

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003 - 42108

(P 2 0 0 3 - 4 2 1 0 8 A)

(43)公開日 平成15年2月13日(2003.2.13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード (参考)
F15D 1/00		F15D 1/00	Z
B64C 21/10		B64C 21/10	
F15D 1/06		F15D 1/06	
1/10		1/10	

審査請求 有 請求項の数10 O L (全7頁)

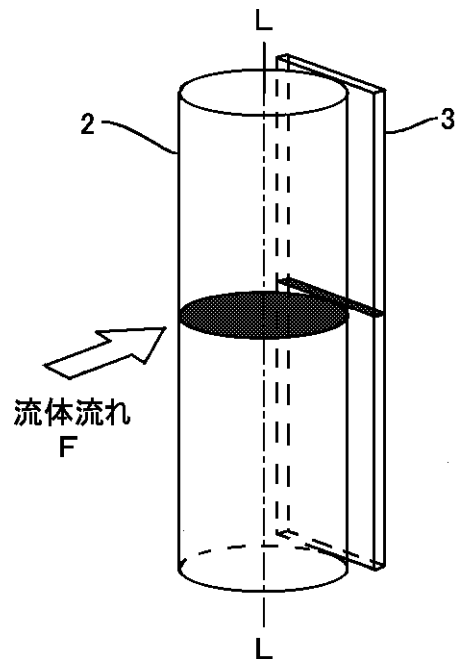
(21)出願番号	特願2001 - 230517(P 2001 - 230517)	(71)出願人	501137577 独立行政法人 航空宇宙技術研究所 東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1
(22)出願日	平成13年7月30日(2001.7.30)	(72)発明者	徳川 直子 東京都調布市深大寺東町7 - 44 - 1 航空 宇宙技術研究所内
		(72)発明者	高木 正平 東京都調布市深大寺東町7 - 44 - 1 航空 宇宙技術研究所内
		(74)代理人	100092200 弁理士 大城 重信 (外2名)

(54)【発明の名称】流体流れに置かれる鈍頭物体

(57)【要約】

【課題】 流体流れに置かれて、境界層に剥離に伴って物体の後流側表面に沿って生じる流体流れを阻止することにより、大規模なカルマン渦の発生と成長を防止して、抵抗係数を低減することを可能にする鈍頭物体を提供する。

【解決手段】 流体の流れFに対して上流側表面2 aが鈍頭曲面となった鈍頭物体1の後流側には、後流側表面2 bに沿った流体の流れを阻害するために、流れ阻害部としての板部材3が設けられている。板部材3は、鈍頭物体1の表面に形成される境界層の剥離に起因して後流側表面2 bに沿いつつ剥離領域へ向かって流れ込もうとする流体の流れfを阻害するので、大規模渦列としてのカルマン渦の発生・成長を妨げ、鈍頭本体1の圧力抵抗を低減することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 流体の流れ方向に対して上流側表面が鈍頭曲面となった鈍頭本体と、前記鈍頭本体の後流側表面に沿った前記流体の流れを阻害するため前記鈍頭本体の後流側に設けられた流れ阻害部とから成る流体流れに置かれる鈍頭物体。

【請求項 2】 前記鈍頭本体は、流体の流れ方向に対して軸線が交差した状態に配置された円柱表面を持つ円柱状物体であることから成る請求項 1 に記載の流体流れに置かれる鈍頭物体。

【請求項 3】 前記流れ阻害部は、前記円柱状物体の後流側に前記流体の主流方向で見た前記円柱状物体の投影幅内の範囲で取り付けられた板部材であることから成る請求項 2 に記載の流体流れに置かれる鈍頭物体。

【請求項 4】 前記板部材は、前記円柱状物体の最後流端部に前記円柱状物体の軸線と前記流体の主流とで定まる平面内に対して直交状態に取り付けられた直交板であることから成る請求項 3 に記載の流体流れに置かれる鈍頭物体。

