

改良型圧電飛砂計による高濃度飛砂量の測定

(有) ラボコスタ 正会員 ○香取 完和 (株) クレアリア 正会員 保坂 幸一
(株) アルファソフト 西受 由裕 日本大学理工学部 正会員 久保田 進

1. 目的

圧電飛砂計 (Hosaka・kubota (2011)¹⁾) は、圧電センサーに飛砂が衝突すると電気信号が発生することを利用して飛砂量を測定する装置である。小型、軽量で、安定して測定できる装置として実用に供する段階にあると考えられるものの、強風時や砂面近傍など、飛砂が猛烈に多い場合には過小評価となる。この研究の目的は、センサー面積が小さくなるようにすることによって、適応測定濃度を高めることにある。

2. 圧電飛砂計の改良

圧電飛砂計のセンサー部は外形 12mm の円形をしており、ここに飛砂が衝突することによって生じる微弱電圧により、飛砂を検知して、単位時間単位面積当りの飛砂数を計数する。このセンサー部に内径がセンサー面積よりも小さい面積の穴があいたカバーを取り付けた。穴の大きさは 8mm, 6mm, 5mm, 4mm, 3mm, 2.5mm のものを比較検討した。従来型と各種カバーを取り付けた改良型との比較測定を行った結果、砂面近くでは従来の測定限界値を越えており、特に内径 4mm のカバーを取り付けたものが最も大きい測定値を示し、カバーの内径が小さい 3mm, 2.5mm ではむしろ測定値は小さくなった。内径が小さいとカバー入口で砂がはじかれることなどにより、カバー内部の検知部まで到達しない飛砂が増えるためと考えられる。図 1 に従来型センサーとカバー付きセンサーの比較測定状況を示す。

3. 信号処理と測定限界

飛砂の衝突信号は、飛砂粒子の大きさと衝突速度に比例すると考えられることから、粒径の大きさ毎に、しきい値を設定している (中央粒径 0.25mm (D25) の場合は 1.2V, 中央粒径 0.52mm (D52) の場合 2.1V)。ただし、衝突により信号値が振動し、衝突信号後にしきい値以上の信号値が続くことが多いので、衝突後 2 個連続してしきい値を下回るまで計数を止めるといった処理をしている。高速度カメラによる検定の結果、測定

周波数 8,000Hz の場合、衝突信号後に引き続くしきい値以上の信号数が 4 個以下の場合が約 80%であった。このことから考えられる測定可能な飛砂衝突数は、測定周波数 8,000Hz として、飛砂 1 個あたり衝突信号 1 個と引き続く振動信号 4 個としきい値以下の信号 2 個が加えられて合計 7 個の信号になることから、毎秒約 1,142 個となる。

従来型による飛砂濃度測定の上限值は、保坂ら (2012)²⁾による風洞実験の結果によれば、D25 の場合約 0.02gf/cm²/s, D52 の場合には約 0.2gf/cm²/s と判断される。



図 1 圧電センサー (カバー無し; 左, カバー内径 5mm; 中, 内径 4mm; 右)

4. 検定実験

飛砂風洞と風速条件: 検定実験には飛砂風洞を用いた。この風洞は、測定部長さ 20m の吐き出し型風洞であり、測定断面は幅 1m×高さ 1.1m で、底面部床は砂を敷くために 10cm 下げた。風上から 15m 地点まで砂を敷いて、砂面末端部で圧電飛砂計と熱線風速計による測定を行った。実験時の風速条件は 3 種類であり、これを摩擦速度 u_* で示すと 0.7~0.9m/s, 1.1~1.3m/s, 1.6~1.8m/s であり、強風時~暴風時の状態に対応する。

使用砂: 用いた砂は D25 および D52 の 2 種類であり、鹿島海岸の砂を粒度調整することによって極力均一化されている。粒度分布を図 2 に示す。

キーワード 飛砂量, 電氣的計測, 圧電飛砂計, 風洞実験

連絡先 〒142-0053 東京都品川区中延 2-9-2 北村ビル 1F (有) ラボコスタ TEL 03-5751-6821

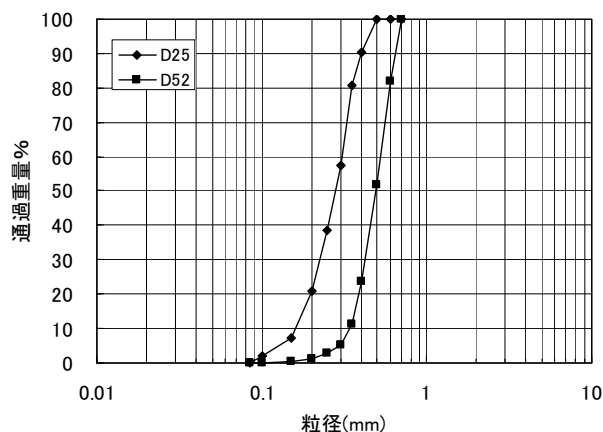


図2 使用砂の粒度分布

5. 実験結果

改良後の圧電飛砂計による飛砂量分布の測定結果を図3, 4に示す. 図中には鉛直分布型捕砂器による測定結果を比較のために示した. 捕砂器のデータは, 別途に同じ風洞で同じ砂を用いてほぼ同様な風速条件下で得られたものであって, 捕砂効率が考慮されている.

