

高標高の源頭部における雨量観測

株式会社 総合防災システム研究所
 株式会社 日さく
 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ
 高知大学農学部

日坂 勲、○五代 均、山口 恭史
 瀬尾 克美
 西本 晴男、山越 隆雄
 笹原 克夫

1. 背景および目的

高標高の源頭部斜面における生産土砂量を把握するためには出来るだけ正確に雨量を計測する必要がある。しかし高標高の源頭部付近では、強風による雨量観測精度の劣化が問題となっている。即ち強風下では落下中の雨滴が受水口の上方で移流し、雨滴捕捉率が低下する。この問題は、ジェボンス効果(*)による精度劣化として知られており、実際に斜面を浸潤する雨量を正しく計測出来ない場合がある。本発表では高標高原頭部斜面における雨量計測精度の劣化を改善し、実際に斜面を浸潤する雨量を計測することを目的として開発した「高標高雨量計」の概要および実証実験の結果について紹介する。

2. 強風下における雨量観測の問題

転倒マス型雨量計を例として雨滴捕捉率が低下する原因について下記条件に基づく3次元流体解析により確認した。解析の結果、図1に示すように横風5.0m/sを与えた場合、風速コンタ中央部が雨量計上端左付近に集中し、強い上昇気流(Z軸成分7.2m/s)が発生する。この上昇気流が、点線で示した受水口上方部の水平方向の風速を増大させ、且つ落下途中の雨滴が移流し、受水口の雨滴捕捉率を低下させる主な原因となる。この問題の解決策として受水口周辺に風よけ(*)を取り付け、上昇気流を減殺する等の方策が試行されている。しかし風よけの形状が大きく、広い設置場所を要するなど源頭部に設置する場合は、課題が多い。

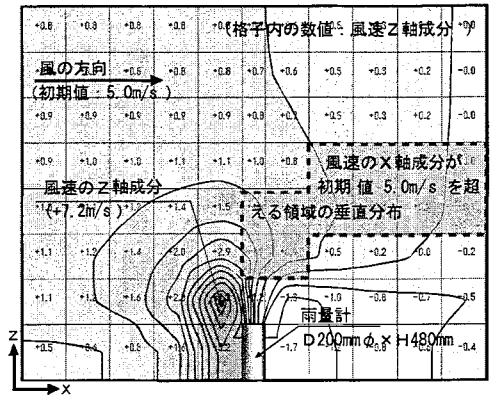


図1 雨量計周辺の垂直断面気流分布

気流解析条件：①計算モデル：k-ε乱流モデル(差分法)

②解析空間：屋外(床面以外開放)、解析格子数6400格子、雨量計：円筒形モデルとして計算

③供試流体：非圧縮流体の空気(密度1.25kg/m³、動粘性係数1.56e-005)、温度5°C、雨滴不含

3. 高標高雨量計の概要と実証実験

本研究では、移流によって失われる雨滴を捕捉・計測し、補填することにより強風下の雨量計測精度の劣化を改善する高標高雨量計について検討した。高標高雨量計は、図2に示すように垂直受水口および垂直受水口と同一開口面積を持つ水平受水口により構成される。垂直受水口は、通常の雨量計と同様に鉛直に落下する雨滴を捕捉し計測する。また気流解析の結果から、水平受水口付近で水平方向に移流するほとんどの雨滴は水平受水口で捕捉可能と考えられる。そこで水平受水口により強風時の移流によって失われる垂直雨量と同等な雨滴を捕捉し、計測する機能構成とした。以上の雨量計測機能および雨量計測性能を確認することを目的として下記の実証実験を実施した。

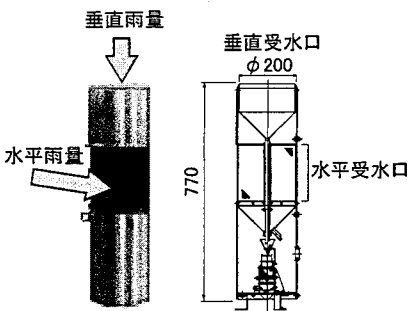


図2 高標高雨量計の構造

①実施期間：(自)平成15年12月(至)平成16年12月

②実験場所：三宅島榎木沢斜面(斜面角度：22°)

③実験方法：高標高雨量計の機能・性能を評価するため斜面の表面に0.65平方メートルの受水板および転倒マスを設置し斜面雨量として計測した。この斜面雨量を、高標高雨量計を評価する際の真値とし、風向・風速データと共にデータロガーに記録した。

4. 雨量計測機能確認および性能評価

4. 1 雨量計測機能確認：主要確認課題として「強風下で垂直雨量が減少し、減少した雨量を水平雨量により補填の可否」を掲げ、計測機能について確認した。

(1) 垂直雨量および水平雨量と風速の関係：強風により垂直雨量が失われる状況を確認するため斜面雨量を基準とした垂直差分雨量および水平差分雨量を①式、②式のように定義し、解析した。この結果、図3に示すように垂直差分雨量 ΔR_v は、風速の増大に伴って減少することが確認された。また①式と②式から水平雨量と垂直雨量の差分雨量 r を③式のように定義し、失われた垂直雨量を水平雨量で補填可能か否かについて検証した。

$$\text{垂直差分雨量 } \Delta R_v = (\text{垂直雨量 } R_v - \text{斜面雨量 } R_s) \text{ mm/10分} \dots\dots\dots ①$$

$$\text{水平差分雨量 } \Delta R_h = (\text{水平雨量 } R_h - \text{斜面雨量 } R_s) \text{ mm/10分} \dots\dots\dots ②$$

$$\text{差分雨量 } r = \Delta R_h - \Delta R_v = \text{水平雨量 } R_h - \text{垂直雨量 } R_v \dots\dots\dots ③$$