【請求項 5】 前記板部材の幅は、前記円柱状物体の直径に実質的に等しいことから成る請求項 4 に記載の流体流れに置かれる鈍頭物体。

【請求項 6】 前記板部材は、前記円柱状物体の前記流体の主流に対して最大厚さを示す少なくとも一方の位置から前記主流方向と平行に延びる状態に取り付けられた平行板であることから成る請求項 3 に記載の流体流れに置かれる鈍頭物体。

【請求項 7】 前記板部材は、前記流体の主流に対して交差する方向に前記円柱状物体に放射状に取り付けられた斜め板であることから成る請求項 3 に記載の流体流れに置かれる鈍頭物体。

【請求項 8】 前記流れ阻害部は、前記鈍頭物体の前記流体の主流に対して最大厚さを示す位置から前記主流方向と平行に延びる状態に設けられた側縁部と前記側縁部の内側で且つ前記鈍頭物体の背面側に形成された凹部とから構成されていることから成る請求項 1 に記載の流体流れに置かれる鈍頭物体。

【請求項 9】 前記鈍頭本体は、球状物体であることから成る請求項 1 に記載の流体流れに置かれる鈍頭物体。

【請求項 10】 前記流れ阻害部は、前記球状物体の後流側に前記流体の主流方向で見た前記球状物体の投影幅内の範囲で取り付けられた板部材であることから成る請求項 9 に記載の流体流れに置かれる鈍頭物体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】この発明は、流体流れの中に配置されたときの流体抵抗を低減させた新規な構造を有する鈍頭物体に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、大気のような気体又は川水や海水

のような液体、あるいは各種配管内を流れる流体中には、断面が円形又はそれに近い形状を持ち表面が滑らかな曲面となっている鈍頭物体が用いられている。特に、円柱体の形状のものは、製造が比較的簡単であるので製造コストが低く、あらゆる分野に用いられている。そのような鈍頭物体は、流体流れの中に置かれるとき、強い圧力勾配により鈍頭物体の表面に形成される境界層が剥離し、流体流れの下流側に大きな圧力損失が生じ、流体又は物体には圧力抵抗として作用することが知られている。

【0003】鈍頭物体については、本来、流線形に設計されれば圧力損失に起因した流体抵抗を小さくすることができるが、そうした流線形に製造するにはコストが高くなり、現実的な対処の仕方とは言えない。しかしながら、用途によっては、鈍頭物体の圧力抵抗が無視できない程度となることがある。即ち、圧力抵抗が大きくなると、鈍頭物体が固定側にあり流体が流れる場合には、流体を流すのに必要な動力費用が無視できなくなり、固定側の鈍頭物体に対しては圧力抵抗に伴う機械的な負荷が問題になることがある。また、鈍頭物体が流体中を移動するときには、圧力抵抗に打ち勝って鈍頭物体を移動させ続けるのに必要なエネルギーが増加することになる。

【0004】鈍頭物体の一つとして、円柱表面を有する物体に対して、軸線に直角に流体が流れる場合、物体に働く流体抵抗が実験により求められている。図 3 には、円柱表面を有する柱状物体がそのまま単独で配置されたときの流体抵抗係数のグラフが示されている。図 3 の横軸は流体の流速 U であり、縦軸は流体抵抗係数 C_D である。ここで、単位長さ当たりの流体抵抗係数は、良く知られているように、次の式で定義される。

$$C_D = D / [U^2 \cdot d / 2]$$

ここで、 D は、単位長さ当たりの流体抵抗 [単位、 N / m]

