

硬い底泥の限界巻き上げせん断応力と侵食速度に関する実験的研究

福岡大学工学部 学生員 ○野村哲裕
福岡大学工学部 正会員 山崎惟義

福岡大学工学部 正会員 渡辺亮一
九州大学大学院 フェロー 楠田哲也

1. はじめに

河川感潮部、浅い湾や湖沼では底部に粘着成分を多く含んだ泥が堆積していることが少なくない。この底泥は潮汐、洪水、吹送流等により巻き上げられ、懸濁物質による濁りによって透明度の低下、また、巻き上げに伴い、水中の溶存酸素の低下や水域の汚濁の問題を引き起こしたり、河川感潮域では河口から上流に向かって輸送された底泥粒子が河道断面内に沈降、堆積し、河道断面積を減少させる。その結果、流下能力の低下した河川では大雨時に洪水を引き起こし、計画断面を満足させるために定期的に底泥を浚渫しなければならない。このため、定期的な浚渫には莫大な費用が必要となるため、効果的な河道の管理を行っていくためにも、底泥巻き上げ、沈降、輸送などの現象を解明することは非常に重要であると考えられる。これまで底泥の巻き上げに関する研究は数多く行われてきており、柔らかい底泥の巻き上げに関する研究は行われてきた。¹⁾ しかし、含水比が 200%程度の硬い底泥が出水時にどの程度巻き上げられるか、ということは明らかになっていない。それは出水時に匹敵するせん断応力²⁾ を出力可能な装置が存在しなかったからである。しかしながら、出水時に河道がどの程度で洗掘されるかは、河川管理者にとっては必要な情報であると考えられる。そこで本研究では、出水時に匹敵するせん断応力を出力可能な円形回転水路を用いて底泥の巻き上げ現象を解明し、既往研究¹⁾³⁾ よりも硬い底泥の限界底面せん断応力を明らかにすることと、限界底面せん断応力に影響を及ぼす因子を明らかにすることを目的としている。

2. 実験概要

2.1 実験装置

写真-1 は、今回の実験に用いた内径 4.6m、外径 5m、深さ 0.4m、水路幅 0.2m の円形回転水路の写真を示している。円形回転水路は回転円盤上に固定し、円形リングアームの先端に固定した。円形回転水路、アームは、ともにモーター、回転速度制御装置を有し、中央の 2 重回転軸を通じて独立で回転できるようになっている。また、リングは、昇降機能を有しており、水深を自由に変化できる機構を有している。また、実験時、泥を入れたトレーを装置底部に挿入できるようになっている。

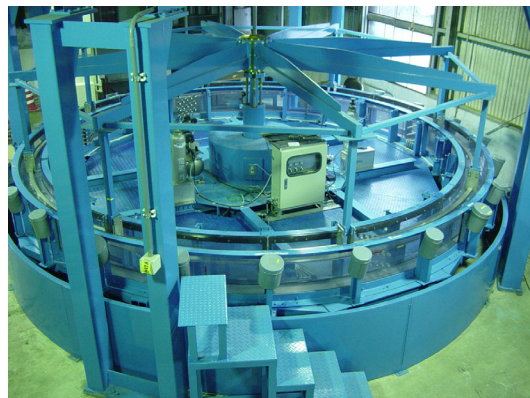


写真-1 円形回転水路の写真

2.2 実験試料

2.2.1 六角川

六角川は武雄市、小城市などを流れ、有明海に注ぐ一級河川である。本研究では六角川河口より 11km 地点で泥を採取した。泥の真密度 2640 kg/m³、強熱減量 18%、中央粒径 1.4 μm、粒度組成は粘土分約 78%、シルト分約 22%であり、地盤工学の三角座標分類では粘土に属する。

2.2.2 今津干潟

博多湾南西部に位置する今津湾の干潟で採取した泥で、真密度 2790 kg/m³、強熱減量 1.3%、中央粒径 19 μm、粒度組成は粘土分約 27%、シルト分約 35%であり、地盤工学の三角座標分類ではロームに属する。

2.3 実験概要

六角川、今津干潟に行き、トレーに泥の層を崩さないように詰め、持ち帰り底泥の巻き上げ実験を開始した。表-1 は、今回行った巻き上げ実験の条件を示している。各実験において、水路底面中央部におけるせん断応力を 0.1 Pa から 7 Pa まで変化させて、連続的に巻き上げ

表-1 底泥巻き上げ実験条件

	採泥場所	含水比(%)
RUN1	六角川	725
RUN2	六角川	640
RUN3	六角川	625
RUN4	六角川	475
RUN5	六角川	206
RUN6	六角川	200
RUN7	六角川	144
RUN8	今津干潟	133
RUN9	今津干潟	46

の実験を行った。実験中、装置内に設置した採水装置によってサンプル(約 50 cc)を採取し、レーザー濁度計を用いた分析によって懸濁物質濃度を測定した。この懸濁物質濃度の変化を測定することによって、各せん断応力での巻き上げ量を算出している。また、同時に装置内よりビデオ撮影を行い、巻き上げの様子を観察した。

