

## 集中豪雨時における雨量，土壌雨量指数と体積含水率の関係

|              |      |       |
|--------------|------|-------|
| 大阪産業大学       | ○正会員 | 小田 和広 |
| 神戸市立工業高等専門学校 | 正会員  | 鳥居 宣之 |
| 関西大学         | 正会員  | 小山 倫史 |
| 立命館大学        | 正会員  | 藤本 将光 |
| 大阪大学大学院      | 正会員  | 小泉 圭吾 |

### 1. はじめに

日本の国道では，豪雨時の土砂災害等による通行車両等の被害を防ぐために，災害発生危険度が高いと考えられる区間を対象に事前通行規制が実施されている．現在，通行規制・解除基準として連続雨量が用いられているが，それには科学的な根拠が乏しい．土砂災害の発生機構に基づき，雨量よりも土中の水分量の方がその危険度評価には望ましいと考えられる．今後，通行規制・解除基準の高度化のためには，土中水分量を表す指標を利用することが望まれる．本研究では，その基礎的な検討として，ある事前通行規制事例を通じ，雨量，土壌雨量指数と体積含水率の関係について考察することを目的としている．

### 2. 検討対象の通行規制事例

本研究では，近畿地方の国道の規制区間において過去に実際に行われた通行規制事例を検討対象とした．この区間では，連続雨量が 160mm に達すると通行規制が実施される．本研究では，2014 年 10 月 13 日における降雨を検討対象とした．図-1 は本研究の対象とした降雨における 60 分間積算雨量と連続雨量を示している．なお，検討にはこの規制区間が含まれる三次メッシュにおける解析雨量を用いた．本格的な降雨は 11 時過ぎから始まり，17 時までほぼ単調に強度を増加させている．17 時と 18 時に 80mm/h という極めて強い降雨の後，急激に強度が弱まり 20 時には降雨は終了した．この間の連続雨量は約 350mm に達している．

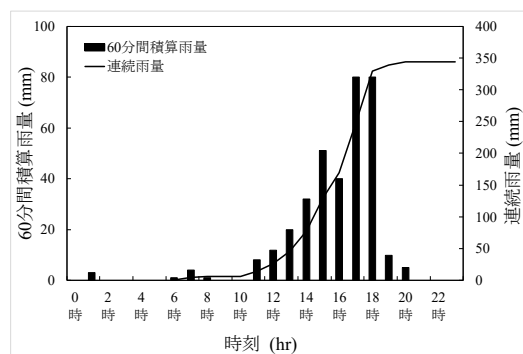


図-1 60 分間積算雨量と連続雨量

### 3. 雨量，土壌雨量指数，体積含水率の経時変化

図-2 は連続雨量と土壌雨量指数の関係を示している．土壌雨量指数は解析雨量を用い，解析の初期条件が影響しないように降雨の 1 ヶ月以上前から計算した．図には各タンクの貯留高を併せて載せている．土壌雨量指数は時刻とともに単調に増加している．60 分間積算雨量が最大である 18 時に土壌雨量指数もピーク値に達している．その後，60 分間積算雨量が小さくなるとともに土壌雨量指数も急激に減少している．土壌雨量指数の各タンクにおける貯留高に着目すると，第 1 タンクの貯留高は，降雨に対応して増減している．第 2 タンクは 14 時頃から増加し始め，降雨終了後にピークに達している．第 3 タンクは単調に増加している．土壌雨量指数に対しては，降雨がピークに達するまでは第 1 タンクの貯留高が支配的である．降雨のピークから終了までは，第 2 タンクの貯留高を無視し得なくなり，降雨の終了後は，第 2 タンクの貯留高が支配的になる．

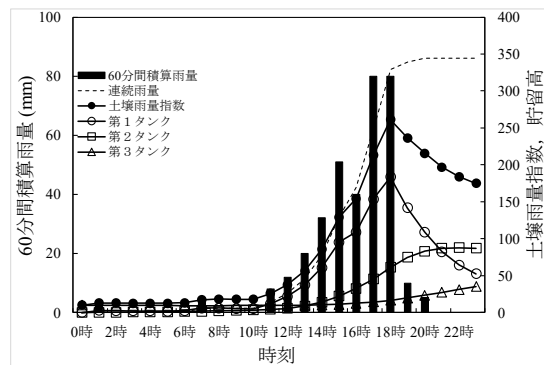


図-2 連続雨量と土壌雨量指数の関係

図-3 は体積含水率と土壌雨量指数の経時変化を示している．体積含水率は雨水浸透シミュレーションによって地表面からの深度 20cm の位置における値を求めた．これは，この位置の土壌吸引水頭がテンシオメータによって計測されており，その計測結果を用いたデータ同化によって土壌水分特性パラメータを同定しているためである<sup>2)</sup>．また，体積含水率は 6~8 時頃の弱い降雨に反応して増加している．その後，11 時過ぎから降雨に反応し急増している．14 時頃には，約 0.57 という飽和に近い値に達している．16 時過ぎには飽和状態に達している．なお，その後，体積含水率は減少しているがこれは解析上の不具合と考えられる．それは，本来，モデルに浸透できる雨量には限りがあることを考慮せず，今回の解析では全ての降雨が浸透できると仮定して解析を行ったためである．したがっ

キーワード 雨量，土壌雨量指数，体積含水率，集中豪雨

連絡先 〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3 丁目 1-1 大阪産業大学工学部都市創造工学科 TEL 072-875-3001

