

## 細粒土を含む不攪乱まさ土のせん断及び圧縮特性

呉高専 正 小堀 慈久 正 加藤 省二  
 呉高専専攻科 学 荒谷 祐貴  
 (株)計測リサーチコンサルタント 学 片岡 良太  
 国土総合建設(株) 平田 啓

## 1. はじめに

降雨による斜面災害はまさ土分布地域で毎年、多くの被害をもたらしている。まさ土斜面の崩壊機構はかなり解明されている。ただ、未解明な課題も多い。細粒土を含むまさ土には飽和土であっても僅かな見掛けの粘着力が存在し降雨時の斜面崩壊に差が見られる。これらの相違をまさ土に含まれる細粒土の影響と考え、せん断試験、物理試験などから検討する。

## 2. 調査地域と実験方法

## 2.1 調査地域

試料採取地域は図-1に示す平成11年6月に土砂災害の発生した呉市周辺の大入地区、宮原地区、東畑地区を選び比較考察した。

## 2.2 実験方法

三軸圧縮(CD試験)を行った。軸ひずみ速度  $\dot{\epsilon}_v = 1.67 \times 10^{-1} (\text{mm/min})$  で行い、供試体寸法の直径と高さは  $D=5\text{cm}$ 、 $H=10\text{cm}$  とし、不攪乱、及び攪乱まさ土を用いた。供試体の飽和過程では、50~60kN/m<sup>2</sup>程度の負圧をかけ吸水し脱気させ、飽和度は  $S_r=90\sim95\%$  となった。拘束圧は  $\sigma_3=40$ 、80、120kN/m<sup>2</sup>で行った。変位量は15%まで行った。コープス試験は圧密試験機により行い、注水は圧密圧力 20kN/m<sup>2</sup>時と 160kN/m<sup>2</sup>に行い、不攪乱まさ土を用い不飽和試験を行った。

## 3. 結果と考察

## 3.1 まさ土の物性値

土の物理的性質の値を表-2に示す。土粒子の密度試験、粒度試験を行った。土粒子密度は  $\rho_s=2.51\sim2.58$  となり大入、宮原、東畑地区のいずれもあまり差異は見られなかった。呉市内におけるまさ土の一般的な透水係数は、 $k=1.03 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$  程度である。図-2に粒度加積曲線を示す。表-1の細粒分通過率より、大入地区が粒度 0.1mm 通過率 16%、粒度 0.01mm 通過率 6%であった。同様に宮原地区

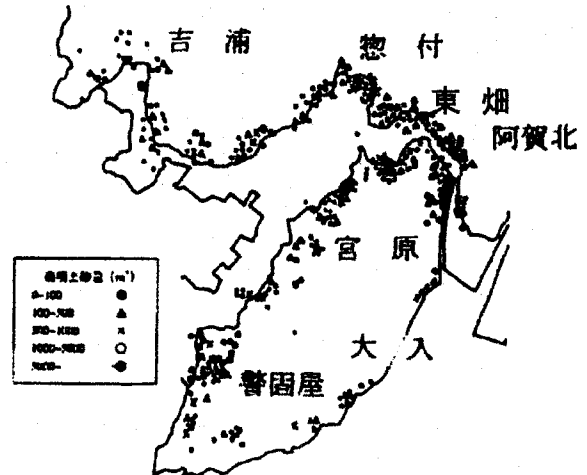


図-1 崩壊分布

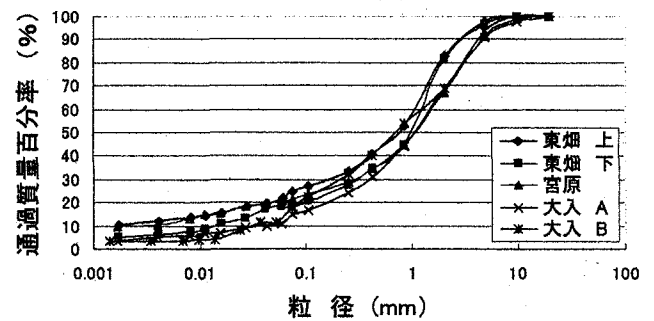


図-2 粒度加積曲線

表-1 細粒分通過率

| 粒径           | 大入A | 大入B | 宮原 | 東畑上 | 東畑下 |
|--------------|-----|-----|----|-----|-----|
| 0.1mm通過率(%)  | 16  | 22  | 23 | 26  | 20  |
| 0.01mm通過率(%) | 6   | 4   | 14 | 14  | 8   |

