

II-56

後方散乱式浮遊砂濃度計の基本特性について

建設省土木研究所

正会員○笠井雅広

建設省土木研究所

正会員 福島雅紀

東京大学大学院工学研究科

正会員 佐藤慎司

1. はじめに 沿岸域における浮遊砂濃度の測定においては、後方散乱式浮遊砂濃度計(以下、OBS)がしばしば使用される¹⁾。最近では碎波帯内での浮遊砂測定にも利用されるようになってきた。OBSは、水中の懸濁物質によって散乱した赤外線放射を後方(赤外光の放出方向に対して180°付近)で計測するものである。センサは赤外光の送信部と受信部が一体となっているため、計測範囲に乱れを生じさせないなどの利点がある。一方で、光学機器であるため、外部の照度や気泡の影響を受けるなどの問題が以前から指摘されている。そこで本研究では、OBSの基本特性について実験により検討を行った。

2. 計測範囲 OBSセンサは水中の懸濁物質によって散乱した赤外線放射を計測するものであるが、赤外光は水中では大きく減衰する。一般に清浄水中においては5cm進むごとに60%以上が減衰する。実際のOBSの測定範囲を把握するため、清浄水中にOBSをセットし、障害物をセンサに徐々に近づけたときの出力変化を調べた。障害物は30cm四方の木片を白色に着色したものと、黒色に着色したものの2種類を用意した。図-1はその結果であり、横軸がセンサと障害物間の距離、縦軸が入力電圧で無次元化した出力電圧である。白色の障害物を用いた場合、センサと障害物の距離が2cmの時には99%の出力(1%減衰)が得られた。さらに距離5cmでは49%の出力(61%減衰)、距離15cmでは1%の出力(99%減衰)となっている。したがって赤外光を用いたOBSの場合、測定範囲は最大でもセンサから15cm程度である。懸濁物質を測定する場合には、センサ近傍で散乱が生じるため測定範囲はさらに狭くなる。障害物が黒色の場合には、2cmの距離でも出力は5%程度であり、黒色の場合には赤外光が吸収され、散乱が起こりにくくなっていることを示している。

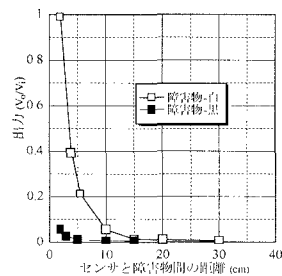


図-1 障害物による出力の変化

3. 周辺照度の影響 光学機器を使用する場合、条件によっては外部の照度の影響を受けることがある。前節のとおりOBSの計測範囲はセンサから15cm程度であり、日射による赤外放射が影響するのは水面から15cm程度までと考えられるため、現地海岸でOBSを使用する場合は、波谷面から15cm以深にセンサを設置すれば、外部の照度の影響は受けないと考えられる。念のため実験室内において水面下20cmに設置したOBSに水面上からライトをあてた場合、暗幕で覆った場合、自然光のみの場合を比較したが、出力に有意な違いは見られなかった。

4. 検定曲線 OBSを使用した計測では、得られた出力を浮遊砂濃度に変換しなければならない。その際には検定曲線を用いるが、検定曲線は計測の対象となる懸濁物質の色や粒径分布等に大きく依存する。そこで粒度組成の異なる2種類の砂に対する検定を行い、感度特性の違いを調べた。検定の対象としたのは茨城県波崎海岸で採取した汀線付近の底質と、移動床模型実験等で使用する珪砂(東北珪砂6号)である。2種類の砂の粒径加積曲線を図-2に示す。中央粒径を比較すると、波崎海岸底質は $D_{50}=0.17\text{mm}$ 、珪砂が $D_{50}=0.22\text{mm}$ で珪砂の方がやや粗いが、粒径分布は均一に近い。また、珪砂は珪酸分が90%を占める石英砂で白色であるのに対し、波崎海岸の底質はやや黒色がかっている。

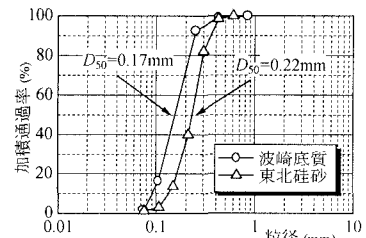


図-2 粒径加積曲線

検定は写真-1に示すように、50cm四方の水槽にOBSを固定し、砂を加えて攪拌機により激しく攪拌し、

キーワード；浮遊砂濃度、OBS、赤外放射

連絡先；建設省土木研究所 海岸研究室 〒305-0804 つくば市旭1 TEL0298-64-3163 FAX0298-64-1168

水槽内が定常状態となったところで、出力値を3分間記録した。その後、攪拌を続けながら、ピペットによりOBS近傍で約100mlの懸濁水を採水して、浮遊砂の濃度を求めた。砂の量を変化させてこの作業を繰り返し、検定曲線を作成した。ただし、出力電圧の瞬間値にはばらつきがあるため、検定曲線を求める際の電圧値は3分間の平均値を用いた。

