た。カルマン渦共振時は、根元に過大な応力が加わるため、根元にクラックが発生すると固有振動数が変化し共振は止まる。

らせん棒付き保護管は、無いものと比べるとカルマン渦によってもほとんど共振し

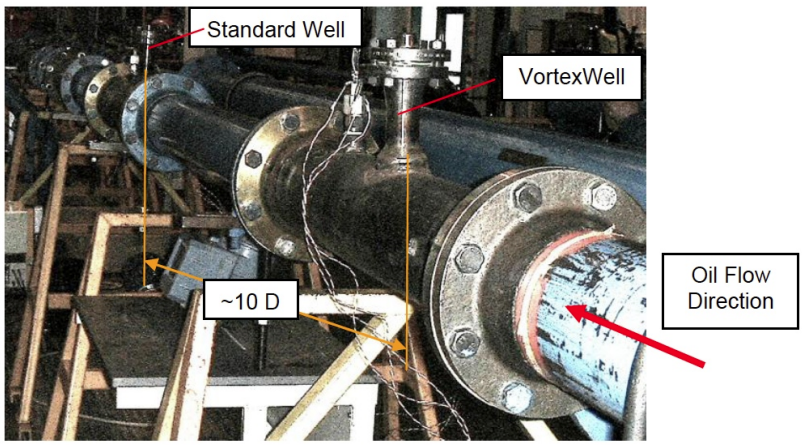
ないが、共振点において僅かに振れることが確認された。そのため、高密度流体の場合はらせん棒を付けても振動比 *fs/fn*＜0.8 での使用を推奨とした。