は、流体の密度 [単位、 kg / m^3]

d は、柱状物体直径 [単位、 mm]、実験例では 50 mm

U は、流体の流速 [単位、 m / s] である。

図 3 に示すグラフから分かるように、流速 20 m / s から 60 m / s 弱までの範囲にわたって、多少の変動があるが約 1.3 の値を示している。

【0005】図 3 には、また、流れ方向への投影面積と流れに平行な断面のアスペクト比が同じである D 形柱体の抵抗係数のグラフが示されている。D 形柱体は、流体流れに対する前縁側の半分は円柱と同様の表面を持つ半円柱であり、後縁側は四角柱となった柱体であり、その流体抵抗係数は、円柱状物体の場合と同様の流れの範囲にわたって約 0.9 の値を示しており、円柱体と比較して $30 \sim 35\%$ 小さくなっていることが知られている。

【0006】円柱体を流れの中に置いたときの計測結果から、円柱の後流にはカルマン渦列が交互に且つ周期的

に発生しており、圧力損失が大きく圧力抵抗が高いことを示している。円柱体の表面にマルチ熱膜センサを貼り付けて行った壁面剪断応力の計測結果から、カルマン渦列の周波数に同期して円柱体表面の境界層全体が振動していることが観測されており、円柱体の最大厚さ位置の前後において、境界層の剥離を示す逆流現象も観測されている。こうした計測結果、あるいは数値計算から、流れの中に置かれた円柱体については、境界層が剥離すると、円柱体の後流側表面に沿って剥離をおこした境界層の部分へ向かう流体流れが生じて、ブリッジ状の渦膜や二次渦が形成され、後流を巻き込んだ大規模な渦を形成し、それを放出するという、カルマン渦の生成過程が周期的に起きていることが判明した。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明が解決すべき課題は、境界層の剥離から大規模な渦構造への発生・成長までの一連の過程において、円柱状物体のような鈍頭物体の後流側表面に沿っての流体流れに着目し、境界層が剥離することに伴って後流側表面に沿って生じようとする流体流れを阻止することで、上記の一連の過程を分断して大規模なカルマン渦にまで成長させない工夫を図ることである。

【 0 0 0 8 】この発明の目的は、鈍頭物体の構造を工夫して、圧力抵抗に起因した流体抵抗係数を一層小さくし、流体の流れを生じさせる場合にはそうした流れを駆動するのに要する駆動力を、また流体中で鈍頭物体を移動させる場合には移動させるための駆動力を軽減し、更には流体から鈍頭物体に働く機械的な力を軽減することを可能にする、流体流れにおかれる鈍頭物体を提供することである。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】この発明による流体流れに置かれる鈍頭物体は、上記の課題を解決するため、流体の流れ方向に対して上流側表面が鈍頭曲面となった鈍頭本体と、前記鈍頭本体の後流側表面に沿った前記流体の流れを阻害するため前記鈍頭本体の後流側に設けられた流れ阻害部とから構成されている。

【 0 0 1 0 】流体流れに置かれる鈍頭物体において、鈍頭本体の流体の流れ方向に対して上流側表面は、従来と同様の鈍頭曲面となっているが、鈍頭本体の周りを流れる流体が最大厚さ付近から境界層の剥離を開始しようとしたときに、鈍頭物体の後流側表面に沿って境界層剥離領域へ向かって流れ込む流れを許容すると、大規模なカルマン渦列の発生に繋がり圧力抵抗を増すことにつながる。この発明による鈍頭物体によれば、そうした境界層の剥離に起因して鈍頭本体の後流側表面に沿って剥離領域へ向かって流れ込もうとする流体の流れを流れ阻害部によって阻害している。従って、鈍頭本体の最大厚さ付近からの境界層の剥離に応じて微小な渦が発生しても、大規模渦列としてのカルマン渦への成長が妨げられ、鈍

頭本体の後流の幅や変動成分の規模は、流れ阻害部を備えない単純な鈍頭物体と比較して縮小し、鈍頭物体の圧力抵抗が軽減される。

【 0 0 1 1 】この流体流れに置かれる鈍頭物体において、前記鈍頭本体は、流体の流れ方向に対して軸線が交差した状態に配置された円柱表面を持つ円柱状物体とすることができる。円柱状物体は、中実の円柱体そのものばかりでなく、円管体や円筒体のように製造が簡単であるためにあらゆる分野で利用されている物体であり、流体中で使用されることも多い。そうした円柱状物体に対して、カルマン渦発生過程で後流側表面に沿って生じようとする流体流れを阻害する流れ阻害部を設けることのみで、円柱状物体の圧力抵抗が軽減される。

