

千葉工業大学 正員 滝 和夫
千葉工業大学 " 岡 正義

1. まえがき

実際の河川・湖沼における堆積物には、シルト、粘土および有機物を含んでおり、その物性は非常に複雑であり未知の部分の多いのが特徴である。この堆積物は水流の強弱により、流水の中に巻き上げられ、その結果、SSの増大等を引き起し、水圏環境に大きな影響を与えている。従って、これから微細粒子の集合としての堆積物(底泥)の巻き上がり現象の機構を明らかにする事は重要な問題である。本研究では、底泥材料のせん断応力とひずみ速度との関係、流水による掃流力と濁質濃度分布および泥層の降伏値との関係を実験的に明らかにするものである。

2. 実験装置および方法

本実験では、底泥の粘性の影響を知るために、粒子径が小さく粘性を有するベントナイトを底泥材料として使用することとした。ここで、ベントナイトの特性値はモンモリロナイト49.3%、メチレンブルー吸着量129.5mg/g、比重2.59、 $d_{50}=3\mu m$ である。実験に使用したベントナイト泥の含水比は350%から1300%までの5段階に変化させ、その時の粘度およびせん断応力を有段変速式シリンドラ型粘度計によって測定することとした。また、各含水比における水・ベントナイトを次式から換算混合し、ベントナイトの膨潤性を考慮して、2昼夜静置する。底泥に対

$$w_0 = \frac{G_s - G_s'}{G_s' - G_s} \quad (1) \quad \begin{array}{l} G_s: \text{底泥粒子の単位体積重量} \quad G_s': \text{粒子の比重} \\ G_s': \text{泥層の単位体積重量} \quad w_0: \text{含水比}(\%) \end{array}$$

する測定項目はひずみ速度、せん断応力および粘度であり、これらのデータの経時変化を計算機に逐次オンラインで記録するようにしてある。また、ベントナイト泥の降伏値は測定結果から、直接法によって求めることとした。

一方、流水が底泥表面を流下する時に生じる泥の巻き上がり量および作用せん断力を長さ6m、幅30cm、水深6cmの実験用排水路を用いて測定する。泥層は水路中央区間1.5mに7cm厚さに敷き並べるようにした。実験は流量2.8 m^3/s で、各含水比に対し行なった。ここで、底泥の巻き上がり量は内径0.8mmのサイフォン管を水深方向に14本流水に平行に並べ、各水深における紙残留量によって濁質濃度として求めるようにした。また、底泥表面における作用せん断応力は流速分布の勾配から求めるようにした。

3. 実験結果および考察

底泥の各含水比に対するせん断応力とひずみ速度との関係を含水比ごとに整理し、示したのが図1である。図中の○印はシリンドラの各回転数における経時データの最後の値を示したものである。図より、同一ひずみ速度を試料に加えたにもかかわらず、まえからのひずみ速度の大小によって、そのせん断応力の値は異なり、ループを描いているのが認められる。また、ループ内の面積はベントナイト泥の含水比の増大と共に減少し、 $w_0=$

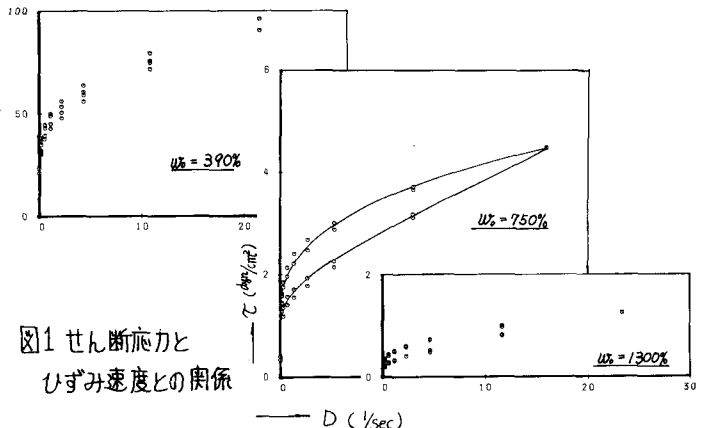
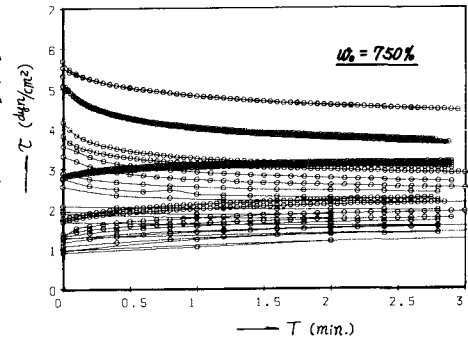


