

積雪寒冷地における降雨・融雪量を考慮した擁壁の設計手法に関する研究

中央大学大学院 学生員 ○辛島 史嗣  
中央大学理工学部 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

我が国では、梅雨期に集中して土砂災害が発生しており、平成17年から平成21年にかけては、年平均約1000件の土砂災害、年平均20人もの死者・行方不明者が国土交通省により報告されている。

土砂災害には、土石流、地すべり、がけ崩れや斜面崩壊などがあり、その多くの原因は、梅雨期の豪雨、台風、地質構造、地形や植生など複数の要因が混同して発生する。それらの中で、梅雨期の豪雨や台風による斜面崩壊は多い。擁壁を用いる防災対策が施されているが、土砂災害は依然として多く発生している。特に積雪寒冷地の土砂災害においては、降雨だけでなく、融雪水による地下水位の上昇による外力の増加も原因である。過去、融雪が原因となった斜面崩壊において、人命が失われる事故も発生している。しかしながら、現状の指針では融雪水の影響は明確には考慮されていない。そこで本研究では、降雨・融雪量による地下水位の上昇を考慮した擁壁の設計方法の構築を目的とし、擁壁の安定性を斜面安定計算によって示した。また、研究のフレームを図-1に示す。

2. 降雨量・融雪量の確率年評価

降雨量と融雪量を確率年の概念を用い定量的に評価する。Degree・Day法を用いる事で斜面崩壊現場周辺における1週間累積斜面供給水量（融雪量＋降雨量）を図-2に示す。なお、選定期間は1965～2010年の3月1日～3月7日とする。Degree・Day法における融雪係数kは日本において時空間的にも変化するが、一般的には3～7の値をとる。ここでは最も危険な場合を想定するために、最大値であるk=7を用いる。この計算結果にGumbel分布に描くことで1週間累積斜面供給水量を確率年評価することにより、外力として評価する。これを図-3に示す。図-3より融雪係数k=7の場合約300mm/weekが約100年確率で発生する事がわかる。これにより、融雪係数を決定することで、融雪水を考慮した設計外力と確率年の関係を求めることができた。

3. 設計外力と地下水位の関係

浸透流解析により対象とする地点で、斜面供給水量がどの程度の地下水位に相当するのかわかる。浸透流計算には、Richardsの式に基づく二次元飽和不飽和浸透流解析を用いる。土壌特性値には土の保水能力という観点から有効空隙率

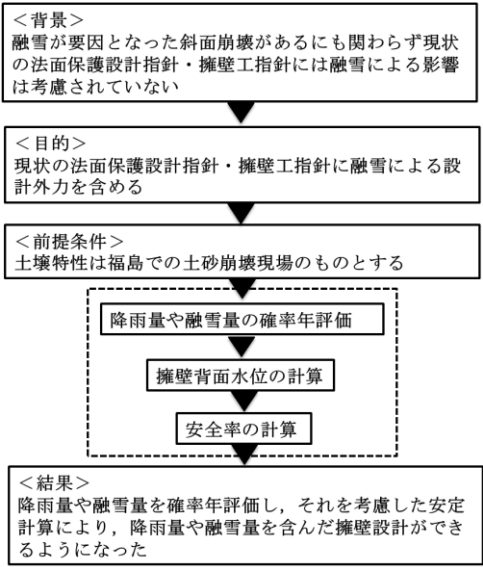


図-1 研究フレーム

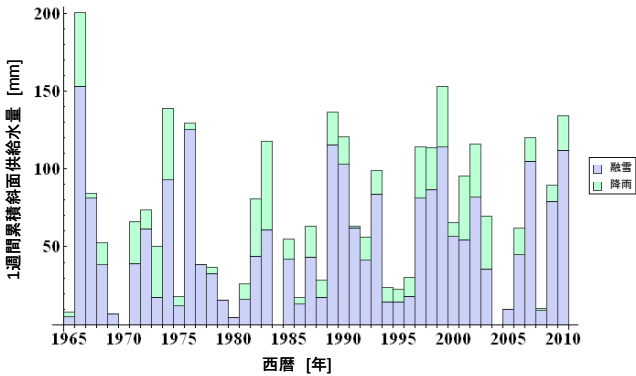


図-2 Degree・Day法 (k=7) により算出した積斜面供給水量 (融雪量+降雨)  
斜面崩壊発生現場 (標高: 357m) から西方約5km地点  
【 1965～2010年 3/1～3/7 】

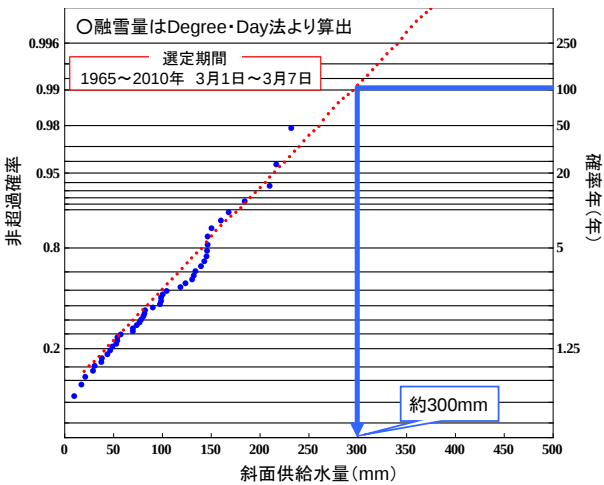


図-3 Degree・Day法 (k=7) により算出した斜面供給水量の確率年

$w=0.30, 0.35, 0.40, 0.45$ を与え、それぞれに対して飽和透水係数  $K_s=1.0 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ,  $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  とし計算を行った。計算結果を図-4に示す。図-4より、パラメータに対応する外力と地下水位を関係づける事ができた。

