

九州大学 工学部 学生員 〇大徳 恭治
 “ “ “ “ 萬 久光
 “ “ “ “ 栗谷 陽一
 “ “ “ “ 古賀 憲一

1. まえがき

フロックの形成機構を解明し、さらに、その理論展開を試みるためには、フロックの剪断強度は重要な因子である。しかし、フロックの剪断強度については、乱流場における乱流特性を用いて間接的に求めた例がある程度で、フロック強度を直接求めた例はない。従って、前報^{2),3)}では、2本の平行なベルトを互いに逆方向に移動させて一様剪断場を作り、そこでフロックを破壊させて、直接フロックの剪断強度を求めた。しかし、フロック形成時のジャーテスター内に、G値の空間的分布があることを考慮しても、フロックの剪断強度は、ジャーテスター内の空間的な平均撹拌強度から推測される剪断強度に比べて、はるかに大きい値となった。これは、ベルトの移動に従ってフロックに回転が加わり、もみれの効果によって強度が増したためと思われる。そこで本報告では、前報の装置を改良してフロックの剪断強度を求め、若干の考察を加えた。

2. 実験装置及び方法

フロック形成に用いたジャーテスター(容量3ℓ)は、従来と同一構造である。図-1にフロック強度測定装置の概略を示す。この装置の原型は、G.I.Taylorが液滴の破壊に使用したものである。G.I.Taylorの考案した装置は、4本の軸で囲まれる中央付近で一様剪断場が得られるようになっていたものの、そこに粒子を静止させておくことは困難である。従って本実験では、9本の軸を有する装置に改良し、中央の軸の回りに沿って粒子を移動させ、破壊の様子を観察できるようにした。この装置を用いると、2本の軸の中央付近ではGが0となるものの、その他の場所では剪断応力ではほぼ均一となるので、G値の算定にはさほど影響がないと思われる。フロックの剪断強度は次式で求めた、 $\tau = \mu_0 \left(\frac{dx}{dt} \right) = 2 \mu_0 (\ln x_2 - \ln x_1) / (t_2 - t_1)$ (図-2参照)ここに、 μ_0 はグリセリンの粘性係数 [$g \cdot cm^{-1} \cdot s^{-1}$]、 x_1 , x_2 は図に示した距離、 $(t_2 - t_1)$ はフロックが x_1 から x_2 まで通過する時間[s]である。グリセリン溶液を用いたのは、流体の粘性を高めることにより剪断場のレイノルズ数を極力小さくして、Stokesの流れに近づけるためである。フロックは次に示す様な方法で作製した。濁質濃度50 ppm, アルギン酸ソーダ2 ppm, 硫酸アルミニウム10 ppmとして、急速撹拌(以下 G_F と称する)で所定の時間撹拌した後、緩速撹拌(以下 G_S と称する)でフロック形成を行なう。フロックが最大成長径に達した付近でフロックを採取し、グリセリン溶液に一昼夜浸した。その後、フロック強度測定装置にフロックを入れ、軸の回転速度を0からステップ的に上げてフロックを破壊し、その時の剪断速度を求め、上式からフロックの剪断強度を求めた。同様の実験を、急速撹拌を行なわず一定の撹拌強度(以下 G_C と称する)で形成したフロックについても行なった。

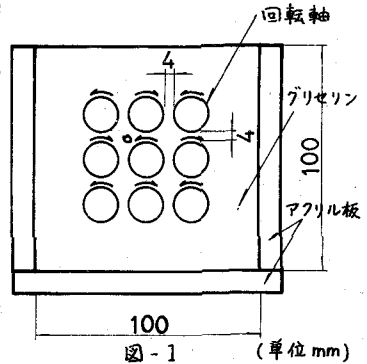


図-1 (単位mm)

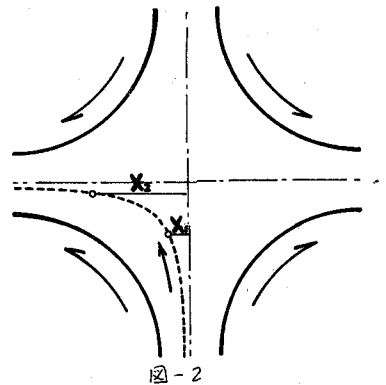
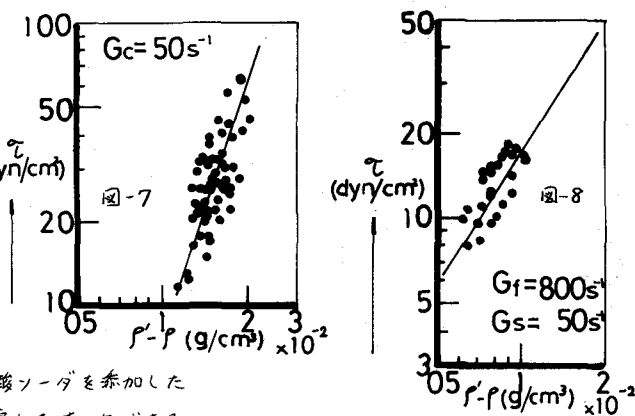
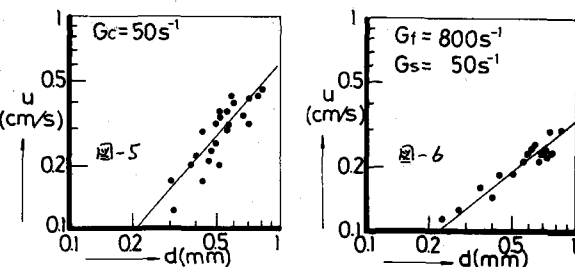
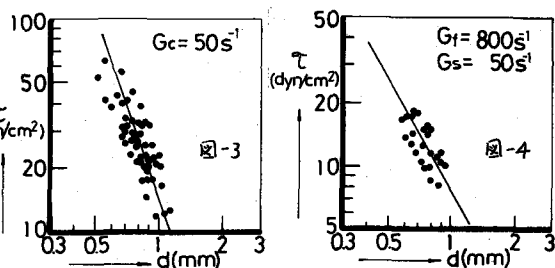