3. 結果・考察

図-1 はせん断応力と侵食速度の関係を表している。横山 (2006) が測定した筑後川の洪水時のデータもプロットしている²⁾。この図より筑後川の試料の方が侵食速度が速く、その次に今津干潟、六角川となっていることがわかる。今回の測定によれば、六角川の泥が一番侵食されにくいということがわかる。

図-2 は、限界底面せん断応力と底泥の含水比の関係を表している。この図より、六角川泥は含水比の低下に伴って、限界底面せん断応力が指数関数的に減少していることがわかる。これに対して今津干潟泥は限界底面せん断応力が減少すると、急激に含水比が増加することがわかる。これらのことから、六角川泥より今津干潟泥の方が含水比による影響を受けやすいということがわかる。また、限界底面せん断応力が 4 Pa のときの両試料の含水比を比較すると六角川泥が約 200%、今津干潟泥が約 35%、となっており両試料の含水比に 150%以上の差があることがわかる。

図-3 は六角川泥、今津干潟泥、筑後川泥の粒度分布を示している。この図より、六角川泥の粘土分(5 μm 以下)が 78%、今津干潟泥の粘土分が 27%、筑後川泥の粘土分が 50%ということがわかる。このことから、六角川泥の方が今津干潟泥に比べて粘土分が多く粘着力が強いため侵食されにくかったと考えられる。

4. まとめ

以上の実験結果より、六角川泥は含水比 206%、144%のときそれぞれ限界底面せん断応力 3 Pa、4 Pa、今津干潟泥は含水比 133%、46%のとき、限界底面せん断応力 2.3 Pa、3.5 Pa、ということが明らかになった。また、同一試料の場合、巻き上げ量、限界底面せん断応力は含水比に比例して増加していくということが明らかになった。また、泥が異なる場合は含水比も限界底面せん断応力に影響を及ぼすが、それだけではなく粒度も影響しているということが明らかになった。また、粒度だけでなく粘性など他のパラメータも限界底面せん断応力に影響を及ぼすことが推測されるため、今後も引き続き実験を行う必要があると考えられる。なお、この研究の一部は、科学研究費補助金(基盤研究 B: 課題番号 18360254, 研究代表者: 渡辺亮一、および基盤研究 C: 課題番号 19560554, 研究代表者: 山崎惟義)の助成を受けて行われたものである。ここに記して、謝意を表す。

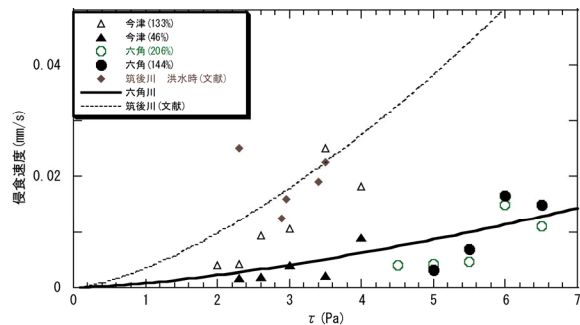


図-1 せん断応力と侵食速度の関係

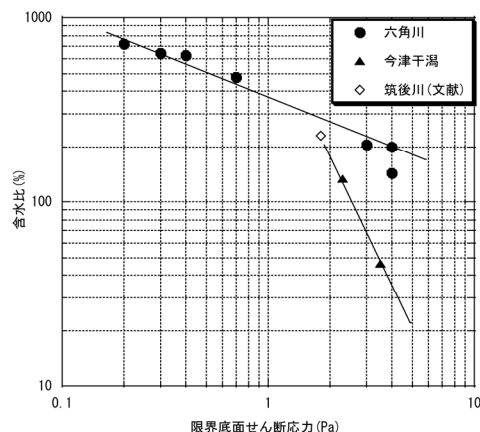


図-2 含水比と限界底面せん断応力の関係

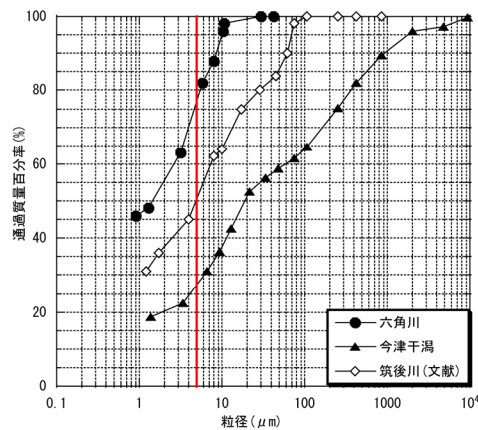


図-3 粒径加積曲線

参考文献 1)海田輝之他:柔らかい底泥の巻き上げ過程に関する研究 土木学会論文集 第393号 pp34-37 1988. 5
2)横山勝英:強混合型の河川汽水域における底泥の洪水時フラッシュとせん断強度変化に関する調査実験報告書 河川整備基金助成事業 pp12-25 2006 3)末永一格:底泥の巻き上げに及ぼす生物膜の影響に関する研究 福岡大学工学部卒業論文 pp38-43 2004. 3