【 0 0 1 2 】鈍頭本体として円柱状物体を有する鈍頭物体において、前記流れ阻害部を、前記円柱状物体の後流側に前記流体の主流方向で見た前記円柱状物体の投影幅内の範囲で取り付けられた板部材とすることができる。この鈍頭物体によれば、円柱状物体の側面から後流側表面に沿って円柱状物体の境界層の剥離部分に流れ込むもうとする流体の流れが板部材によって阻害されるので、後流におけるカルマン渦のような大規模な渦の成長を弱めることができ、圧力抵抗が軽減される。また、流れ阻害部としての板部材は、円柱状物体の投影幅内の範囲で取り付けられているので、円柱状物体の周りの通常流れが板によって不必要に乱されることがない。

【 0 0 1 3 】鈍頭本体として円柱状物体を有する鈍頭物体において、前記流れ阻害部としての前記板部材を、前記円柱状物体の最後流端部に前記円柱状物体の軸線と前記流体の主流とで定まる平面内に対して直交状態に取り付けられた直交板とすることができる。円柱状物体の後流に発生するカルマン渦列は、円柱状物体で流れが分断される両側で交互に発生するので、流れ阻害部としての板を、円柱状物体の軸線と流体の主流とで定まる平面内に対して直交状態に取り付けられた直交板とすることで、両方のカルマン渦列に対してその成長を阻害する。

【 0 0 1 4 】鈍頭本体を円柱状物体とした鈍頭物体において、前記板部材の幅については、前記円柱状物体の直径に実質的に等しくすることができる。板部材の幅を円柱状物体の直径と同じにすると、板部材は板幅の中央位置において円柱状物体に接線状態に取り付けられる。板部材をこのような構造と配置とすることにより、鈍頭物体は流体流れに対して対称な構造となり、また、円柱状物体の回りの流れを大規模渦列に成長させない阻害作用を左右両側で均等に働かせることが可能となり、比較的対称的な流れとなり、圧力抵抗を高めるような乱れを惹起させることが少なくなる。

【 0 0 1 5 】鈍頭本体を円柱状物体とした鈍頭物体において、前記板部材については、前記円柱状物体の前記流体の主流に対して最大厚さを示す少なくとも一方の位置から前記主流方向と平行に延びる状態に取り付けられた

平行板とすることができる。こうした平行板を用いると流体流れの境界層が剥離してもその影響の範囲は平行板に沿って後流側に移り、更に、平行板は、直交板と同様に、円柱状物体の後流側表面から境界層剥離を起こした部分への流体の直接の流れ込みを阻害し、境界層剥離が大規模渦に成長することを阻害する。

【 0 0 1 6 】鈍頭本体を円柱状物体とした鈍頭物体において、前記板部材については、前記流体の主流に対して交差する方向に前記円柱状物体に放射状に取り付けられた斜め板とすることができる。こうした斜め板も、直交板と同様に、円柱状物体の後流側表面から境界層剥離を起こした部分への流体の直接の流れ込みを阻害し、境界層剥離が大規模渦に成長することを防止する。

【 0 0 1 7 】この流体流れに置かれる鈍頭物体において、前記流れ阻害部は、前記鈍頭物体の前記流体の主流に対して最大厚さを示す位置から前記主流方向と平行に延びる状態に設けられた側縁部と前記側縁部の内側で且つ前記鈍頭物体の背面側に形成された凹部とから構成することができる。