て、本来ならば 18 時までは飽和状態が続いていたと考えられる。また、このことは、この実事例では少なくとも 16 時～18 時の 2 時間の間、顕著な表流水が生じていたことが示唆される。18 時以降、土壌雨量指数の減少に伴って体積含水率も減少している。体積含水率の経時変化を土壌雨量指数のそれと比較すると、体積含水率の急増は、第 1 タンクの貯留高の増加に先立って生じている。これは、タンクモデルというマスとしての土中の水分量をとらえる量と観測点の体積含水率という局所的な量とは意味合いが全く違うためであると考えられる。一方、降雨強度のピーク後と降雨終了後については、土壌雨量指数、特に第 1 タンクの貯留高の挙動と特性が類似している。これは、第 1 タンクの貯留高は地表面付近の土に貯留される雨水を表現していることから、体積含水率の挙動と特性が一致したものと考えられる。このように土壌雨量指数がピークに達するまでは、体積含水率の挙動と土壌雨量指数のそれとの間には関連性が認められないが、ピーク後から降雨終了に至る過程では挙動の特性に類似性が認められることは、長雨タイプにおいても確認されている<sup>3)</sup>。

図-4 は体積含水率の深度分布の経時変化を示している。降雨の前の 0 時における体積含水率は、地表面で最小値(約 0.43)であり、深度方向に単調に増加している。1 時と 6 時～8 時の弱い降雨に反応して地表面付近の体積含水率が増加している。2 時～8 時までの体積含水率の深度分布から、降雨による影響は概ね地表面から深度 20cm 以内に止まっている。つまり、図-3 において 8 時まで体積含水率がほとんど変化しないのはこのためである。10 時の体積含水率の深度分布では、地表面よりも深度 10cm 程度までが深度方向に増加している。これは、6 時～8 時の弱い降雨後の無降雨状態の影響によるものである。12 時には地表面の体積含水率は急増し、0.55 程度に達している。これは 11 時頃からの降雨の本降りに対応したものである。但し、モデル下部の深度 40cm の位置における体積含水率は約 0.45 であり、浸潤面が形成されている。この浸潤面は 14 時になると消散し、体積含水率は深度方向にほぼ一定になっている。つまり、地表面から浸透した雨水が通過し、そのままモデルの底面から排水されている。この状態は 18 時まで続くと考えられる。なお、図では 18 時における体積含水率の分布は飽和体積含水率にはなっていないが、これは先に述べた解析の不具合によるものと考えられる。20 時以降、徐々に体積含水率は低下している。体積含水率は下方に向かって滑らかに増加している。

#### 4. まとめ

本研究を通じて得られた知見は下記の通りである。

- ① 降雨の開始から降雨が継続している期間、連続雨量と土壌雨量指数の経時変化の特徴はほぼ一致する。
- ② 体積含水率の増加過程における特徴は土壌雨量指数のそれとの関連性は乏しい。但し、降雨期間の終盤からの体積含水率の減少過程における特徴は、土壌雨量指数、特に第 1 タンクの貯留高のそれとほぼ一致する。

#### 謝辞

本研究は、「新都市社会技術融合創造研究会研究プロジェクト：事前道路通行規制区間の解除のあり方に関する研究（PL：鳥居宣之神戸市立工業高等専門学校教授，H28-H31）」の一環として行われた。ご支援をいただいた関係各位には深甚なる謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 気象庁：土壌雨量指数，<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/dojoshisu.html>，(last accessed: 2019/02/13)。
- 2) 藤本彩乃他：サクシンの現地計測結果に基づく粒子フィルタによる土壌水分特性パラメータの推定，第 53 回地盤工学研究発表会，2023-2024，2018。
- 3) 小田和広他：国道の通行規制時における土壌雨量指数と体積含水率の関係，第 54 回地盤工学研究発表会，投稿中，2019。

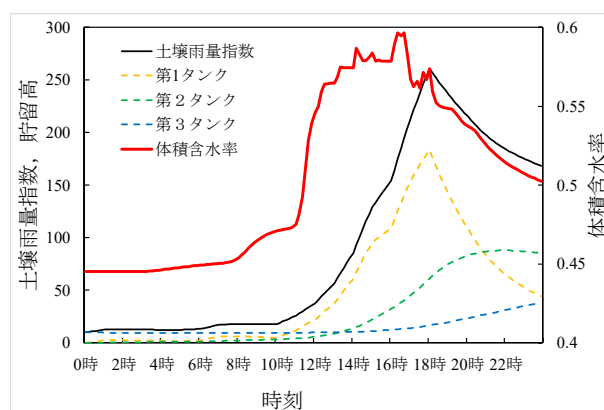


図-3 体積含水率と土壌雨量指数の経時変化

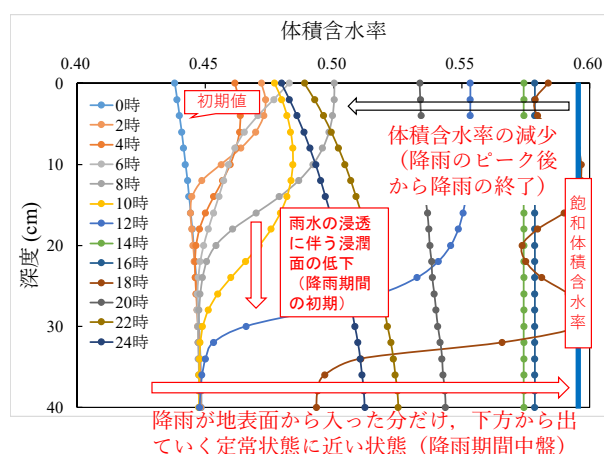


図-4 体積含水率の深度分布の経時変化