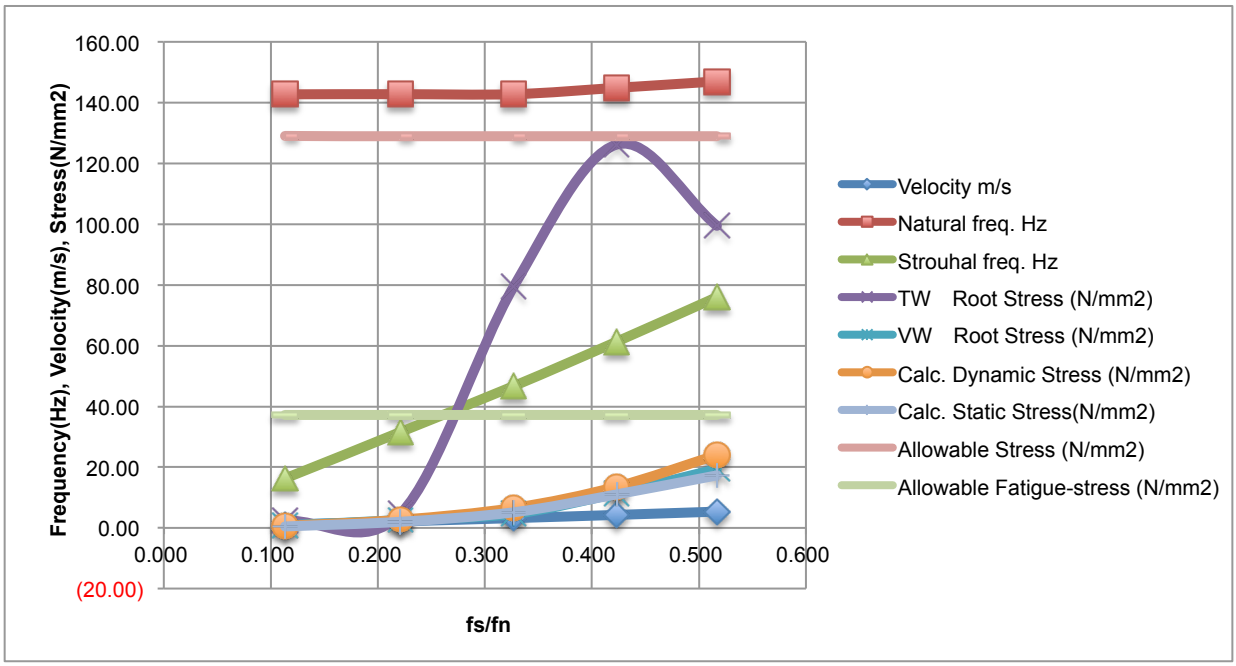
図−３　玉川大学の試験装置全体図と供試品写真

（２）　TÜV SUD NEL, Glasgow, UK によるオイルを用いた実液流し実験

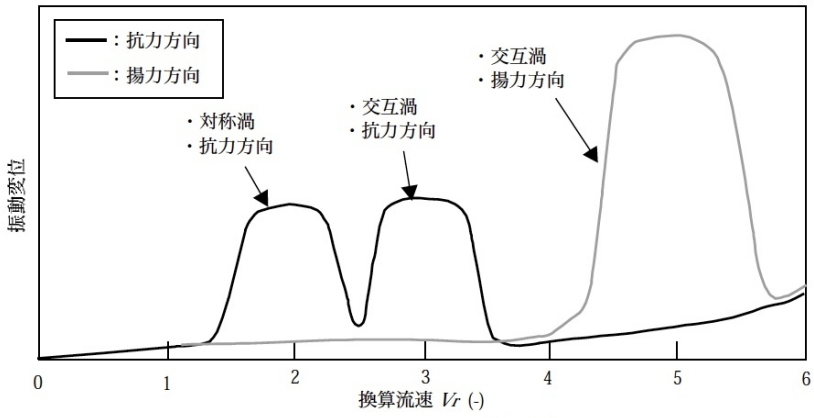
英国の試験機関に依頼した実験は途中で中断した。理由は対称渦による共振で抗力方向にのみ設置されていた歪みゲージが破損したためであるが、振動比 *fs/fn*＝0.47 近くまで流速は上げられた。その結果、対称渦による共振振幅の最大値は振動比 *fs/fn*＝0.4 近傍にある事が確認でき、JSME S012 の指針に示された、抗力方向の振動による変位特性が実証された。らせん棒付き保護管の場合、対称渦による応力上昇は認められず、計算による静的応力値に近い値が歪みゲージで検出された。



図−４　TUV の試験装置



図−５　オイルによる流力実験結果



図−６　JSME S012 円柱の振動形態

４．　理論的検証

以上に示した文献類や実験の結果の他、英国の Cygnet Development Services Ltd.に対し、通常のくり抜き保護管とらせん棒付き保護管の比較 CFD（Computational Fluid Dynamics）解析を依頼した。

報告書によると、結論の要約は、「螺旋リブを追加すると、サーモウェルの周りの渦の誘起を著しく軽減することが観察された。具体的にモデル化をした場合について、規則的な渦の挙動はなかった。このことは、螺旋リブは渦放出の挙動を軽減するということを見出している他のすべての論文と一致する。」

図−７に流線の比較を示す。

図−７　CFD 比較した保護管

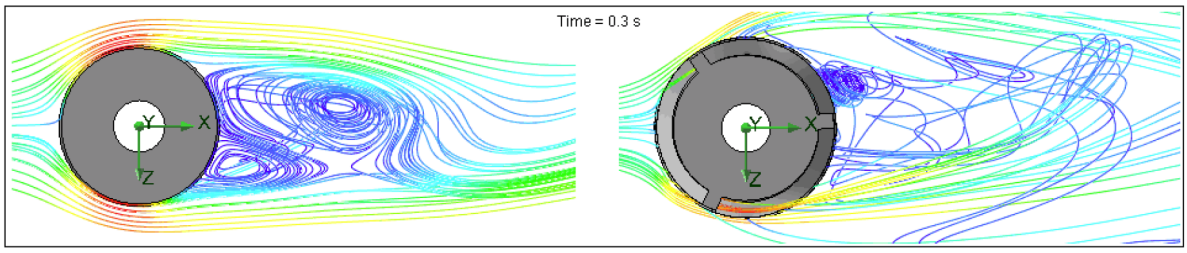


Figure 6 – Comparative streamline plot

図－８　CFD による流線の比較

５．　参考文献

１）「自立型煙突に用いる渦励振抑制用螺旋板の効果に関する実験的研究」日本建築学会構造系論文報告集　第 354 号　1985 年 8 月、島田忠幸（IHI)、原公（IHI)、石崎潑雄（京都大学)

２）BS 4076: 1989　Specification for Steel chimneys

３）流力振動の検討と対策-らせん棒付保護管の評価実験　「配管技術」誌 2007 年 8 月号　風岡学、西條利幸、道ノ下貴雄

４）THERMOWELL VALIDATION TESTS VortexWell　（温度計保護管の妥当性確認試験）Evaluation Report（評価報告書）:E 1937 X 12　Evaluation International, Dec.2012【未公開文書】

５）Computational Fluid Dynamics Modeling（計算流体力学のモデリング）Cygnet Development Services Ltd. , T.Oakes 2008/06/23【未公開文書】