図1 せん断応力とひずみ速度との関係

1390% まではループは認められない。このループ面積の大小は流れのせん断力が底泥に吸収され、内部摩擦として消散する量を表わすもので、ベントナイト粒子の形状が比較的扁平に近いことによる配向性に帰因しているものと考えられる。

次に、各含水比に対するせん断応力の経時変化を示したのが図2である。図より、せん断応力の時間依存性はシリンダーの回転開始時に強く表われ、2・3分後にはほぼ一定値になる傾向が知られる。そして、この時間依存性は低含水比のベントナイト泥で大きく、高含水比になるに従い小となるのが認められる。また、 $w_0=1300\%$ 程度では、時間依存性は見られず、ニュートン流動に近いことがわかる。



一方、河川・湖沼での底泥の巻き上がりは流れのせん断力が底泥の降伏値を上回ることによって生じるものと考えられる。いま、図2 各ひずみ速度におけるせん断応力の経時変化各含水比における実測降伏値を図3の○印で、また、底泥層単位面積当りの巻き上がり量 g_s を図3の△印で示す。ここで、巻き上がり量 g_s は図4に示す濃度分布をもとに、次式から求めることができる。

$$g_s = \frac{Q}{L} \int_0^h \frac{C_s}{\pi r^2} dy = \frac{Q \sum C_{si} \Delta y_i}{L(\pi r^2)h} \quad (2)$$

g_s : 底泥の巻き上がり量, C_s : 濁質濃度, Q : 流量
 L : 底泥層区間長, r : サイオン管半径

図より、ベントナイト泥の降伏値は含水比の増大とともに急激に減少し、 -7.1 割の曲線上にプロットされているのが認められる。これに対し、底泥の巻き上がり量は含水比の増加とともに急激に増大し、ほぼ 11.1 割の曲线上にプロットされることわかる。ここで、いま、流水が底泥表面に作用したと考えられるせん断応力は流速分布より $\tau_w = 0.18 \text{ dyne/cm}^2$ である。したがって、底泥の巻き上がり現象は図3より、 $w_0=720\%$ 以上で生じているものと考えられる。また、このことは前報における密度流的現象と掃流的現象との境に位置している。

4. あとがき

種々の含水比におけるベントナイト泥を用いて底泥のヒステリシスループの形状、流水が底泥表面を流下する時に生じる泥の巻き上がり量およびせん断応力について、実験を行なった。その結果、次の事柄が明らかとなった。

- (1) ベントナイト泥では、ひずみ速度とせん断応力との関係はヒステリシスループを描き、含水比の増大と共に、そのループの面積は小となる。これは、泥層粒子の配向性に帰因しているものと考えられる。
- (2) ベントナイト泥層表面に生じる掃流的現象と密度流的現象との境はベントナイト泥の降伏値近くであると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 滝, 岡; 河川底泥の巻き上がり現象, 第16回水質汚濁学会講演集, 昭.57, 3.
- 2) 滝, 岡; 粘性を有する底泥の巻き上げ現象に関する実験的研究, 第35回土木学会年講集, 昭.55, 9.

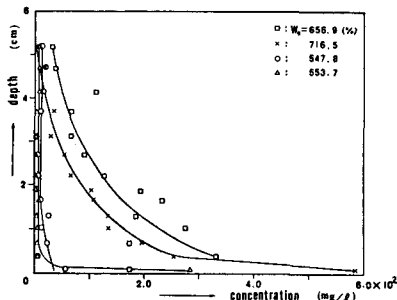


図4 流水中の濁質濃度分布

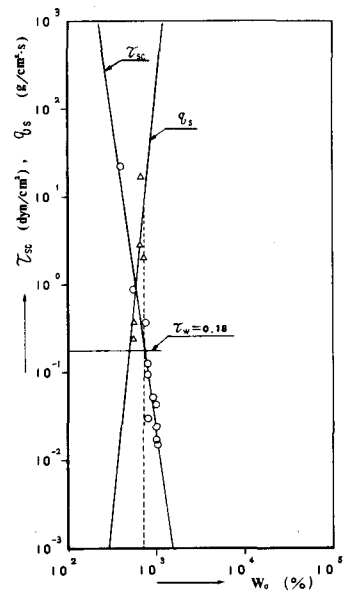


図3 各含水比における泥の巻き上がり量と降伏値