表-2 採取試料の物性値

| 場所                       | 大入A  | 大入B  | 宮原   | 東畑上  | 東畑下  |
|--------------------------|------|------|------|------|------|
| $\rho_s (\text{g/cm}^3)$ | 2.58 | 2.51 | 2.57 | 2.58 | 2.58 |
| $U_c$                    | 32   | 40   | 912  | 647  | 80   |
| $e_0$                    | 1.28 | 1.18 | 1.16 | 0.73 | 1.02 |

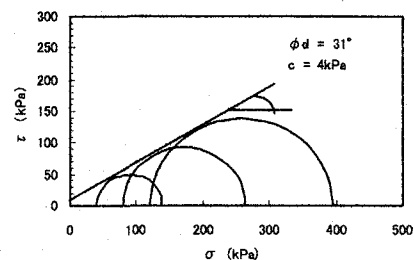


図-3 東畑地区のモールの破壊線

は通過率 23%と、通過率 14%、東畑地区は通過率 26%、14%となっており、宮原地区と東畑地区は大入地区よりも細粒分が多いことがわかる。

### 3.2 せん断強度及び変形特性

三軸圧縮試験から得られた結果として図-3 に東畑地区のモールの破壊線を示す。せん断抵抗角  $\phi_d = 31^\circ$ 、粘着力  $c_d = 4.0\text{kPa}$  となり僅かに見掛けの粘着力が見られた。この僅かな見掛けの粘着力が働き、崩壊時間に影響を与える。表-3 は各地区の強度定数である。攪乱、不攪乱とも大入地区は  $\phi_d = 32 \sim 37^\circ$  と大きな値を示している。東畑地区で  $\phi_d = 30 \sim 31^\circ$  と低い。一方、粘着力では大入地区はいずれも  $c = 0$  で、東畑地区では  $c = 4 \sim 6\text{kN/m}^2$  があり、僅かな粘着力が見られる。平成 11 年災害時に降雨が止まってからも、崩壊が東畑付近で数ヶ所見られ、細粒土含有量が影響し、崩壊に時差が生じたと考えられる。図-4 に間隙比  $e$  とせん断抵抗角  $\phi_d$  の関係を示す。土粒子の間隙比が大きいほど低い  $\phi_d$  となり、密な土は  $\phi_d$  が大きいことが確認出来た。

圧縮試験の結果を以下に示す。図-5 と図-6 の大入と東畑のグラフを比べると、東畑の試料のほうに注水による圧縮が起こるコラープ現象がよく起きていることが分かる。コラープ現象は注水により土粒子間力が働き、土が圧縮される現象であり、そのためサクションが大きいほど起きやすいのである。各段階の飽和度を表-4 に示す。細粒分の多い試料は負圧が大きく水を吸いやすいため、最終飽和度も東畑地区では高く  $S_r = 100\%$  となっている。

### 4. まとめ

- 1) 粒径加積曲線の結果より、宮原地区と東畑地区は大入地区よりも細粒分が多いことがわかる。
- 2) 大入地区では  $\phi_d$  が大きく、細粒分の多い東畑地区では見掛けの粘着力  $c$  が見られた。
- 3) 間隙比  $e$  とせん断抵抗角  $\phi_d$  の関係に相関性が見られた。
- 4) 東畑地区に崩壊の遅れが見られる災害事例より、細粒分を多く含む地区では遅れを生じさせ、見掛けの粘着力が影響していると考えられる。
- 5) コラープ現象は、吸水することにより圧縮が起こるため細粒分が多いほど起こりやすい。

