

広島県庄原市の土砂災害発生場における表層土の物理的特性に関する研究

広島大学大学院総合科学研究科 ○上森弘樹, 海堀正博

広島大学大学院理学研究科 矢野香那子

広島大学総合科学部 田畑絵利菜

1 はじめに

平成 22 年 7 月 16 日の広島県庄原市土砂災害は、約 5km 四方という狭い範囲の中で 1500 箇所を超える崩壊や土石流等が発生したが、土石流発生場においてクロボク土を多く含む表層土が水流で簡単に流される部分と下部の旧堆積層を侵食から守る形で残っているなど粘着力が高く抵抗性が高いと思われる部分が含まれているように考えられた¹⁾(写真 1)。

そのため、クロボク土を含むこの表層土に着目し、物理的特性を知るための室内実験を行い、実験で得られたデータについて考察を行った。

2 吸水試験

災害時の土石流発生場における表層土の性質を知るために、現地で採取した表層土を現地と同程度の乾燥密度になるように容器に詰め、乾燥状態の異なる表層土の吸水試験を行った。

図 1 は採取したばかりのやや湿った表層土の吸水時間と含水比の関係を示している。吸水時間が短いものに関しては、含水比にばらつきがあるものの時間の経過とともに含水比はほぼ一定の値を示す事がわかる。そのため、初期の乾燥・湿潤状態に関わらず、クロボク土を多く含むこの表層土は最終的にある一定の水分量の水分を吸収するように思われた。

図 2 は吸水前の含水比の違いによる吸水経過時間と飽和度の関係を示したものである。この図からは、初期含水比の大小に関係なく時間の経過とともに試料の飽和度が 100%を超える傾向が見られた。また、吸水前の含水比が低いほうが高いものより相対的に吸水後の飽和度が高くなる結果となった。飽和度が 100%を超える要因として、表層土に含まれる膨潤性粘土鉱物による影響があると思われる。この膨潤性鉱物が吸水する事によって膨張し、吸水後の試料の体積が容器の体積を上回ったことが、飽和度が 100%超になった原因と考えられる(写真 2)。図 3 は表層土でないものの被災地の基盤岩の割れ目に形成



写真 1 クロボク土層が旧堆積層を侵食から守る形で残った土石流発生場

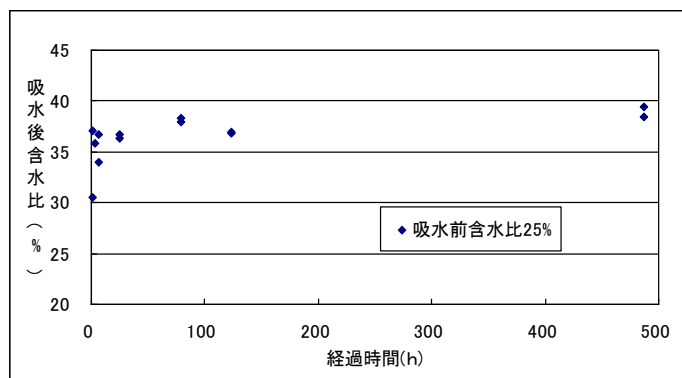


図 1 吸水時間と含水比の関係
(乾燥密度 1.25~1.35g/cm³)

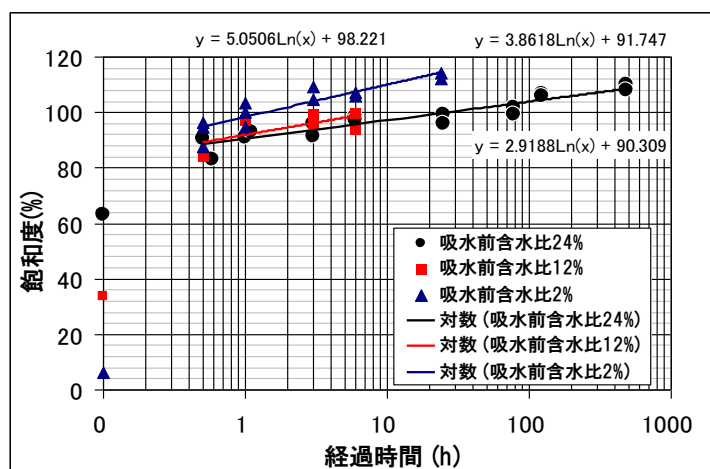


図 2 吸水時間と飽和度の関係
(乾燥密度 1.25~1.40g/cm³)



写真2 吸水後24時間経過後の試料(飽和度114.2%)
試料が膨張し、容器からはみ出ている

されていた粘土鉱物の X 線回折結果である。この図からわかるように膨潤性粘土鉱物のスメクタイトが含まれていることが分かる。この点からも表層土にもこれら膨潤性鉱物が含まれている可能性が推測される。また、吸水前含水比の大小による吸水後飽和度の違いに関しては吸水前含水比が低いことで粒子が収縮したために、同一乾燥密度でも隙間多くなり、より効率的に水分を吸着したなどが要因であると思われる。そして、吸水後の一定容器内の表層土はクロボク土が膨潤する事によって密度が高まり、水を通しにくくなると考えられる。これは、災害発生前の数日に降った降雨により、表層土に多くの水分を含んだ状態に一致する。そして、その後の短時間強雨による雨水の多くは、クロボク土を含むこの表層土にあまり浸透することなく表層土上部を流れる事になったと思われる。そのために、土石流発生場でクロボク土が旧堆積層を守るような形で残ったことにつながったのではないかな。

