

船用筒形水こしの圧力損失面からの規格評価

大阪支所 ギ装研究グループ 伊飼 通明
(株)栗本鐵工所 鉄管事業部 畑中 哲夫

1. まえがき

船用筒形水こしは、図 - 1 に示すように冷却用に海水を取り入れる際にプラスチック、木片等のゴミを取り除くための筒形をしたフィルターである。この水こしの中に図 - 2 に示すこし網（フィルター）が設置されている。フィルターの網目は 8mm 径のものである。この水こしの規格改正が平成 12 年度から平成 13 年度にあり、従来型（LA 型）に追加する形で業界要望の新規格型（LC 型）が規格化された。業界では、LA 型はほとんど生産されておらず、LC 型が鋳型が少なくて済む廉価型であることより、現在まで規格外の製品として生産されている。図 - 3 に示すように呼び径 200 の LA 型の L_2 寸法が 50mm であるのに対し、LC 型の L_2 寸法が 0mm である。このため、LC 型は 2 次側の配管が 1 次側に移動した構造をしており、LA 型に比較して圧力損失が増加すると推測される。この圧力損失の増加が、規格化に当たって問題となった。圧力損失測定においては、実機による流体抵抗実験で確認することが従来からの手法であるが、その一方で近年の計算機性能の向上は著しく、パソコンでも流体解析が可能となり、流体解析ソフトが一般の解析ツールとなりつつある。そこで、実機による流体抵抗実験では、型別、呼び径別の複数回の実験が必要であり、これらの実験の省力化を図るべく計算機により圧力損失を求められないかを流体解析を用いて検討を行った。

また、水こしを出た水流が流れの状況によっては、水こしに接続する弁等の配管部品に影響を与えることもあるため、2 次側の流れについても調べた。

解析は、従来型（LA 型）と新規格型（LC 型）の圧力損失の比較を行うために流体解析を行った。ここで、こし網を設置した解析モデルでは、



図 - 1 船用水こし（呼び径 200、LC 型）

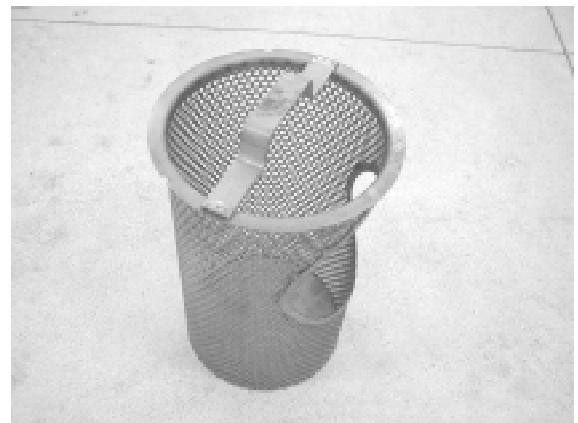


図 - 2 こし網

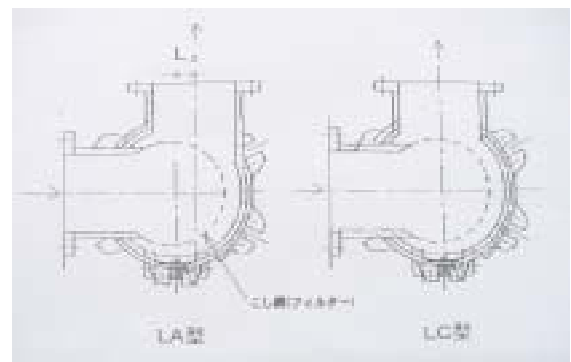


図 - 3 水こしの LC 型と LA 型の比較

モデル化の条件により、圧力損失の値に計算誤差が生ずると考えられる。このため、最後に実機による実証実験を行い、解析値と比較するためにこし網のないモデルについても解析を行った。流体抵抗実験は、LC 型について行っている。

2．計算シミュレーション

2．1．計算システム

水こしの流体解析について、2種類の解析ソフトを用いて行った。表 - 1 に、解析に用いたパソコンの性能とソフトを示す。

2．2．モデル入力条件

図 - 4 に3次元の入力モデルの全体の要素図を示す。入力モデルは、配管内の安定した流れより圧力損失を求めるために水こしの1次側には長さ0.2mの配管（図-4のP1からP3）を、2次側には長さ1mの配管（図-4のP4からP6）をそれぞれ設けている。

