洪水時江戸川における土砂動態調査に対するCTDセンサーの適用

東京理科大学理工学部土木工学科　正会員　○二瓶泰雄
東京理科大学大学院理工学研究科土木工学専攻　学生員　木水　啓
西武建設（株）　非会員　植田雅康

１．はじめに

水系一貫土砂管理[1)]を実現するべく，多くの河川では洪水時に土砂動態調査が実施されている．その調査の多くは，横断面内の一地点で鉛直方向に数箇所にて河川水を採水し，その後分析して土砂濃度を計測する，という手法に基づいている．土砂濃度は鉛直方向のみならず横断方向にも大きく変化することが室内実験により指摘されているものの[2)]，現地河川の洪水流での本格的な調査例は無く，土砂濃度の横断・鉛直分布や土砂輸送量に関しては不明な点が多い．また，このような調査を採水・分析のみにより行うことは現実的に困難である．本研究では，湖沼等の水質調査に用いられる濁度計付きCTDセンサーを使用して，洪水時江戸川における土砂濃度の鉛直・横断分布調査を行うことを試みた．観測結果に基づいて，①濁度とSSの検定結果，②SSの鉛直・横断分布特性，③土砂輸送量の評価精度，に関して検討した結果を示す．

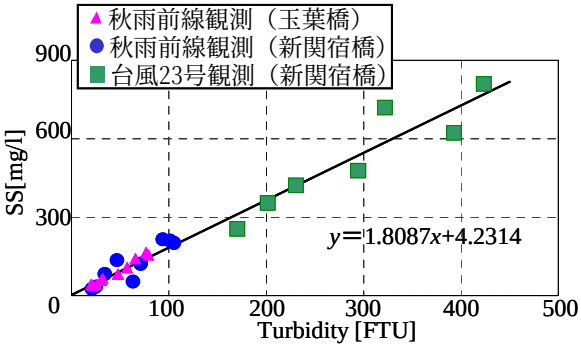
２．現地観測の概要

本研究で用いるCTDセンサーはCompact-STD（アレック電子㈱製）であり，計測項目は水深や濁度等である．このCTDセンサーを橋上より吊るし，水表面から底面付近まで降ろす，という作業を横断面内の数地点で行い濁度の鉛直・横断分布を計測する．観測場所は江戸川上流部の新関宿橋（河口より57.5km）と中流部の玉葉橋（同35.5km）であり，観測期間は2004年10月5日～8日（秋雨前線観測）と10月21日～22日（台風23号観測）という2つの洪水イベント時である．このときの洪水概況としては，秋雨前線観測時では水位は高水敷高さをわずかに超える程度であり高水敷上の流れはほとんど見られなかったのに対して，台風23号観測時では高水敷でも0.5m/s以上の流速が観測されている．そこで，横断面内の計測範囲・地点数は，秋雨前線観測では低水路のみ（玉葉橋9地点，新関宿橋8地点），台風23号観測では横断面全体（玉葉橋11地点，新関宿橋15地点）とした．CTDセンサーとともに超音波ドップラー流速分布計（ADCP）も用いて移動観測を行い，流速の鉛直・横断分布計測を行う[3)]．さらに，各橋の低水路中央部及び高水敷上にて表層バケツ採水を行い，SSや浮遊土砂粒径分布を求める．

３．観測結果と考察

（1）SSと濁度のキャリブレーション結果

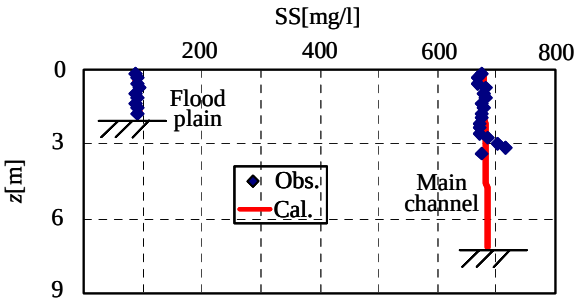
CTDセンサーの濁度計測値からSSに変換するために必要なSSと濁度の検定結果を**図－１**に示す．ここでは，表層の濁度値と採水観測により得られたSSを比較している．これより，２つの観測期間でかつ２つの測定点の観測データを対象としても，SSと濁度の間には相関係数が0.981と高い検定曲線が得られた．浮遊土砂粒径分析の結果から，粒径分布がほとんど変化していないことが確認されたので，濁度とSSのキャリブレーション関係に大きな変化が生じなかったものと考えられる．