3 セン断試験

土石流発生場に残っていた表層土を採取し、この表層土の強度について一面せん断試験機を用いて密度・含水比を現地の条件に合わせてほぼ一定に設定し、飽和状態でのせん断強度を求めた。垂直応力は、表層土の深さを考慮して $\sigma = 9.07 \text{ kN/m}^2$ とし、試料箱の大きさ $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times (50\text{mm} + 50\text{mm})$ に対して変位 28mm まで与えた。その間の抵抗力の最大値をピーク強度とし、変位の最終段階での抵抗力を残留強度とした。また、せん断試験を行う前に、水を含んだときの挙動を調べるためのコンシステンシー試験を行い、表層土の液性限界、塑性限界、及び塑性指数を求めた。

表 1 はコンシステンシー試験結果である。表層土の液性限界が 45.8% 、塑性限界が 41.43% 、及び塑性指数が 4.07 となった。塑性指数がかなり小さいため、少しの含水比の変化で液体状態になる性質があることが分かった。次に、図 4 は浸水時間とせん断強度との関係を示している。

この結果から、試料を水に浸す時間を変えても試料の含水比に大きな変化は無いが、浸水時間が長いとせん断強度は低下し、ピーク強度が出るまでの水平変位が大きくなった。このことから表層土のせん断強度は、含水比の影響よりも浸水時間による影響の方が大きいのではないかと考える。また、少しの含水比の変化で表層土は液体状態に変わるため、長く浸水させることで土層内に存在した亀裂など比較的弱部から水がしみ込み、その部分が液化する事によって、最終的に土層全体のせん断強度が低下するものと考えられる。また、同時に土層内の液化した部分は簡単に水流により流されたものと考えられる。

4 まとめ

以上の事から今回の土砂災害発生場の表層土は、膨潤性鉱物による影響と思われる実験結果にもあるように、わずかに水を含んだ表層土は膨張し密度が高くなるため、透水性が低く比較的大きな強度を示すが、長時間水に浸された表層土は、表層土内の比較的密度の低い弱部から液化していき、その結果、表層土のせん断強度が著しく低下する物理的特性を示す事が判明した。これらのことから、今回の集中豪雨では、降雨継続時間だけでは深層に至るような大きな規模の崩壊等が起きなかったのではないかと考えられる。また、クロボク土にはスメクタイトなどの膨潤性鉱物を多く含んでいたと思われるが、どのような種類の膨潤性鉱物がどの程度含まれているかなどは今後さらに詳しく調べる予定である。

参考文献 1)海堀ほか(2010):砂防学会誌、Vol.63、No.4、p.30-37

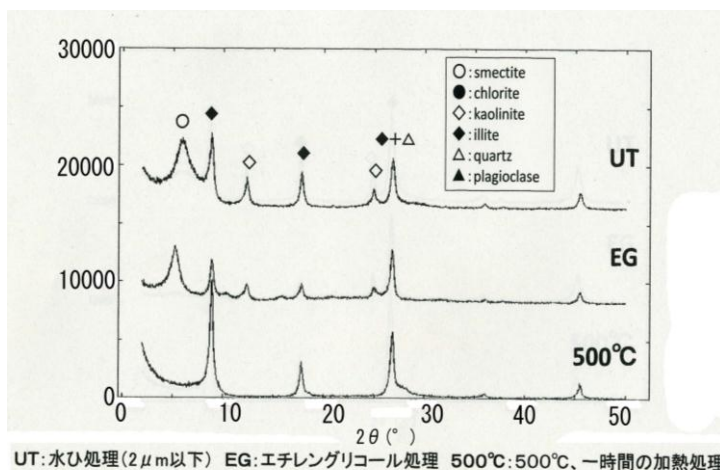


図3 被災地の基盤岩の割れ目に形成されていた粘土鉱物の X 線回折結果

表 1 コンシステンシー試験結果

液性限界(%)	塑性限界(%)	塑性指数
45.80	41.73	4.07

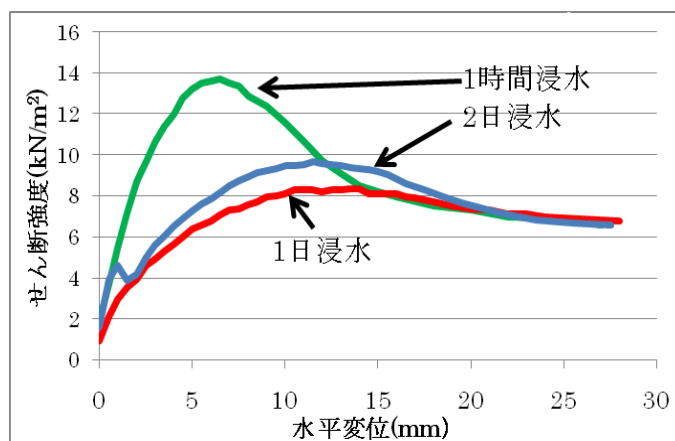


図 4 セン断強度と浸水時間の関係
(乾燥密度 1.37g/cm^3)