【 0 0 1 8 】また、この流体流れに置かれる鈍頭物体において、前記鈍頭本体は、球状物体とすることができる。球状物体は、中実物体でも球殻のような中空物体でもよい三次元的な物体であるが、円筒状物体と同様、境界層剥離を起こした部分への後流側表面に沿った流体の回り込みを阻害させることにより、そうした回り込みに起因した大規模渦の成長が阻害される。前記鈍頭本体を球状物体とした鈍頭物体において、前記流れ阻害部は、前記球状物体の後流側に前記流体の主流方向で見た前記球状物体の投影幅内の範囲で取り付けられた板部材とすることができる。板は、例えば、流体流れに直交する円板とするのが最も好ましい。

【 0 0 1 9 】以下、図面を参照して、この発明による流体流れに置かれる鈍頭物体の実施例を説明する。図 1 はこの発明流体流れに置かれる鈍頭物体の一実施例を示す斜視図、図 2 は図 1 に示す鈍頭物体の断面図、図 3 は流体流れに置かれる鈍頭物体の流速に対する圧力抵抗係数をプロットしたグラフである。

【 0 0 2 0 】図 1 及び図 2 に示す鈍頭物体 1 は、流体の流れ方向 F に対して軸線 L が交差して配置された鈍頭本体としての円柱状物体 2 と、円柱状物体 2 の後流側に取り付けられた流れ阻害部としての板部材 3 とから成る。鈍頭本体は、尖った先端部を有していなければよいが、この実施例では最もありふれており且つ最も使用されやすい形状である円柱表面と同じ上流側表面 2 a を持つ円柱状物体 2 である。このような鈍頭物体が流体流れの中に存在している例として、風洞や気体又は液体が流れる配管中に設けられる各種センサ及びその支持体、あるいは電車のパンタグラフ、飛行体に取り付けられる棒状或いはワイヤ状の物体等、縦横比を流線形に近いものに容易には変更できないものが挙げられる。

【 0 0 2 1 】円柱状物体 2 は、中実の円柱体であっても、中空の円管体や円筒体であってもよいが、以下、簡単のため、円柱体 2 と略す。板部材 3 は円柱体 2 の直径 d と同じ板幅 w を有し、板部材 3 は板幅 w の中央位置において円柱体 2 の最後流端部 4 に接線状態に取り付けられた直交板である。このような構造を有する板部材 3 を流体流れ F の方向の投影範囲内に位置するように配置することにより、鈍頭物体 1 は流体流れ F に対して対称な構造となり、また、鈍頭物体 1 の回りの流れも比較的対称的な流れとなり、板部材 3 が円柱体 2 の影からはみ出すこともなく、圧力抵抗を高めるような乱れを惹起させることが少なくなる。

【 0 0 2 2 】鈍頭物体 1 を流体流れ F の中に置いたとき、円柱体 2 の表面の両側では交互に且つ周期的に境界層剥離を生じ、後流に大規模渦流としてのカルマン渦を発生・成長させやすくなるが、板部材 3 は、板部材 3 が存在しないとされたときに境界層剥離が発生する毎に円柱体 2 の後流側表面 2 b に沿って円柱体 2 の境界層剥離を起こした部分へ流体の巻き込みとして流れ込もうとする流れ f (想像線で示す) の発生を阻害している。その結果、鈍頭物体 1 の後流においては、カルマン渦のような大規模渦列の発生を阻害し、たとえ発生したとしてもその成長を阻害することができるので、大規模渦列に起因した圧力損失が少なくなり、その結果、圧力抵抗が軽減される。鈍頭柱体 1 において、板部材 3 は、流体の流れ方向で見た円柱体 2 の投影幅内に収まった状態に配置することが好ましい。板部材 3 を円柱体 2 の投影幅の範囲内に収めた場合には、境界層外部の流体流れが不必要に板部材 3 によって乱されることがなく、剥離剪断層の巻き込み防止の作用を効果的に発揮させることができる。