表-3 強度定数

|                   | 攪乱試料 |    | 不攪乱試料 |     |     |     |
|-------------------|------|----|-------|-----|-----|-----|
|                   | 大入   | 宮原 | 大入A   | 大入B | 東畑下 | 東畑上 |
| $\phi_d (^\circ)$ | 37   | 34 | 33    | 32  | 30  | 31  |
| $c (\text{kPa})$  | 0    | 4  | 0     | 0   | 6   | 4   |

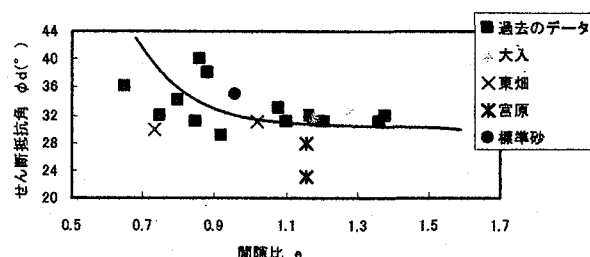


図-4 間隙比  $e$  とせん断抵抗角  $\phi_d$  の関係

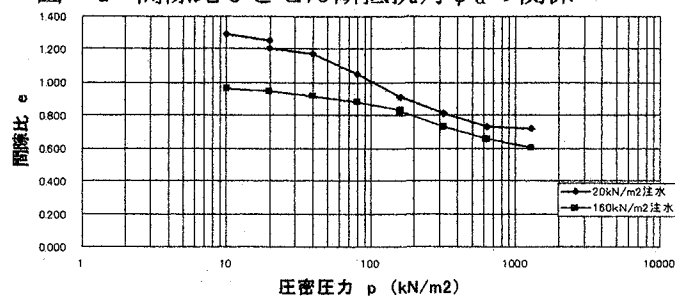


図-5 大入 B の  $e \sim \log P$  曲線

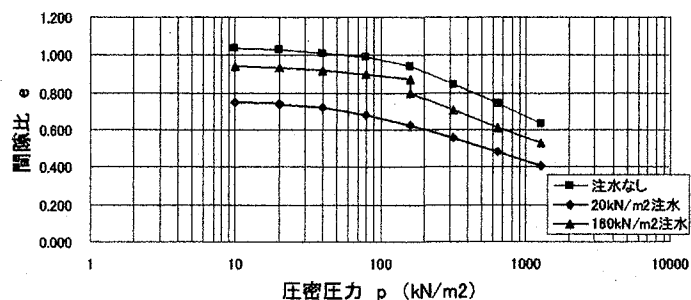


図-6 東畑 下の  $e \sim \log P$  曲線

表-4 各段階の飽和度

|        | 東畑 上 |       |       | 東畑 下 |       |       | 大入 A |      | 大入 B |      |
|--------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 注水     | なし   | 20    | 160   | なし   | 20    | 160   | 20   | 160  | 20   | 160  |
| 初期飽和度  | 53.2 | 18.6  | 41.7  | 21.5 | 43.0  | 38.7  | 41.9 | 23.1 | 33.3 | 29.7 |
| 水浸後飽和度 | -    | 67.6  | 81.4  | -    | 76.3  | 77.2  | 42.9 | 56.3 | 46.1 | 72.1 |
| 最終飽和度  | 84.8 | 100.0 | 100.0 | 55.5 | 100.0 | 100.0 | 83.0 | 77.6 | 77.3 | 98.3 |

- 6) 間隙比が大きいほど、コラープ現象による圧縮が起こりやすい。
- 7) 細粒分含有量の差により最終飽和度に差が見られ、大入 A,B 試料は不飽和状態で、東畑上下とも注水試料は飽和状態 ( $S_r = 100$ ) を示した。

### <参考文献>

- 1) 地盤工学会：土質実験 - 基本と手引き、地盤工学会、2001