

土の膨潤圧測定方法の最適化と岩手県一関市、奥州市の宅地被害現場への適用

岩手大学 学生会員 ○山崎聡樹
岩手大学 正 会 員 大河原 正文

1. はじめに

土や岩石を構成する鉱物には様々な種類があるが、その中に水を吸収することで体積を著しく増大させる鉱物がある。これを膨潤性粘土鉱物と呼び、その膨潤性、なかでも膨潤圧を正確に測定することは、各種構造物に与える基盤の影響、斜面の安定性評価など防災上きわめて重要である。そこで本研究では、土の膨潤圧測定方法の最適化を目的に、従来の膨潤圧試験の方法に一工夫を加えた新たな試験方法を提案し、その裏付けとして、2011 年東北地方太平洋沖地震による岩手県一関市、奥州市の宅地被害現場への適用を行った。

2. 岩手県一関市、奥州市の被害状況

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震と、同年 4 月 7 日の最大余震による岩手県一関市、奥州市の住宅被害棟数を表-1 に示す。具体的な被害として、住宅の倒壊、壁材、柱材の亀裂発生、宅地内や背後斜面で発生した崩壊等による住宅の一部損壊、宅地の傾斜など様々である。本研究ではその中から一関市赤萩宿地区で発生した崩壊による宅地被害を対象に、同地区から採取された土に対して膨潤圧試験を行った。

表-1 住宅被害棟数

	3 月 11 日の地震			4 月 7 日の地震		
	全壊	半壊	一部損壊	全壊	半壊	一部損壊
一関市	53	576	2934	0	1	36
奥州市	0	1	85	42	261	2183

平成 23 年 11 月 9 日 17 : 00 時点
内陸 22 市町村、岩手県総務部総合防災室



写真-1 地すべり頭部



図-1 宿地区の地形図

2-1 一関市赤萩宿地区の地すべり

一関市赤萩宿地区では、住宅近傍において地すべり性の崩壊が発生した（写真-1）。図-1 の地形図によると、高さ 15m ほどの明瞭な滑落崖が認められることから、当地区では過去に地すべりが発生したことが分かる。くわえて、地すべり頭部付近に池が形成されていることから、大量の水が地区全体に供給されていることは明らかで、高含水状態による地盤の強度低下と地震動が原因となり、今回、過去の地すべりの末端部において二次崩壊が発生したものと考えられる。

図-2 に崩壊現場の断面図を示す。末端部から水を多く含んだ高塑性粘土が認められた。この粘土を採取し、土質試験を行うとともに膨潤圧試験を行った。表-2 に崩壊現場試料の各土質試験結果を示す。