【 0 0 2 3 】板部材 3 の存在によって、後流側表面 2 b と板部材 3 との間には、略三角形柱状の空間が形成され、この空間内で微小な渦 v が発生しやすい。この微小な渦 v は、その流れの方向が上流側表面 2 a を通過した流体流れ F の方向と一致しているために、エアベアリングと称される役目を果たして流体流れ F をスムーズにして低抵抗となっているものと推測される。

【 0 0 2 4 】鈍頭柱体 1 の流体の流れ F に対する配置として、流体の流れ F が板部材 3 に対して横方向から当たる成分がないようにすることが好ましく、特に、直交板として使用するように、流体流れ F の方向を板部材 3 に正対する方向に向けることが好ましい。このように鈍頭柱体 1 を配置することにより、流体の流れ F は、円柱体 2 の各側方から直接に板部材 3 に当たることにならず、板部材 3 は、円柱部 2 で生じやすい剥離剪断層の巻き込みに対する阻害作用を円柱部 2 の各側で均等に奏することになり、圧力抵抗の軽減に寄与することができる。

【 0 0 2 5 】この発明による流体流れに置かれた鈍頭物体 1 の抵抗係数を実験で求め、流速 U に対してプロットしたグラフが図 3 に示されている。図 3 から理解される

ように、鈍頭物体 1 の抵抗係数 C_D は、円柱体 2 と比較して 0.5 以上の低下が認められ、D 形柱体と比較しても、略 0.1 以上の低下が認められ、板部材を取り付けて、鈍頭本体の後流側表面 2 b に沿う流体流れを阻害する効果が現れている。

【0026】図 4 は、この発明による鈍頭物体の後流における、一様流れの流速 U に対する流体の流速 U の比と、一様流れの流速 U に対する変動成分 u の比とを示すグラフである。鈍頭物体の後流としては、端縁から直径 D の 3 倍の距離 (X) だけ流体の流れ方向に離れた位置が採用されており、流れに横断する方向の地点を横軸 (円柱の直径 D に対する比 Y/D) とし、一様流れの流速 U に対する流体の流速 U の比 (U/U 上側のグラフ) と、一様流れの流速 U に対する変動成分 u の比 (u/U 下側のグラフ) とが、熱線風速計を用いた計測から求められている。この後流の測定でも、本発明による鈍頭物体 1 は、円柱体 2 のみの場合との比較ではもちろんのこと、D 形柱体と比較しても、後流の幅が小さく且つ変動成分も小さいことが確認された。

【0027】図 5 は、この発明による鈍頭物体の幾つかの変形例を示す断面図である。I) は従来の円柱体、I I) は D 形柱体、I I I) は円柱体 2 に障害板として放射方向に半分長さとした斜め板 6 L、6 R を取り付けた例、I V) は円柱体 2 に障害板として最大厚み部 5 において流れに対して左側のみに平行板 7 L を取り付けた例、V) は円柱体 2 に障害板として最後流端部 4 に流れに対して右側のみの直交板 8 R を取り付けた例、V I) は円柱体 2 に障害板として最大厚み部 5 において左右に平行板 7 L、7 R を取り付けた例、V I I) は円柱体 2 に障害板として放射方向に円柱体 2 の投影範囲内に延びる斜め板 9 L、9 R を取り付けた例、V I I I) は円柱体 2 に障害板として最後流端部 4 に長さ半分の直交板 10 を中央にて取り付けた例、I X) は図 1 及び図 2 に示したように、障害板として最後流端部 4 に直交板 (板部材 3) を取り付けた例である。X) は、流れに対して最大厚さを示す鈍頭本体の左右位置から流れに平行に延びる側縁部 11 を持ち、且つ両側縁部 11 の内側でかつ鈍頭本体の背面側が滑らかに湾曲した凹部 12 となるように構成したものである。

