

## 平成30年7月豪雨による北九州市小倉南区の斜面崩壊について—その2— 崩壊斜面における原位置試験と室内土質試験結果

日本地研株式会社 正会員 山下武志  
日本地研株式会社 波多優佑 株式会社セイコー 宮原仁  
株式会社福山コンサルタント 岡本憲治 九州電技開発株式会社 富永義嵩  
九州産業大学 正会員 林泰弘 鹿児島大学 正会員 平瑞樹

### 1. はじめに

降雨による斜面災害から住民の生命と財産を守るためには、降雨と斜面崩壊の危険度の関係を明らかにし、住民にとって分かりやすい警戒避難体制を構築することが必要と考える。本論文で扱う災害発生箇所は、福岡県北九州市であり、同市では雨の降り方と斜面崩壊の関係についての研究が進められ、その成果が警戒避難情報に関する意思決定時の参考資料に供されている。北九州市の表層地質は白亜紀の堆積岩(関門層群)や貫入した火山岩、石灰岩など多岐にわたるため、地質に基づく地域区分毎に『有効先行降雨量』を設定し、その精度を上げることが急務と考える。今回、北九州市小倉南区で発生した斜面崩壊を対象として、原位置試験(簡易動的コーン貫入試験, 原位置透水試験)および室内土質試験を実施した。本稿では、「その1」で報告する斜面崩壊メカニズムを基に、各調査・試験結果から考察できる斜面崩壊の危険度と崩壊層の飽和度の関係について報告する。

### 2. 斜面崩壊解析のためのアプローチ

対象地は、北九州市南部を通る東九州自動車道長野トンネル西側坑口付近の斜面(標高80~90m)で、花崗閃緑岩を基盤としており、表層は強風化したまさ土で覆われる。のり尻は未舗装の林道であるが、現在は災害のために車両通行止めとなっている。また、この林道には表層水で浸食したと思われる水みちや窪みが多い。

斜面崩壊は、崩壊対象層が飽和することによって「重量増加」「粘着力の低下」が起こることにより発生する。玉田等による北九州市における雨の降り方と斜面崩壊の関係についての研究<sup>1)</sup>によると、有効先行降雨量によって斜面崩壊の発生確率を予測できるとしている。この研究における、有効先行降雨量、降雨浸透能力、降雨浸透容量の定義は、以下のとおりである。

降雨浸透容量(mm)： $Q_c$ →崩壊対象層に貯留可能な降雨量。土質試験から求まる単位体積当たりの間隙量に対象層厚を掛けて求めた体積量。

降雨浸透能力(mm)： $Q_A$ →崩壊対象層において降雨強度に対応して浸透することが可能な降雨量(地表流下を考慮した浸透量)。降雨が降雨浸透能力よりも多い場合は、過剰分が表層を流下することになる。

有効先行降雨量(mm)： $Q_E$ →崩壊対象内に有効に貯留される降雨量(地表流下、地中排水を考慮した貯留量)。

表-1 有効先行降雨量の算出に關係する数式

|                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $Q_c = V_A \cdot D_s$<br>VA：空気間隙体積, $D_s$ ：鉛直対象深度                                                                                                    |
| $Q_A = h_w \cdot (V_A / 1000)$ , $h_w = A_w \cdot K^m \cdot t^{0.5}$<br>$A_w$ ：係数(200；北九州市), $K$ ：透水係数(cm/s), $m$ ：指数(0.51；北九州市), $t$ ：浸透時間(3600sec) |
| $f(Q_E)_T = Q_E \cdot e^{(-Z \cdot T)}$<br>$Z$ ：指数(0.021；北九州市), $T$ ：経過時間(hour)                                                                      |

各値を算出するために、以下に示す調査と試験を実施したので、その結果を次項に記す。

- ・簡易動的コーン貫入試験：Nd値および崩壊対象層厚の把握[ $D_s$ ]
- ・現場透水試験：崩壊対象層の透水係数[ $K$ ]
- ・室内土質試験：土粒子の密度  $\rho_s$ , 含水比  $w$ , 湿潤密度  $\gamma_t$  [ $V_A$ ]

### 3. 調査・試験結果

#### (1) 簡易動的コーン貫入試験

図-1に示す通り、崩壊のり面(測線No. 2)の崩壊層の厚さは1.8m程度であり、 $N_d \leq 5$ であった。また、非崩壊のり面(測線No. 1)の $N_d \leq 5$ の層厚は1m程度であった。

#### (2) 現場透水試験

試験対象は深さ0.5m程度までの範囲で、非崩壊箇所で行った。その結果は $9.3 \times 10^{-7} \sim 5.4 \times 10^{-5} (\text{m/s})$ で比較的低い透水性を示した。

#### (3) 室内土質試験

表-2と図-2に土質試験結果をまとめた。崩壊した土砂は非崩壊箇所の土砂と比較して、低い細粒分含有率を示している。

### 4. 降水量データと対象斜面崩壊時の再現性

試験結果を基に、降雨浸透容量 $Q_c$ を算出した。

$$Q_c = V_A \cdot D_s = 0.259 \times 1800 = 466 (\text{mm})$$

$$\begin{aligned} Q_A &= A_w \cdot K^m \cdot t^{0.5} \cdot (V_A / 1000) \\ &= 200 \times (9.3 \times 10^{-5})^{0.51} \times 3600^{0.5} \times (259 / 1000) \\ &= 27.3 (\text{mm}) \end{aligned}$$

