

振動流中の円柱に作用する流体力の変動特性

山口大学 工学部 学生員 本 憲一郎
正 員 斎 藤 隆
正 員 羽田野架婆義

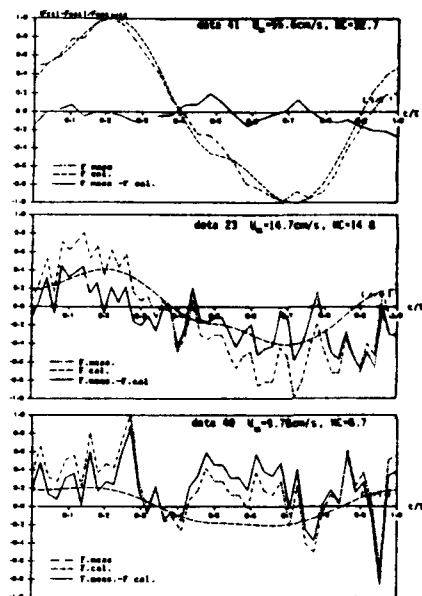
1. 緒 言

振動流中の円柱に作用する流体力、特に揚力については円柱から放出される渦の形態及び位置関係に関連づけられて数多く研究されてきている。著者らも円柱に作用する2方向の流体力(直方向力、揚力)を同時に計測するとともに、比重調整したポリスチレン粒子を混入しての可視化によって、振動流主流の反転時に円柱近傍に存する渦が円柱に作用する流体力を支配していることを明らかにした。従って、円柱に作用する流体力を算定する際に円柱近傍の残存渦を考慮した項を導入し定式化することは、現段階においてその作業の繁雑さ及び算定値の信頼性に問題があり困難である。また、円柱に作用する直方向力の算定式である Morison 式中の質量係数 C_m 、抗力係数 C_d の散乱範囲については多くの研究者によって報告されているが、その散乱の量的評価及び原因を的確に与えたものはほとんど見あたらない。本研究は、統計的見地より各周期の円柱に作用する流体力の平均的な算定値に対する量的評価を行なうものである。

2. 解析結果

縦 4 cm × 横 57 cm の断面を有する長さ 2 m の矩形断面に振動流を発生させ、試験断面に設置した直径 5 cm の模型円柱に作用する流体力を2方向につき同時に測定した。本実験で得られた 100～200 波のデータよりフーリエ平均を用いて質量係数 C_m 、抗力係数 C_d を算出し、それらを Morison 式に代入して得られる直方向力の算定値と実測値とを比較したものが図-1 である。同図において滑らかな破線が Morison 式からの算定値であり、実線が実測値、一点鎖線が両者の差を示している。尚、同図の横軸は主流の周期で規格化した無次元時間であり、主流の流速が零の点から一周期分について示しており、縦軸は周期内の実測最大値で規格化してある。KC 数が比較的大きい場合には算定値及び実測値とはほぼ一致し、その差は 10% 程度であるが、KC 数が小さい場合には同図の (b) に示すように直方向力の算定値と実測値との差は 80% にも達し、このような両者の差は算定値に用いた係数 C_m 、 C_d に起因するものと考えられ、従って各周期における両係数を算出しそれらを KC 数に対して示したものが図-2 である。同図の (a) のためしくは質量係数 C_m 、(b) の縦軸は抗力係数 C_d であり、両図の実線は Sarpkaya が振動流を用いての実験結果を表わしている。同図の描点は 100～200 波のアンサンブル平均を示し、描点からの線分は存在範囲を示す。両図において描点は実線とおよそ一致していて、散乱範囲は KC 数が小さい場合ほど広い傾向がある。その散乱の量的評価の一つとして、質量係数について標準偏差を求め KC 数に対して描点したものが図-3 (a) であり、抗力係数については図-3 (b) である。両図において KC 数が比較的小さい場合に標準偏差が大きく、平均値の