モデルの入力に当たって、一番の問題点は、図 - 2 に示すフィルターの部分である。このフィルターの部分をどのようにモデル化するかである。一般的に流れの中にフィルターのような非常に細かい構造がある場合は、細かいメッシュを切らずに圧力損失係数等のパラメータの入力でモデル化を行う方法（分布流体抵抗）が採られるが、この分布流体抵抗は現在のANSYS6.0では3次元の解析には適用できない。そこで、こし網をスリットに置き換えてモデル化を試みた。網目8mm径の総通過面積とスリットの通過面積は、ほぼ同じとしている。そのモデルを図 - 5 に示す。LA 型、LC 型ともに同じスリットモデルを用いて計算し、相対評価を行うのであるから圧力損失の比較を行うことは可能と考えられる。スリットを細かくすれば解析結果の精度が高くなるが、要素数の増大から計算負荷がかかるためスリットは少数にしている。図 - 6 は、スリット近辺の要素を示している。水は、矢印の方向に流れている。要素は、複雑形状への適合性が高い非構造格子を用いている。流体解析の境界条件として、流入条件として1次側配管入り口部（図-4のP1の位置）に船舶において通常使用されている流速として1m/sの平

表 - 1 計算システム

	流体解析1	流体解析2	流体解析3
使用パソコン	DELL Precision390 1.9GHz	IBM IntelliStation 2 Pro 1.0GHz×2	IBM IntelliStation 2 Pro 1.0GHz×2
解析ソフト	ANSYS 6.0 (ANSYS社製)	SCRYUTetra (CRADLE社製)	SCRYUTetra (CRADLE社製)
離散化手法	有限要素法	有限体積法	有限体積法
乱流モデル	標準k-ε	標準k-ε	標準k-ε
計算条件	定常	定常	非定常

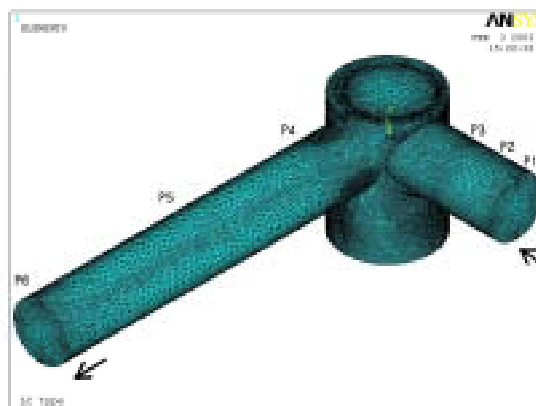


図 - 4 解析モデル(ANSYS)

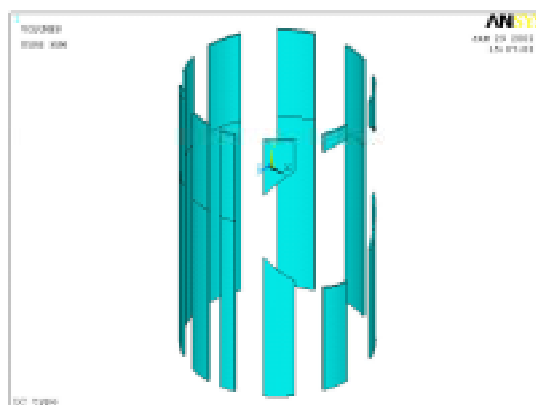


図 - 5 スリットモデル(ANSYS)

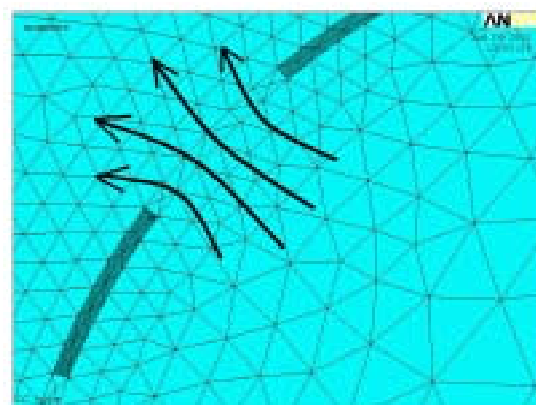


図 - 6 スリット近辺の要素(ANSYS)