図3は, D25の砂に対して内径4mmのカバーを付けた圧電飛砂計による飛砂量分布測定結果である. u_* : 0.7-0.9m/s に対応する捕砂器データは他と比べるとやや過大な値であるように考えられることから, u_* : 1.1-1.3m/s 以下で改良型圧電飛砂計は妥当な結果を与えられとされる. さらに風速の強い, u_* : 1.6-1.8m/s では砂面近傍で捕砂器データよりも1桁小さい結果であり, 約 $0.1\text{gf/cm}^2/\text{s}$ で頭打ちとなっており, これが今回の測定限界と考えられる.

図4は, D52の砂に対する測定結果である. 砂面上10cm以上では内径6mmのカバーとし, それよりも下の砂面近傍では内径4mmのカバーを付けて測定した. 捕砂器データとの一致は良く, 砂面近くでも頭打ち状態とはなっていないように見受けられる. u_* : 1.6-1.8m/s での砂面近傍での測定値は $1\text{gf/cm}^2/\text{s}$ に及んでおり, D25の砂に対する上限値の約10倍となっている. 砂の粒径が約2倍であるので, 体積, 質量では約8倍となることと概略一致する結果といえよう. このことからD52の砂に対する飛砂量約 $1\text{gf/cm}^2/\text{s}$ は測定限界値に近いものと推定される.

6. 結論

結論を要約すれば以下の通りとなる.

- ①D25とD52のどちらの砂に対しても内径4mmのカバーが最も良く適合した.

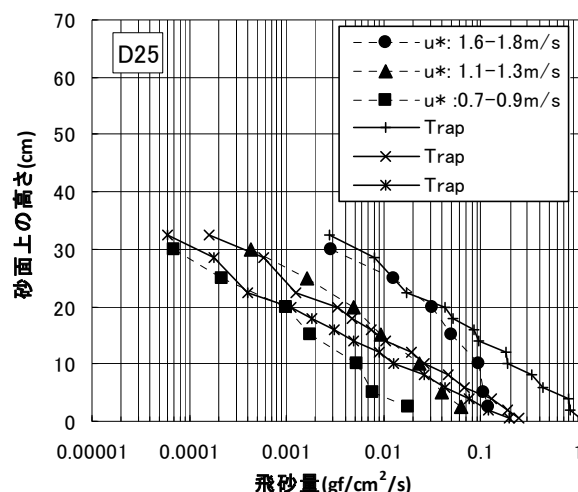


図3 飛砂量分布 (D25)

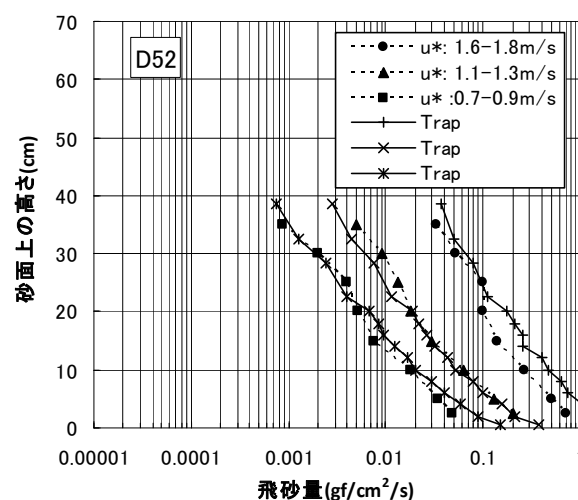


図4 飛砂量分布 (D52)

- ②測定限界値はD25に対しては約 $0.1\text{gf/cm}^2/\text{s}$, D52の砂に対しては約 $1\text{gf/cm}^2/\text{s}$ と考えられる.

- ③D25の砂に対して, u_* : 1.6-1.8m/s の場合の砂面近傍(砂面上10cm以下)では過小評価となったが, このような風条件は台風や竜巻などの来襲時であり, 飛砂による地形変化が問題となるような強い季節風による条件等では十分に測定できる装置であると考えられる.

参考文献

- Hosaka, K. and S. Kubota(2011): Experimental Verification of a Wind-Blown Sand Flux Meter With a Ceramic Piezo-Electric Sensor, Coastal Sediments 2011, pp.768-781.
- 保坂幸一・香取完和・久保田進(2012): 短い平坦砂面上の飛砂量に関する風洞実験, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 68, No. 1, pp. I_496-I_500.