差分雨量 r は、図3に示すように垂直雨量と相補的に推移しており、垂直雨量の補正值として機能し得る事を示唆している。そこで差分雨量 r を補正值とした、より真値に近い雨量指標について検討した。

(2) 準斜面雨量 R_q (仮称) の検討：真値に近い雨量指標として準斜面雨量 R_q を考案し、検討した。準斜面雨量 R_q は、下記の④式、⑤式に示すように垂直雨量を補正值 r で補正した雨量指標である。

$$\text{準斜面雨量 } R_q = (R_v + r) \dots\dots\dots ④$$

(但し $r \geq 0$ のとき $R_q = R_h$ 、 $r < 0$ のとき $R_q = R_v$ となる)

$$\text{準斜面雨量の差分雨量 } \Delta R_q = \Delta R_v + r \dots\dots\dots ⑤$$

準斜面雨量の差分雨量 ΔR_q と風速の関係は、図3に示すようにX軸に近接した傾向を示している。ここで準斜面雨量 R_q と斜面雨量 R_s との関係を整理すると⑤式は、 $\Delta R_q = \Delta R_v + r = (R_q - R_s)$ となる。従って補正された準斜面雨量と斜面雨量が同等 ($R_q = R_s$) であれば $\Delta R_q = 0$ となり、 ΔR_q の実測結果は、図3に示すようにX軸に近接することになる。以上の結果から強風下で垂直雨量が減少し、減少した雨量を水平雨量で補填可能であり、補正することによって真値に近い準斜面雨量を得ることが可能となる。

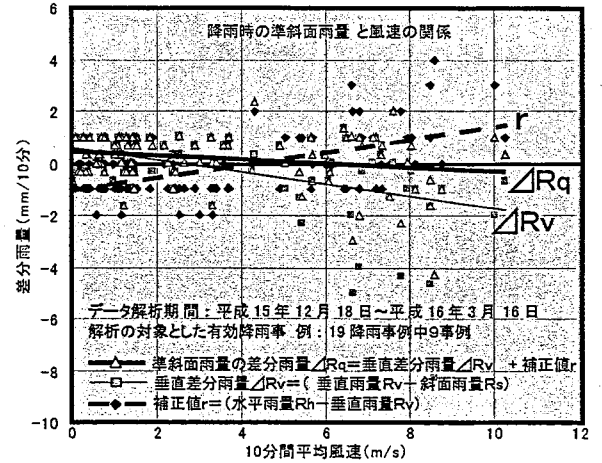


図3 差分雨量と風速の関係

4. 2 雨量計測性能評価：実測降雨9事例の内、平成16年2月2日における10分間の準斜面雨量に基づき確認した例を図4に示す。準斜面雨量は、斜面雨量77mmに追従して推移しており両者の総雨量の差異は、1mm程度である。これに対して普通型雨量計との差異は、12mmとなっている。従って、高標高雨量計は、強風により失われた垂直雨量と同等の雨量を捕捉・補填し、実際に斜面を浸潤する雨量を高精度に計測可能なことを示していると考えられる。

5. まとめ

高標高雨量計は、強風により失われた雨量と同等な雨量を水平受水口で捕捉し、補填することで雨量計測精度の劣化を改善することが可能である。従って高標高雨量計は、源頭部における雨量観測において有効であると考えられる。

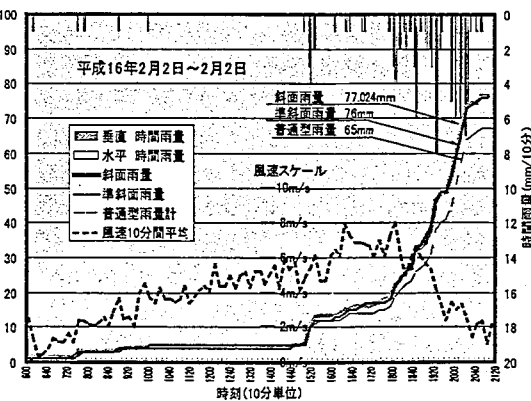


図4 雨量計測性能の確認

6. 今後の課題

- ①他の場所においても同様に観測し、データを収集・評価して雨量計としての信頼性の向上を図る。
- ②準斜面雨量を1つのデータとして集約しテレメータ伝送するため受水口の一体化を図る。

参考文献：(*1)「数値解析・水文観測」応用水理学 PP165 (1971年) 石原藤次郎・本間 仁編
 (*1)「水文気象における降水量観測と機器」気象研究ノート PP2~4 (1959年) 吉田作松
 (*2)「雨量計の風よけの開発研究」水文・水資源学会研究発表会要旨集 (1999年) 岡本芳美