均流速を与えている。流出口条件として、2次側配管出口部（図-4 の P6）に圧力 0.0Pa を与えている。

2.3. 計算結果

2.3.1. 圧力損失結果

水こしに接続した1次側配管の中央部（図-4 の P2）と2次側配管の中央部（図-4 の P5）での LA 型と LC 型について、圧力損失の比較を行った。ANSYS での解析結果は、LA 型では約 1150Pa、LC 型では約 1500Pa であった。圧力損失の差は、LC 型の方が約 350Pa 大きい値となった。SCRYU/Tetra での解析結果は、LA 型では約 1040Pa、LC 型では約 1350Pa であった。図-7 は、LC 型について ANSYS の解析結果の例を示したものである。図の圧力損失は図の濃度に比例し、出口管近傍の水こし網を出たところで、圧力損失が顕著に増加していることが解る。圧力損失の差は、両方のソフトとも LC 型の方が約 310 ~ 350Pa 大きい値となった。当初の予想通りであり、LC 型は2次側の配管が1次側に移動した構造をしているためと思われる。

2.3.2. 2次側流れの情況

SCRYU/Tetra の解析結果より、配管内の断面流速を流線を用いて表したのが図-8（LC 型）図-9（LA 型）であり、ともに2次側配管内での流れが回転しているのがよく解る。また、2次側配管内では、ともに水こしを出た直後（図-4 の P4）から断面内流速に幅（高速と低速の差）が見られるようになる。この流速の幅が小さくなるのは、水こしの出口から 1m 以上（ $L/D=5$ 倍以上、図-4 の P6）後方になると考えられ、P6 の位置での LC 型と LA 型について断面内流速の幅を比較してみた。LC 型の流速幅が約 0.350m/s であるのに対して LA 型は約 0.550m/s であり、LA 型の方が、流速幅が小さくなるのに水こし2次側出口（図-4 の P4）からの距離が長く必要であることが解った。

3. 実証実験

3.1. 流体抵抗実験

数値解析から得られた値の精度を確認すべく実機による実験を行った。図-10 に実験装置

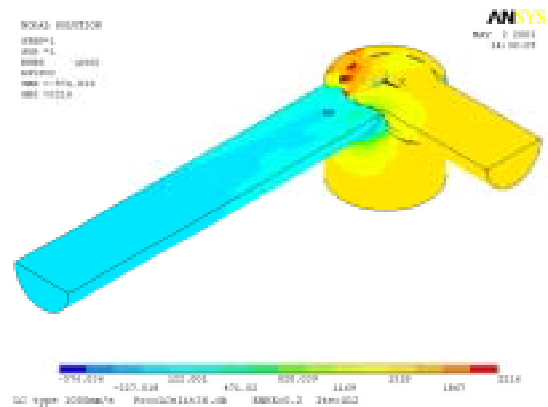


図-7 スリット有り LC 型圧力分布(ANSYS)

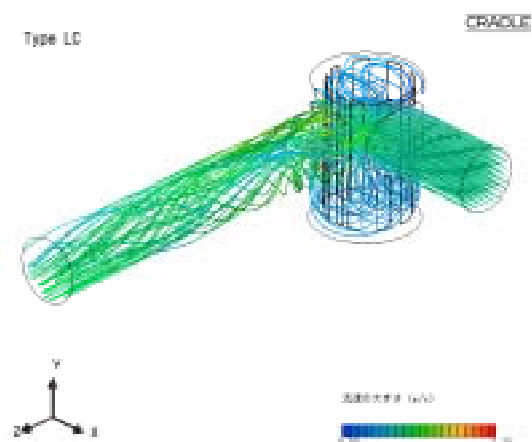


図-8 LC 型の流線(SCRYU/Tetra)

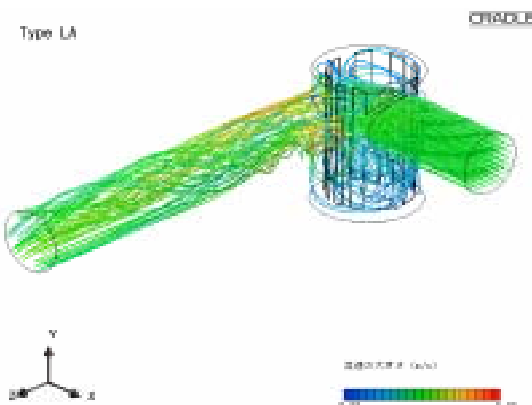


図-9 LA 型の流線(SCRYU/Tetra)

