

# 降雨による荷重作用

平成 17 年 9 月 6 日  
(株)複合技術研究所  
篠田昌弘

## 1. はじめに

自然現象に起因する荷重には、主に地震荷重、風荷重、波力、降雨等が挙げられる。その中で降雨荷重は、従来から土構造物の安定性に深く関わる荷重として取り上げられている。平成 16 年には、観測史上最多の 19 個(年平均 10.8 個)の台風の接近があり、10 個(年平均 2.6 個)の上陸があった。また、同年には日降水量 400mm 以上の集中豪雨が観測史上最多の 30 回発生した。いずれの豪雨でも、土構造物(特に斜面)の安定性の低下が危惧されたが、現行の設計体系の中には詳細には組み込まれていない。降雨作用を取り扱った研究は数多いが、ここでは、水文統計学的手法を応用して確率年別の降雨強度式を用いる手法を説明する。

## 2. 既往の研究

### 2.1 確率降雨強度式

降雨を荷重作用として考える場合、1 時間あたりの降雨量、すなわち降雨強度 (mm/hr) に着目すると評価しやすい。この降雨強度は降雨の継続時間および任意強度の発生頻度(発生確率)と組み合わせる降雨強度式がある。降雨強度式を決定することは、それらの地点における過去観測の降雨記録を基礎資料として、将来発生するであろう値を推定することである。地震荷重などの他の作用と併せて用いる場合には、発生確率などを考慮に入れて降雨作用を決めたほうが都合がよい場合が多い。以下、水文統計学的手法を降雨強度式に導入した確率降雨強度式について説明する。

代表的な確率降雨強度式には以下のものがある。

$$I = K_1 \cdot t^{-K_2} + K_3 \cdot t^{-K_4} \quad (1)$$

$$I = \frac{C \cdot T^m}{(d + t)^n} \quad (2)$$

$$I = \frac{K \cdot T^x}{t^n} \quad (3)$$

ここで、 $I$  は確率年  $T$  の  $t$  継続時間確率降雨量 (mm/hr)、 $C, m, d, n, K, x$  はそれぞれ地域定数、 $T$  は確率年、 $t$  は降雨継続時間である。式(1)は岩井(1946)により提案された算定式であり、各パラメーターは水文統計学的方法で決定する必要がある。式(2)と式(3)はそれぞれ Feir と Linsley により提案された算定式であり、パラメーターを決定した後に、確率年を代入するだけで確率降雨強度を求めることができる。しかしながら、式(2)と式(3)は  $T$  の  $m$  乗と  $x$  乗の項が含まれており確率年数が異なっても降雨強度曲線が同一勾配であるという欠陥があることが指摘されている。後述するように土木研究所、水工研究グループ(水理水文)では、式(2)を用いて確率降雨強度の算定を行っている。

## 2.2 特性係数法

石黒<sup>2)</sup>は、確率降雨強度を簡便に求めることができる特性係数法を提案した。この特性係数法によれば、任意の降雨継続時間に対する降雨強度を10分間雨量と60分間雨量のみで求めることができる。

$$I_n = R_n \cdot \beta_n = R_n \cdot \frac{a'}{t+b} \quad (4)$$

ここで、 $I_n$ は $n$ 年確率降雨強度 (mm/hr)、 $R_n$ は1時間雨量または降雨強度 (mm/hr)、 $\beta_n$ は特性係数、 $t$ は降雨継続時間 (min)  $a'$ と $b$ はパラメーターであり、以下のように求める。

$$a' = b + 60 \quad (5)$$

$$b = \frac{60 - \beta_n^t \cdot t}{\beta_n^t - 1} \quad (6)$$

ここで、 $\beta_n^t$ は確率 $n$ 年における60分と $t$ 分との降雨強度比であるが、代替的に $\beta_n^t$ を $\beta_n^{10}$ と置き換え以下のように算出する。

$$\beta_n^t \cong \beta_n^{10} = \frac{I_n^{10}}{I_n^{60}} \quad (7)$$

$I_n^{10}$ と $I_n^{60}$ については観測データから確率分布形を決定した後に、統計的に求める必要がある。

## 2.3 確率分布

文献2)によれば、確率降雨量を計算する際に利用する確率分布形としては、対数正規分布と極値分布 (Gumbel 分布) を挙げている。また、文献1)では、年最大日雨量の分布は Gumbel 分布との適合性がよいことを指摘している。土木研究所、水工研究グループ (水理水文) では、確率降雨量を計算する際に利用する確率分布形として、一般化極値分布 (Gev 分布: Generalized Extreme Value 分布) を用いている。

## 3. 統計データとその利用

利用できる統計データとしては、気象庁が提供しているインターネット気象データ提供システムがある。インターネット気象データ提供システム (メテオ i-NET) は、インターネットにより、気象業務支援センターに設置されているメテオ i-NET システムにアクセスし、必要なデータをダウンロード、又はオーダーメイドにより CD-ROM を作成し、利用できる。