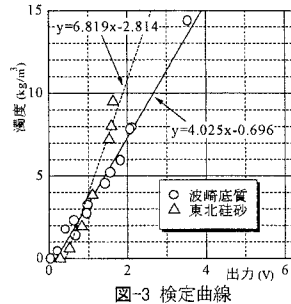


図-3 検定曲線

図-3に求められた検定曲線を示す。それぞれの砂に対する浮遊砂濃度と出力の平均値をプロットし、直線で回帰した。浮遊砂濃度 0kg/m^3 に対して出力が 0V とならないのは、砂に含まれる微細粒径成分による濁りの影響である。波崎海岸の底質に比べ、珪砂の方が傾きが大きい。一般に同程度の浮遊砂濃度に対しては、浮遊砂の粒径が大きい程(粒子の数が少なくなるため)散乱光強度が弱くなる。したがって、検定曲線の傾きは、浮遊砂の粒径が大きいほど大きくなるはずであるが、検定結果は逆の傾向にある。この結果に対しては砂の色が影響しており、黒色系の波崎海岸の砂は白色系の珪砂に比べ、赤外光の吸収が大きかったことが要因として考えられる。

瞬間出力の標準偏差は、浮遊砂濃度が大きいほど大きくなる傾向にあったが、その値は平均値の10%程度であった。検定装置や採水精度の問題で、図-3に示した以上の浮遊砂濃度は測定できなかったが、中央粒径が 0.2mm 程度の砂であれば、 10kg/m^3 の濃度までは測定できることがわかった。

5. 気泡の影響 砕波帯内の浮遊砂濃度を測定する場合、砕波に伴う気泡の影響で出力にスパイク状のノイズが現れることが、指摘されている。図-4は移動床模型における表面波形と水深方向3層に設置されたOBSの出力である。実験では沖合水深3mの実験水路に、珪砂を用いて1/20勾配斜面を設置し、不規則波を作用させた。

波高計及びOBSは砕波点付近に設置されている。上層のOBS出力にスパイク(図中の○印)が見られるが、水位変動や中層、下層の出力との位相関係から判断し、気泡の影響であると考えられる。そこで検定で使用した水槽にOBSを設置し、エアーポンプにより直径3mm程度の気泡(約3l/min)をOBS直下で発生させ影響を調べた。その結果スパイク状のノイズは出現せず気泡の影響は出力に現れなかった。この要因として、実際の砕波時には、さらにに径の小さい気泡が存在することや、単位体積あたりの気泡混入量が時間的に変動することなどが考えられるため、気泡の影響を定量的に把握するにはこれらを考慮した検証が必要である。

6. まとめ OBSの基本的特性について以下の点が明らかになった。(1)赤外放射を用いたOBSの測定範囲はセンサーから15cm程度までである。(2)水面とセンサー間の距離が20cm以上であれば、外部の照度の影響はほとんど受けない。(3)出力を浮遊砂濃度に変換するための検定曲線は、対象とする砂の粒径分布、色により大きく異なる。(4)直径が3mm程度の均一な気泡に対しては、その影響をほとんど受けないが、現地海岸や実験では気泡の大きさや混入量が異なるため、定量的な評価には更に検討が必要である。

参考文献：1) John P. Downing, R. W. Sternberg and C. R. B. Lister: New instrumentation for the investigation of sediment suspension processes in the shallow marine environment, *Marine Geology*, 42, pp.19-34, 1981.

写真-1 検定装置とOBSセンサー

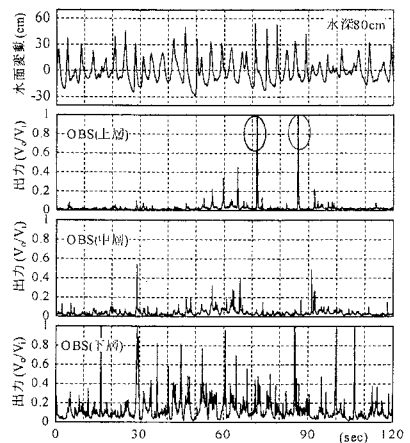


図-4 移動床実験におけるOBSの出力