

寒冷地における降雨・融雪量の確率年に基づく擁壁の設計方法に関する研究

中央大学大学院 学生員 植平 健一郎

中央大学理工学部 フェロー会員 山田 正

中央大学大学院 フェロー会員 江花 亮

1. はじめに

日本の気象の特徴として多雨という特性があるが、その顕著なものとしては梅雨期から台風期の豪雨が挙げられ、このような降雨により斜面崩壊を起こすことは少なくない。一方で、寒冷地での斜面への供給水量は降雨だけでなく融雪水がもたらす場合があることは明確であるにもかかわらず、現状の擁壁工指針には融雪の影響は考慮されてはいない。過去には融雪が原因となり人命を失う重大な事故も発生している。そこで本論文は寒冷地に焦点を当て、融雪量を考慮した新しい擁壁の設計方法の構築を目的とし、降雨・融雪量の確率年評価を行い浸透流計算から擁壁背面水位を算出した。さらに、斜面擁壁の重量を考慮した安定計算を行い、斜面擁壁の安全性を示した。

2. 降雨量・融雪量の確率年評価

まずここでは融雪量を確率年の概念を用いて定量的に評価する。確率年を評価するにあたり Gumbel 確率紙を使い Gumbel 分布を用いて求めた。融雪係数 k は地域や年により変化するが一般的に 3~7 の値を取る。図-2 はその平均値である $k=5$ を用い、Degree・Day 法より算出した融雪水が起因となった事故の発生地点における斜面供給水量の確率年である。選定期間は 1965~2005 年の 3 月 1 日~3 月 7 日とした。この結果より、例えばこの期間での 100 年の確率年に対応する斜面供給水量は 425mm であるとわかる。

3. 浸透流計算から求めた設計外力と地下水位の関係

次に、対象とする斜面においてどの程度の降雨量・融雪量が供給されると、どの程度の地下水位に相当するのかを浸透流解析によって検討する。浸透流解析には、Richards の式に基づく二次元飽和不飽和浸透流解析を用いた。土壌特性値は土の保水能力という観点から有効空隙率 $w=0.30, 0.35, 0.40, 0.45$ とし、それぞれに対して飽和透水係数 $K_s=1.0 \times 10^{-4}, 1.0 \times 10^{-5}(\text{cm/s})$ としてパラメータに幅を持たせて計算を行った。求めた結果を図-3 に示す。これより、外力と地下水位の関係が明らかになり、対象とする地点で各々の土壌パラメータを決定することができれば、そのパラメータに対応する外力と地下水位の関係を決定することができる。

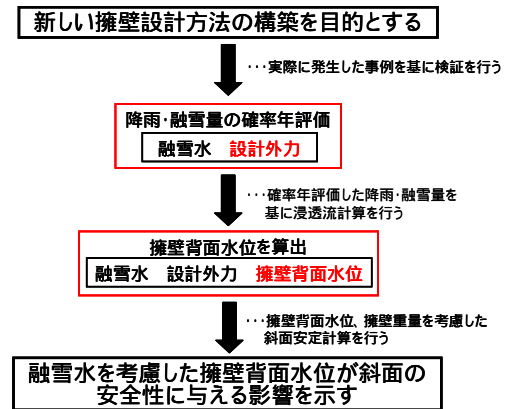


図-1. 本研究の概要

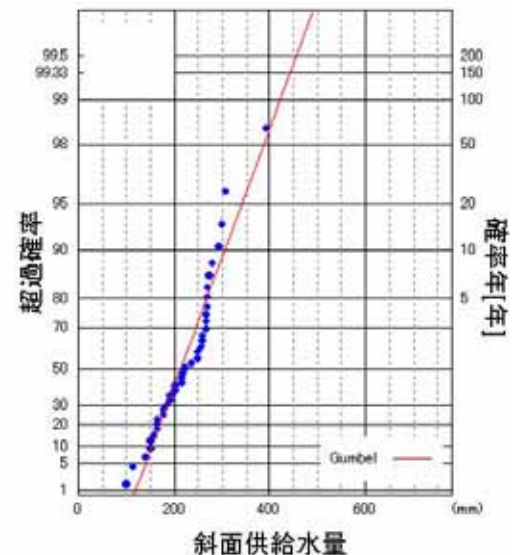


図-2. 斜面供給水量と確率年の関係

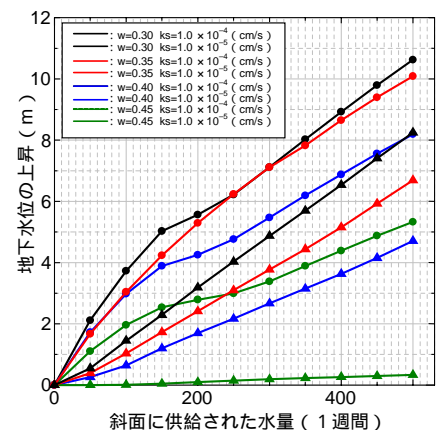


図-3. 土壌特性ごとの斜面供給水量と地下水位の関係

キーワード 融雪量, 確率年, 擁壁背面水位, 安全率

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL:03-3817-1805 E-mail : kenichiro-uehira@civil.chuo-u.ac.jp