サービス対象データは、気象庁から提供された日本国内の 地上気象観測データ、地域気象観測 (アメダス) データ及び 高層気象観測データである。これらのデータは、月曜～金曜 (平日) に更新され、およそ2・3日後から利用できる。各種の気象観測データは、種別 (地上、高層、アメダス別)、地域 (都府県・支庁別、高層のみ全国一括)、月を指定して利用できる。

メテオ i-NET の利用は年契約であり、別表のメテオ i-NET 利用負担金表のように会員の種別、サービス内容により負担金を支払う必要がある。

表1 負担金について

会員種別	アクセス数	期間	入会金 (税込)	会費 (税込)
A会員	20	1か年	3,150円	5,040円
B会員	100	1か年	3,150円	25,200円
C会員	無制限	1か年	3,150円	105,000円

これ以外に数回の利用が可能なお試し利用会員(入会金及び会費なし)もある。

土木研究所, 水工研究グループ(水理水文)では, 1971年~2000年のアメダス観測データを用いて, 全アメダス観測地点の中で20年以上の毎年最大値が得られる756観測点をピックアップして, 観測点ごとに式(2)を用いてパラメーターの同定を行っている. このプログラムは, 一般に公開されており, 容易に利用できる. 確率降雨強度算定プログラムのサンプル画面を図1に示す.

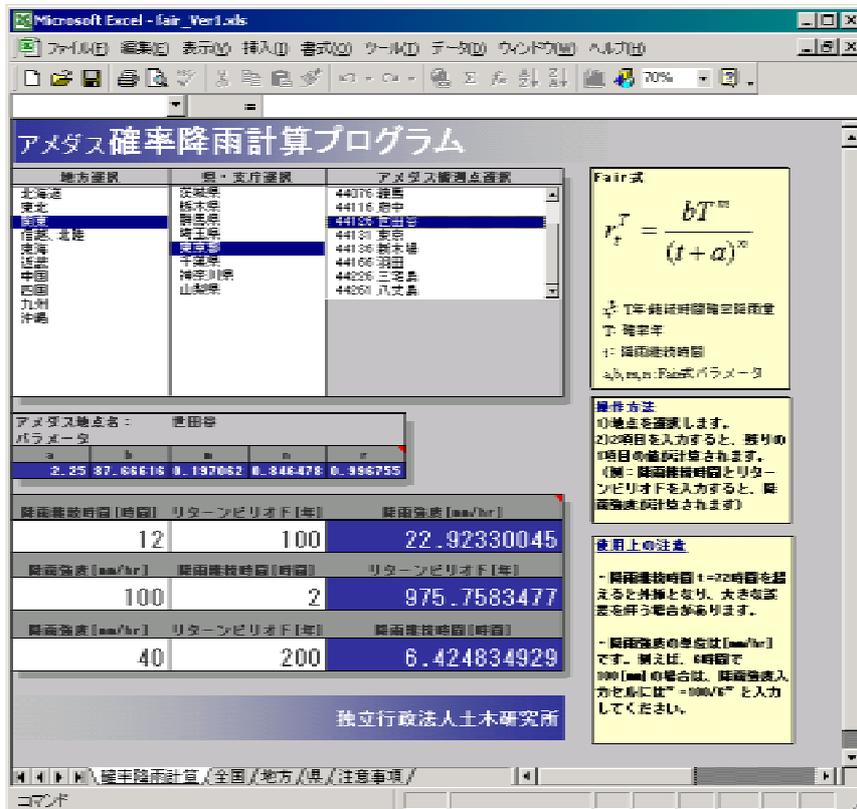


図1 確率降雨強度計算プログラムサンプル画面

( [http://www.pwri.go.jp/jpn/tech\\_inf/amedas/sample.htm](http://www.pwri.go.jp/jpn/tech_inf/amedas/sample.htm) から抜粋 )

#### 4. おわりに

降雨作用は土構造物に多大な被害を与える場合がある。地域特性を加味した降雨作用を地域ごとに標準化することで、将来的に降雨時の構造物の安定性が評価できるようになると思われる。本報告では、主に確率降雨強度について説明を行ったが、設計で与える降雨パターンや降雨期間についても十分検討する必要があると思われる。

#### 参考文献

- 1)土質基礎の信頼性設計，土質工学会編，土質基礎ライブラリー28，土質工学会，1985，pp.64-66．
- 2)岩井重久・石黒政儀，応用水文統計学，森北出版株式会社，1970．
- 3)土木研究所資料第 3900 号 「全国アメダス観測地点における確率降雨算定に関する研究報告書」、平成 15 年 3 月
- 4)石黒政儀，本邦における短時間降雨の特性係数分布図について，水道協会雑誌 323 号，1961