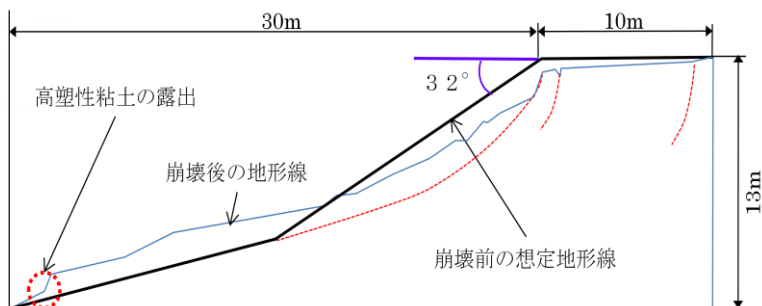


図-2 崩壊現場の断面図

表-2 崩壊現場試料の各試験結果

透水試験	繰返し一面せん断試験
透水係数 k (cm/s)	せん断抵抗角 ϕ_r (°)
5.21×10^{-5}	24.5

キーワード：膨潤圧、分子動力学

岩手大学 山崎聡樹

3. 膨潤圧試験

表-3 に従来の膨潤圧試験（以後、従来法と称する）と新しい膨潤圧試験法（以後、新試験法と称する）を比較して示す。なお、試験に用いる装置は両試験法とも同じである。

3-1 従来法と新試験法の違い

従来法では、通常、試料を採取したときの自然含水比（初期含水比）において試験を行うが、これは現場状況に応じた膨潤圧を知ること主眼に置かれているからである。一方で、降雨の有無や地下水の流れの変化により現場状況が変化することを考えると、土が本来有している膨潤圧を正確に測定することも重要である。従来法では、試料が高水比になり膨潤が終了しているような場合の膨潤圧を正確に測定することは困難で、また、複数の試料を比較する際、各々の試料の含水比に差があるとき（≒膨潤の度合いに差がある）、試料間の膨潤圧を適切に比較できない、といった注意すべき点がある。そこで、土が本来有している膨潤能力の最大値を測定することを主眼においた新しい試験法（以後、新試験法と称する）を提案する。新試験法は、供試体の準備段階で土試料を炉乾燥して絶乾状態とし、初期含水比を一定にした後、膨潤圧を測定する。

3-2 分子動力学法による新試験法の有効性評価

新試験法の有効性を確かめるために粘土の含水量と膨潤特性の関係について、分子動力学法（MD 法）による解析を試みた。分子動力学法とは、複数の原子間ポテンシャルの下にある多体系の運動方程式を数値解析的に解き、求まる粒子の軌跡を統計処理することで、物性値やミクロ領域の構造情報を与える手法である。解析にあたり、顕著な力学特性をもつ Na⁺型スメクタイトの計算モデルを作成した。計算結果を図-3 に示す。図-3 の横軸は、計算開始時にスメクタイト 1 分子あたりに吸着している水分子の個数を意味しており、吸着水分子が少ないほど、縦軸の体積膨張率は大きくなることが読み取れる。この計算結果は、「初期含水比が小さいほどスメクタイトは大きな膨潤特性を示す」ことを示している。よって、炉乾燥により初期含水比を小さくして行う新試験法は、土本来の膨潤能力を最大限に測定することができると考えられる。

4. 試験結果

表-4 に従来法と新試験法による膨潤圧試験結果をそれぞれ示す。新試験法では従来法の約 3 倍の膨潤圧が得られた。実地盤において新試験法を適用することにより試料本来の膨潤能力を測定できたものとする。

5. まとめ

本研究では、土の膨潤圧測定の精度向上を目的に、試料を絶乾状態としてから測定する新しい膨潤圧測定方法を提案した。今後の課題としては、他の現場試料においても膨潤圧試験を行い、更なるデータの収集をしていきたい。

参考文献

大河原文正・太田正裕・小澤幸彦・佐藤達也・斎野崇（2012）『日本地すべり学会誌』 日本地すべり学会，市野々原地すべり構成土の物理的・化学的特性とすべり面判定

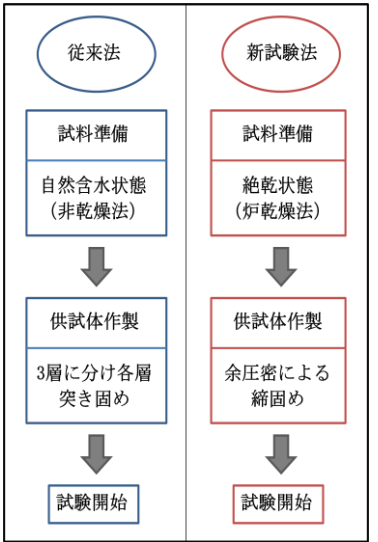


表-3 従来法と新試験法の違い

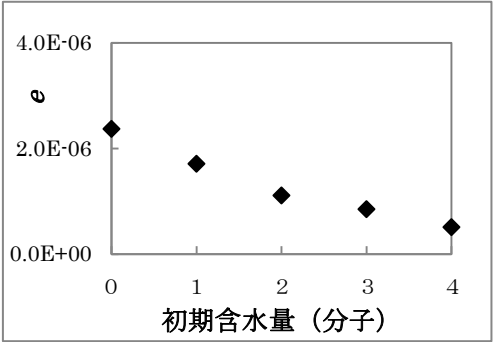


図-3 初期含水量と体積膨張率 e の関係

表-4 膨潤圧試験結果

膨潤圧 (kPa)		強度比 (新/ 従来)
従来法	新試験法	
4.02	12.11	3.01