図－１　濁度とSSの検定結果

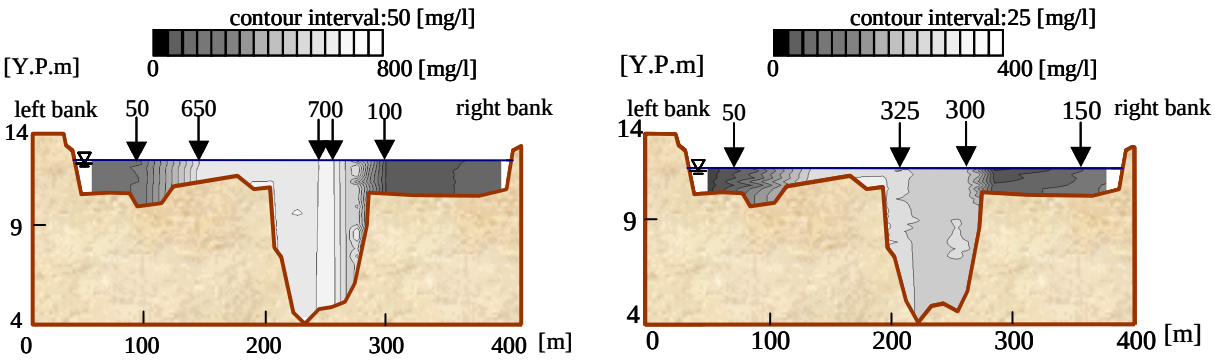
（2）SSの鉛直・横断分布

SSの鉛直構造を調べるために，台風23号観測時の新関宿橋における低水路と高水敷上のSS鉛直分布を**図－２**中の◆印で示す．ここでは，SSの観測値とともに測定点の底面位置を表示している．これを見ると，SSの観測値は低水路，高水敷ともに鉛直方向に大きな変化は見られず一様化している．浮遊土砂の粒径分布を調べたところ，ウォッシュロード成分が浮遊土砂の



図－２　SS鉛直分布の観測値と推定値
（台風23号観測時，10/21 13:31～14:54，新関宿橋）

キーワード：土砂輸送，CTDセンサー，洪水流，江戸川
連絡先　：〒278-8510　千葉県野田市山崎2641　TEL：04-7124-1501（内線4031）FAX：04-7123-9766

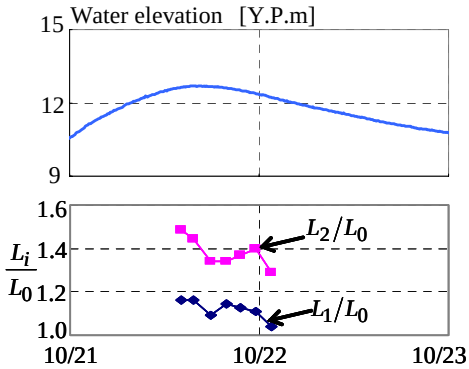


(a) 水位ピーク期（10/21　13:31～14:54）　　**(b)** 減水期（10/22　0:58～2:08）

図－3　横断面内における SS コンター（台風 23 号観測，新関宿橋）

90%以上を占めているため，SS が鉛直一様化して分布しているものと考えられる．また，CTD センサーによる計測範囲に着目すると，高水敷では水深全体にわたって計測値を得ることができたものの，流速レベルが大きい低水路では CTD センサーが下流方向に流されたため底層まで計測を行うことができなかった．そこで，SS 鉛直分布として指数関数を仮定して得られた SS の推定値を同図中に実線で図示する．これより，低水路や高水敷ともに，SS 推定値は観測値と概ね一致しており，本観測で得られた SS 分布が良く知られている指数関数で近似できることが示された．

次に，新関宿橋における横断面内の SS コンターを**図－3**に示す．ここでは，台風 23 号観測時の結果のうち，水位ピーク期（10/21　13:31～14:54）と減水期（10/22　0:58～2:08）の結果を図示している．このコンター図作成に採用されている SS 値としては，観測値がある部分ではそのまま観測値を使用し，データ欠測の部分では上記の推定値を与える．この図を見ると，水位ピーク期では，低水路で最大 700mg/l まで達しているのに対して高水敷では 50～200mg/l 程度であり，横断面内に SS が大きく変化している．また，左岸・右岸側の高水敷における SS 差と対応して低水路内でも SS 差が見られる．一方，減水期においては，低水路では SS は 300mg/l と水位ピーク期と比べて大幅に濃度低下しているのに対して，高水敷では水位ピーク期と同程度であり，低水路と高水敷の SS 差は水位ピーク期と比べて著しく減少していることが分かる．



図－4　土砂輸送量の算定結果の比較（台風 23 号観測，新関宿橋）

（3）土砂輸送量の評価精度

CTD センサー及び ADCP による横断面内における SS と流速の観測データに基づいて土砂輸送量を算定した結果を**図－4**に示す．通常の調査では，低水路中央部における SS 計測値と流量の積により土砂輸送量を算定しているので，ここでは，低水路中央部の SS 値と ADCP 調査による流量値の積 L_1 (case1)，同じ SS 値と棒浮子観測による流量値の積 L_2 （case2）を算出して本観測結果 L_0 で割っている．これを見ると，低水路中央部の SS は断面平均値よりも大きいために，本観測結果と比べて case1，2 は過大評価しており，case1 では 4～16%，case2 では 29～49%の算定誤差が生じている．これより，土砂輸送量の高精度評価のためには SS の鉛直・横断分布調査を行うことは不可欠であり，そのために CTD センサーを用いる調査法が有用である．

4．まとめ

CTD センサーを用いて江戸川洪水流中における SS の鉛直・横断分布調査を行った結果，濁度と SS は良好な相関性を持ち，また SS の横断分布変化が顕著であることを示した．さらに，SS の断面分布を考慮しない従来の土砂輸送量評価法では，流量値に ADCP 調査結果を用いると実測値よりも 4～16%，棒浮子観測結果を適用すると実測値より 29～49%の過大評価をした．そのため，土砂動態調査の精度向上には，CTD センサーを用いた SS の鉛直・横断観測を行うことが必須であることを示した．

参考文献：

1）辻本・藤田：河川技術論文集，Vol.10，pp.13-18，2004．　2）池田・泉：土木学会論文集，No.434／Ⅱ-16，pp.47-55，1991．
3）木水・二瓶・望月：第 60 回土木学会年講，2005（投稿中）．