を示す。実験装置は、呼び径 80 用の装置であるため、水こしの前後に呼び径 200、長さ 3m の異径配管を接続している。また、ポンプ出力が小

さいため、平均流速は 0.34m/s と 0.48m/s で実験を行った。LA 型はほとんど生産されていないため、LC 型についてこし網のない状態（スリットのないモデル）と有る状態で実験を行った。

3.2. 解析値の検証

スリットの無いモデルについて行った流体解析結果を図 - 11 に示す。図 - 12 に実験値と SCRYU/Tetra の解析値との比較を示す。図 - 12 の●印がこし網の無い解析・実験結果である。実験値と解析値の誤差が 7 % から 11 % であり、近似する結果が得られた。次にこし網のある状態（スリットのあるモデル）で実験を行った。図 - 12 に示す○印が解析・実験結果である。

これらの値を比較してみると、平均流速 0.34m/s、0.48m/s とともに圧力損失が実験値の方が約 30 % 大きな値となっている。スリットモデルを簡易形状モデルで計算したためと考えられるが、この値から平均流速 1m/s での圧力損失を推定してみる。SCRYU/Tetra から得られた値では 1350Pa の値が得られており、実験値はその 1.3 倍の 1750Pa (1350×1.3) 程度と推定できる。同様に LA 型について流体解析から得られた圧力損失値は 1040Pa であることから、実際の圧力損失値は 1350Pa (1040×1.3) と推定できる。

このことから、平均流速 1m/s で LC 型と LA 型の圧力損失値を比較してみると、実際の圧力損失の差は 400Pa ($1750-1350$) 程度であり、LC 型の方が 400Pa 程度増加すると考えられる。

4. あとがき

(1) 解析と実験からの検証により、平均流速 1m/s の場合、LA 型に比較して LC 型の方が圧力損失が 400Pa 程度の増加になることが解った。水頭にして、4cmH₂O 程度であり、配管系全体から見るとわずかであり、圧力損失面から見た規格としては問題ないと思う。

(2) 一方、流体解析当初はスリットをかなり詳細にモデル化する必要があると考えられたが、実験値との検証結果から、スリットの粗さは今回の解析モデルで十分に対応できると考える。また、LC 型の方が 2 次側流れの回転が収まるのに距離が少なく、水こしに直結する玉形弁等に



図 - 10 実流実験装置

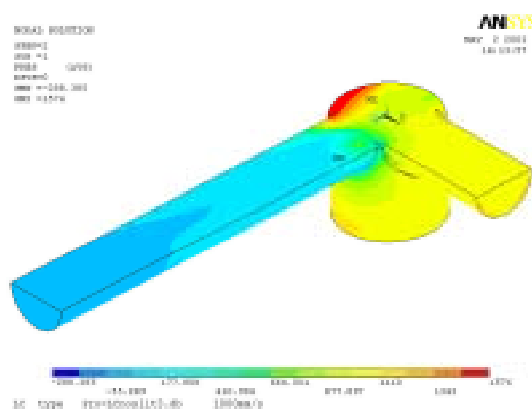


図 - 11 スリット無し LC 型圧力分布(ANSYS)

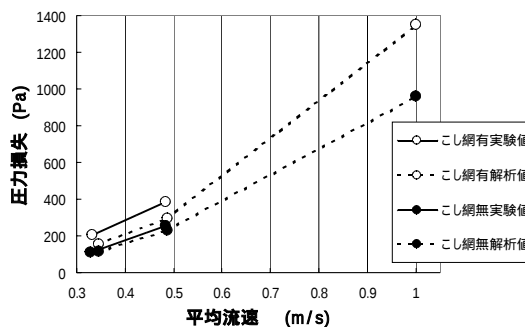


図 - 12 解析値と実験値の比較 (SCRYU/Tetra)

与える影響が少なく有利であると考え。

(3) また、今回、数値流体解析を行ったが、実験値と整合することから、水こし、バルブ等配管部品の圧力損失を求めたり、実験からは得られない流れの可視化から配管部品の内部形状の問題点をとらえることができ、流体解析は有効であると考え。