図-2

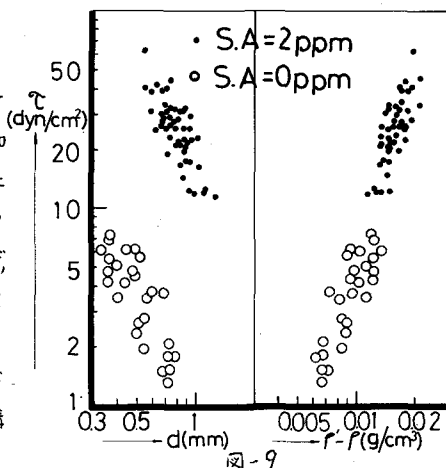
3. 実験結果及び考察

フロックの剪断強度と粒径との関係を図-3、図-4に示す。図-3に示す例は、 $G_F = 800 s^{-1}$ として、 $G_S = 50 s^{-1}$ で形成したフロックについての結果であり、図-4は、 $G_C = 50 s^{-1}$ で形成した時のものである。これらの図から解るように、同一粒径であれば $G_F = 800 s^{-1}$, $G_S = 50 s^{-1}$ で形成したフロックの方が、 $G_C = 50 s^{-1}$ で形成したもの

より剪断強度は小さくなっている。図-5、図-6に、上述と同一条件で形成したフロックの沈降速度と粒径との関係を示す。これらの図において、粒径の大きい所の沈降速度を比較すると、急速攪拌強度の高いフロック程、沈降速度は遅くフロック密度は小さくなっている。図-5、図-6から Stokes の式を用いて、個々の粒径に対するフロック密度を計算し、フロック密度とフロック強度の関係を求め、その結果を図-7、図-8に示す。この図において、同一のフロック密度でも、攪拌条件が異なれば、若干の差が認められる。このことから、フロック強度をフロック密度から求めるには、若干問題があるように思われる。つまり、急速攪拌を経てフロックを形成すると、急速攪拌下で形成される基本粒子が、緩速攪拌下でもその内部に保持されていること、及びフロック密度は急速攪拌強度が大きい程小さくなっていることから、 $G_t = 800 \text{ s}^{-1}$ 、 $G_s = 50 \text{ s}^{-1}$ とした時のフロックの構造は、 $G_t = 50 \text{ s}^{-1}$ と比べ、緩い状態で結合されているものと考えられる。従って、この緩い構造のため急速攪拌強度の高い程、フロック強度が小さくなるものと思われる。図-9に示す結果は、 $G_t = 50 \text{ s}^{-1}$ にして、凝集補助剤としてのアルギン酸ソーダを添加した場合と、しない場合とのフロック強度を測定した時の例である。



この図の左側に示す例は、横軸にフロック径をとっており、右の例はフロック密度をとっている。この図における粒径とフロック強度との関係は、同一粒径においても強度に大きな差がある。すなわち、同一粒径でのフロック強度は、アルギン酸ソーダを添加した場合の方が大きくなっている。これは、凝集補助剤の影響によって粒子間の結合力が大きくなったためと思われる。フロック密度とフロック強度の関係は、アルギン酸ソーダの有無に依らず、両対数紙上でほぼ同一の直線上にあることがわかる。しかし、図-7、図-8にも示されているように、フロック強度をフロック密度から求めるという丹保等の算定方法では、正確なフロック強度が得られるとは言い難く、フロック強度を求めるには、その内部構造までも検討する必要があると思われる。



〈参考文献〉

- 1) 丹保・山田・穂積：「フロック強度に関する研究」水道協会雑誌 Vol. 427, 545, 4 pp. 4~15
- 2) 栗谷・桶田・石：「フロックの剪断破壊強度について」土木学会西部支部研究発表会論文集 昭和47年度 pp. 125~126
- 3) 栗谷・桶田・古賀：「単一フロックの基礎的性質(Ⅱ)「フロックの剪断強度」」第25回全国水道研究発表会講演集 pp. 180~181
- 4) G.I. Taylor: "The Formation of Emulsions in Definable Fields of Flow" PROC. Roy. Soc. Vol 29 P.71 1879