【0028】図 6 は、横軸を流速 U (m/s) としたときの、図 5 に示す各種の鈍頭物体の抵抗係数相当のものとしてストローハル数 S_t を縦軸としたグラフである。ストローハル数 S_t は、抵抗係数の逆数相当の数値である。図 6 から理解されるように、円柱体 2 だけの場合の抵抗係数が最も高くなり、円柱体 2 以外の図 5 に示す鈍頭物体はいずれも抵抗係数が改善されている。特に、

I X) に示す後ろ全面に板部材 3 を取り付けた鈍頭物体、及び X) に示す側縁部 11 と凹部 12 とを有する鈍頭物体の抵抗係数 C_D は、広い流速の範囲で D 形物体よりも改善され、X) に示す鈍頭物体は最も小さい抵抗係数 C_D を示していることが分かる。

【0029】

【発明の効果】この発明による流体流れに置かれる鈍頭物体によれば、鈍頭本体の周りを流れる流体が最大厚さ付近から境界層の剥離を開始しようとしたときに、鈍頭物体の後流側表面に沿って境界層剥離領域へ向かって流れ込む流れを許容すると大規模なカルマン渦列の発生に繋がり圧力抵抗を増すことにつながるが、この鈍頭本体の後流側表面に沿って剥離領域へ向かって流れ込もうとする流体の流れを障害部によって阻害しているため、カルマン渦のような大規模渦列への成長が抑制され、鈍頭物体の圧力抵抗が軽減される。そして、圧力抵抗係数が小さいほど、流体から受ける抵抗が小さくなり、流体の流れを生じさせる場合にはそうした流れを駆動するのに要する駆動力が、また流体中で鈍頭物体を移動させる場合には移動させるための駆動力が軽減され、駆動源に求められる負荷が小さくなる。また、圧力抵抗を下げることで、鈍頭物体やその支持構造に求められる強度を下げるができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明による流体流れに置かれる鈍頭物体の一実施例を示す斜視図である。

【図 2】図 1 に示す鈍頭物体の断面図である。

【図 3】流体流れに置かれる鈍頭物体の流速に対する圧力抵抗係数をプロットしたグラフである。

【図 4】この発明による鈍頭物体の後流において、一様流れの流速 U に対する流体の流速 U の比と、一様流れの流速 U に対する変動成分 u とを示すグラフである。

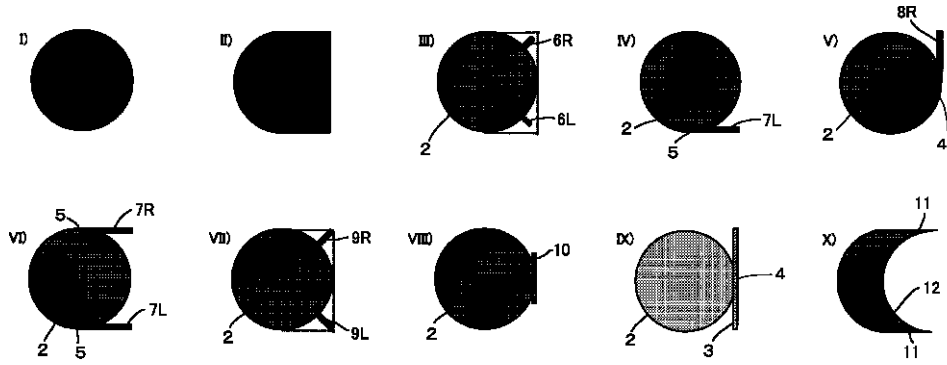
【図 5】この発明による鈍頭物体の幾つかの変形例を示す断面図である。

【図 6】図 5 に示す各種の鈍頭物体のストローハル数 S_t をレイノルズ数に対して求めたグラフである。

【符号の説明】

- 1 鈍頭物体
- 2 円柱状物体
- 3, 10 板部材 (直交板)
- 4 最後流端部
- 5 最大厚み部
- 6 S, 6 L, 9 R, 9 S 斜め板
- 7 U, 7 D 平行板

【 図 5 】



【 図 6 】