図-1 直方向力の算定値と
実測値との比較



8～9倍程度の散乱を有し、KC数が30程度では平均値程度の散乱を有する。従って、KC数が10程度と30程度との場合では散乱のオーダーが一桁異なることが言える。

図-2(a) 質量係数の散乱～KC数

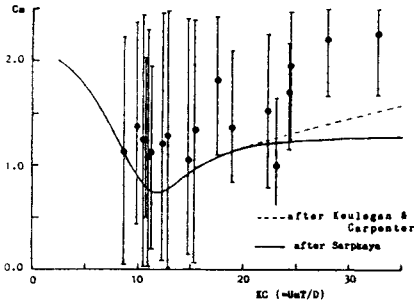


図-2(b) 抗力係数の散乱～KC数

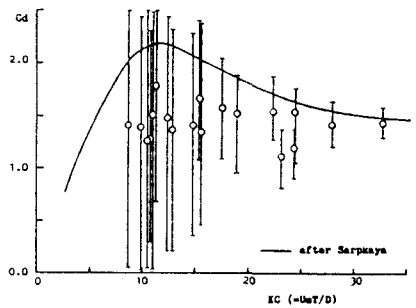


図-4は、各周期における直方向力、揚力、合成流体力の各流体力の大きい方から小さい方から全体数の1/3、1/10だけ選び出してそれらを平均した値を各流体力のアンサンブル平均で規格化し、KC数に対して描点したものである。揚力を除けば、KC数の増加に伴ない1.0に漸近する傾向があり、1/10有義直方向力の散乱はKC数の増加に伴ない80%から10%程度までに減少している。

図-3 両係数の標準偏差～KC数

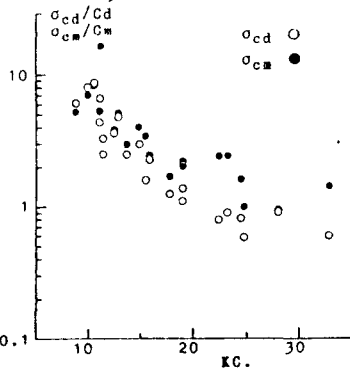


図-4(a) 有義直方向力～KC数

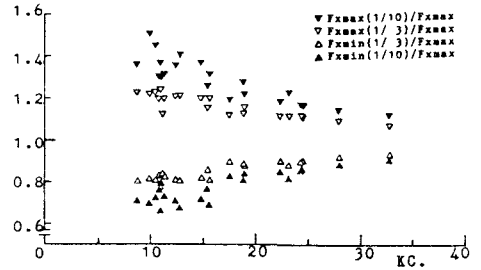


図-4(b) 有義揚力～KC数

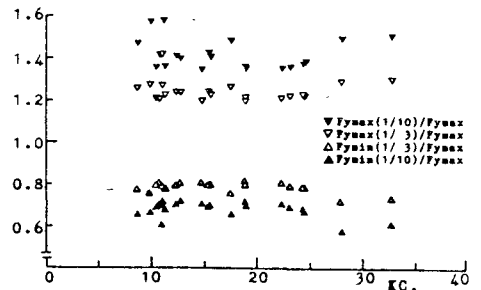
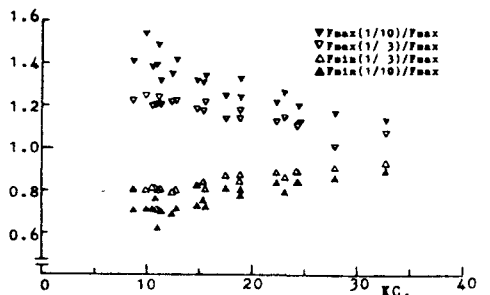


図-4(c) 有義合成流体力～KC数



3. 結 言

以上より、以下の点が判明した。

- 1) KC数が極めて大きい場合は Morison 的な取扱いがある程度可能であるが、KC数が小さいときは残存渦の影響が大きく、直方向力の評価に何らかの形で取入れることが必要である。
- 2) 直方向力の算定における質量係数、抗力係数の散乱は各周期の直方向力の変動に起因し、両者の散乱の程度はほぼ等しい。