図-3の降雨量と有効先行降雨量 $Q_E$ は北九州市の「竹馬川」観測点の値を使用した。期間中の降水量で $Q_A$ を超えたのは3回であり、有効先行降雨量の算出に及ぼす影響は僅かであったと考えられる。

また、降雨浸透容量 $Q_c$ に対して有効先行降雨量 $Q_E$ は小さく、計算上で崩壊地盤は飽和に至っていない。

対象地の崩壊機構は「その1」で述べたように、“地表水が粘土質まさの乾燥クラックから侵入し、まさ土中に過剰な帯水が発生したこと”と推定され、“飽和”に至る前に崩壊が発生したと考えられる。

### 5. まとめと今後の課題

これまでに平成30年7月豪雨により崩壊した斜面4箇所において現地調査等を行い、北九州市が参考とする有効先行降雨量との検証を行ってきた。地質別の特徴を把握するためにはサンプル数が少ないため、今後も同様のフィールドで調査を行う必要がある。また、今回の事例のような亀裂面からの浸透をどのように評価し、有効先行降雨量の算出に反映させるのが課題となる。今後、室内で地下浸透のモデル実験を行う計画であり、有効先行降雨量の提案式の検証や降雨浸透能力の算出の精度向上を図る予定である。

【参考文献】1)「斜面崩壊と雨の降り方との関係 -福岡県北九州市・長崎県などにおける考察-

玉田文吾, 横矢直道, 森与志信, 北九州市

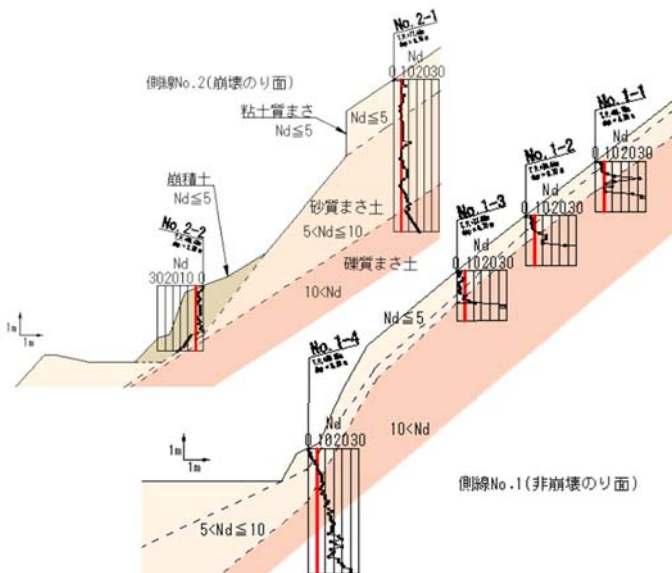


図-1 簡易動的コーン貫入試験結果

表-2 土質試験結果

| 地点     |                            | No. 2-2崩土 | No. 2-2地山 | No. 1-4地山 |
|--------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 土粒子の密度 | $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup> | 2.669     | 2.654     | 2.640     |
| 自然含水比  | $W_n$ %                    | 17.9      | 22.8      | 25.9      |
| 石分     | %                          | 0.0       | 0.0       | 0.0       |
| 礫分     | %                          | 4.8       | 7.1       | 3.6       |
| 砂分     | %                          | 74.6      | 70.6      | 48.4      |
| シルト分   | %                          | 16.0      | 15.7      | 21.0      |
| 粘土分    | %                          | 4.6       | 6.6       | 27.0      |
| 細粒分含有率 | $F_c$ %                    | 20.6      | 22.3      | 48.0      |
| 液性限界   | $W_L$ %                    |           | 53.2      | 63.1      |
| 塑性限界   | $W_P$ %                    |           | 30.3      | 32.6      |
| 塑性指数   | $I_P$ %                    |           | 22.9      | 30.5      |

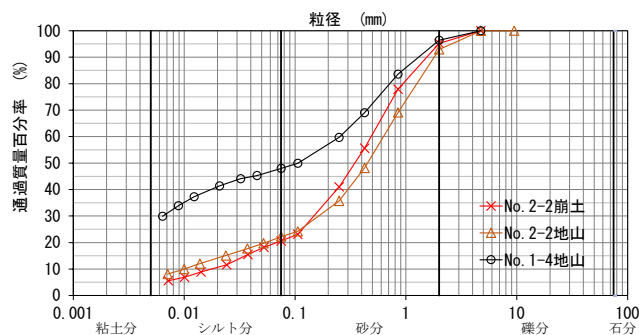


図-2 粒径加積曲線

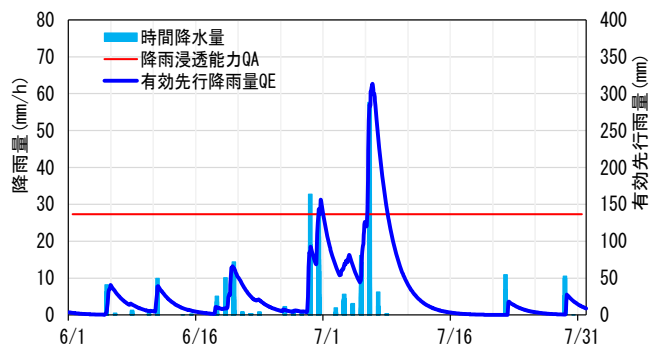


図-3 降水量と有効先行降雨量の関係(竹馬川観測点)