#### 4. 地下水位の上昇及び擁壁の重量と安全率の関係

##### (1) 計算条件

斜面安定計算により地下水位の上昇及び擁壁の重量が斜面の安全率に与える影響について検証した。法面の勾配は  $55.0^\circ$  (緩勾配),  $63.4^\circ$  (崩壊現場の斜面勾配),  $73.3^\circ$  (急勾配)の3通りを検討した。擁壁の長さは  $16.7\text{m}$  で一定とし、土の強度定数は内部摩擦角  $\phi=41.82^\circ$ , 土の粘着力  $c=0\text{tf/m}^2$  とした (事故調査報告書を参考)。安全率の算出方法に一般的なFellenius法(簡便法)を用い、土の単位体積重量を  $\gamma_t=1.8\text{tf/m}^3$ , コンクリートの単位体積重量を  $\gamma_c=2.35\text{tf/m}^3$ , 水の単位体積重量を  $\gamma_w=1.0\text{tf/m}^3$  とした。地下水位は  $0\text{m} \sim 9\text{m}$  とし、擁壁の重量に応じて安定計算を行った。

##### (2) 計算結果

擁壁の厚さと地下水位と安全率の関係を図-5に示す。図-5は崩壊発生現場の法面勾配  $63.4^\circ$  と法面勾配  $55.0^\circ$  (崩壊現場と比較し緩勾配)及び  $73.3^\circ$  (崩壊現場と比較し急勾配)において擁壁の重量と地下水位によって定まる安全率を求め、それらを補間し、面として表し、それらを積層したものである。この結果から斜面が緩勾配になるにつれ、安全率が上昇することを示した。また、安全率には抵抗力である斜面擁壁の厚さによる影響と、外力である地下水位による影響を比較すると後者の影響が大きいことを示した。これにより、地下水位と擁壁重量との関係を示し、斜面崩壊の発生の境界が明らかになった。

## 6. 結論

斜面供給水量として降雨・融雪量を確率年の概念を用いて定量的に算出した。擁壁崩壊した現場の周辺にて、降雨・融雪量を100年確率と想定した場合、斜面供給水量は一週間の累積量として  $300\text{mm}$  程度であることがわかった。また、浸透流計算を行うことにより、想定すべき外力が擁壁背面水位に与える影響を定量的に評価した。さらに、斜面安定計算を行うことにより、地下水位の上昇に伴い斜面の安全率が低下することを示し、安全率の低下は擁壁の重量がもた

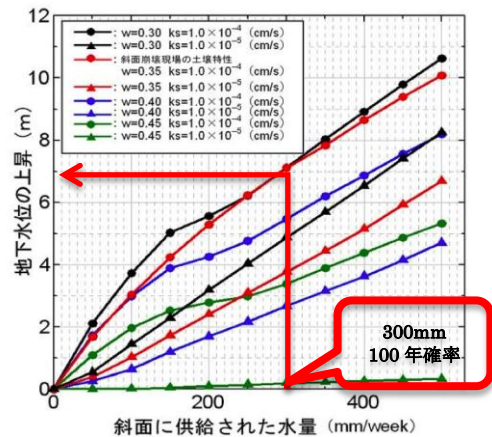


図-4 土壌特性ごとの一週間斜面供給水量と地下水位の関係

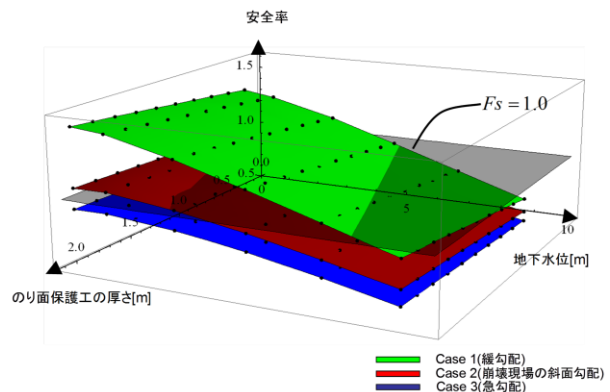


図-5 斜面擁壁の厚さと地下水位と安全率の関係

らす効果に比べ、地下水位の上昇による効果が上回るということ明らかにした。以上により、斜面・のり面を設計する際、降雨量・融雪量に伴う地下水位の上昇も外力として考慮すべきであることを示した。

#### 参考文献

- 1)新谷勇樹, 富澤彰仁, 呉修一, 江花亮, 山田正: 浸透流計算を用いた斜面安定評価に関する研究, 第35 回関東支部技術研究発表会, 2008.
- 2)呉 修一, 山田 正, 吉川 秀夫: 有効降雨の推定に関する研究, 土木学会論文集B, Vol. 65, No. 3, pp.231-245, 2009.
- 3)社団法人 日本道路協会: 道路土工一のり面工・斜面安定工指針, 2006.
- 4)社団法人 日本道路協会: 道路土工一擁壁工指針, pp.139-141, 2006.
- 5)社団法人 日本河川協会: 改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案) 同解説・設計編, 技報堂出版, 2008.
- 6)社団法人 日本河川協会: 改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案) 同解説・調査編, 技報堂出版, 2008.
- 7)社団法人 日本河川協会: 国土交通省河川砂防技術基準 同解説・計画編, 技報堂出版, 2010.