4. 擁壁背面地下水位及び擁壁斜面重量と安全率の関係

ここでは、地下水位の上昇及び擁壁斜面の重量が斜面の安全率に与える影響を評価するため、斜面安定計算を行う。法面の勾配の影響を調べるために、法面勾配を 55.0°(緩勾配)、63.4°(事故現場の斜面勾配)、73.3°(急勾配)の3通りを検討した。斜面擁壁はすべてコンクリートとし、擁壁重量は厚さを変えることで値を変化させ、斜面長は 16.7m で一定とした。土の強度定数は事故調査報告書を参考に内部摩擦角 $\varphi=41.82^\circ$ 、土の粘着力 $c=0[\text{tf}/\text{m}^2]$ とした。安全率の算出方法としては一般的な Bishop 法を用い、土の単位体積重量を $\gamma=1.8[\text{tf}/\text{m}^3]$ 、コンクリートの単位体積重量を $\gamma_c=2.35[\text{tf}/\text{m}^3]$ 、水の単位体積重量を $\gamma_w=1.0[\text{tf}/\text{m}^3]$ とした。地下水位は 0m ~ 9m とし、斜面擁壁の重量に応じて安定計算を行った。得られた結果を図-4、図-5 に示す。図-4 において示す赤色の面は事故現場の斜面勾配において斜面擁壁と地下水位による安全率を求め、それらを補間したものである。灰色の面は安全率 1.0 を表す。例えば、斜面擁壁の厚さが約 0.6m を下回ると地下水位の値によらず、安全率 1.0 を下回る。また、図-5 においては緑色の面である緩勾配の補間結果と青色の面である急勾配の補間結果を重ねて表したものである。この結果からは法面勾配が緩くなると安全率は上昇すると示せた。また、これらの面を上から見たもの、すなわち安全率 1.0 との境界線を図-6 に表す。これらの結果より、安全率への影響は斜面擁壁の重量に比べ、地下水位の上昇による効果のほうが大きいと言える。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考慮すべきであることを示した。

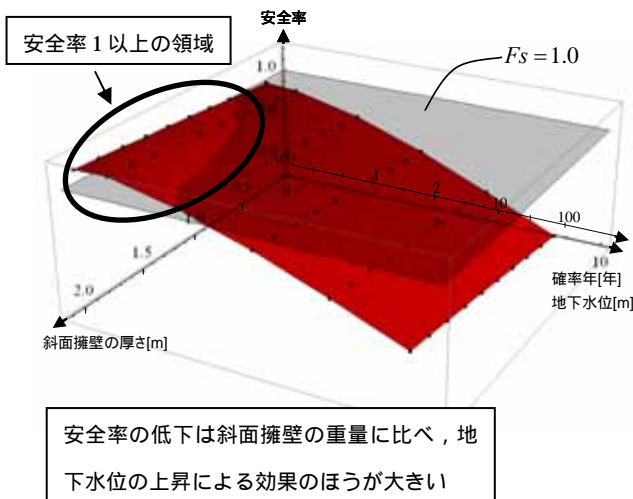


図-4. 斜面擁壁の厚さと地下水位と安全率の関係

【斜面勾配: =63.4°(事故現場の斜面勾配)】

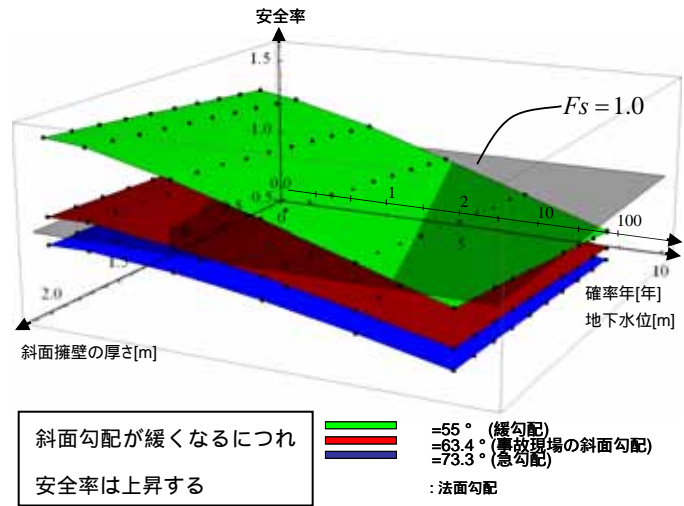


図-5. 斜面擁壁の厚さと地下水位と安全率の関係

5. まとめ

本論文は、寒冷地における融雪を考慮した擁壁の設計手法の構築を目的とし、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評価することが可能となった。例えば、降雨・融雪量を 100 年確率と想定したときの斜面供給水量は一週間の累積量として 425mm 程度である。また、確率年で評価された斜面供給水量を用いて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することが可能となった。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、安全率の低下は斜面擁壁の重量に比べ、地下水位の上昇による効果のほうが大きいことがわかった。

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.

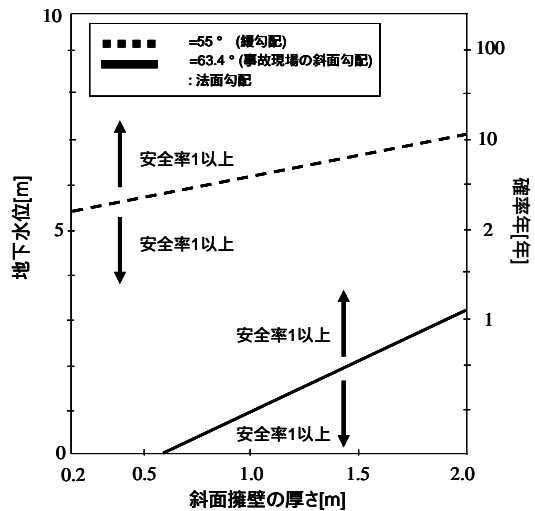


図-6. 安全率 1 となる斜面擁壁の厚さと地下水位及び確率年の関係