



トンネルや切土地盤で盤膨れ問題を聞きますが、どのような地盤でおきるのでしょうか？



膨張性粘土鉱物であるスメクタイトを含有する地盤や、第三紀層の泥岩等に注意する必要があります。スメクタイトを含有する地盤としては、大きな断層の近くや火山岩周辺の熱水変質を受けている地盤でその例が多いです。

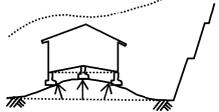
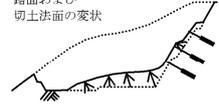
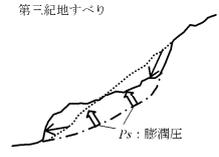
(1) 盤膨れとその要因

一般に、盤膨れとは、トンネル掘削や開削工事において、応力解放、地盤の強度不足や粘土鉱物の膨潤等により、坑道底盤や根切り底面地盤が膨れ上がる現象の総称と定義されています¹⁾。

小西ほか(2010)²⁾は、盤膨れによる地盤被害の種類を切土地盤、トンネル掘削、地すべりに区分しています(表-1)。

盤膨れを要因別にみると、膨潤性粘土鉱物であるスメクタイトの膨潤によるケース、第三紀層泥岩などに含まれる黄鉄鉱がもととなって硫酸の生成、引き続き起きる石膏の晶出のケースなどが主要な要因です。なお、トンネル掘削地盤では、地山強度比の小さい岩盤のせん断破壊と吸水による膨潤が重なるケースがありますが、一般に、この重なりを区分することは大変難しいと考えられています。

表-1 土の膨潤性が関与した地盤被害の例²⁾

地盤被害の種類	被害事例	表 因	誘 因	文 献
盤膨れ 	エクアドルの膨潤性地盤上の石油タンク基礎の変状	地下数十 m まで分布する膨潤性粘土	熱帯地方特有の雨季と乾季による乾湿繰り返し作用	岡林・新井 ¹⁾
	戸建住宅基礎地盤の盤膨れ	モンモリロナイトを多く含む新第三紀頁岩	掘削による応力解放とその後の吸水	高森 ²⁾
	コンクリート基礎の隆起	熱水変質を受けた三波川帯の泥質片岩の破砕帯	岩石の基質部不連続構造への水の浸入	田村ら ³⁾
	水平な切土面に発生した一様でない盤膨れ	新第三紀能取層泥質岩の粒度を微視的不連続構造	地下水に溶解した硫酸イオンやカルシウムイオンが石膏やエトリンガイトとして析出するときの結晶成長圧	粕谷ら ⁴⁾
	宅地盛土地盤上の住宅基礎コンクリートの劣化崩壊	硫酸イオンを含むばた(宅地の盛土材)		落合ら ⁵⁾
	切土および盛土地盤上の住宅基礎地盤の盤膨れ	黄鉄鉱および方解石を多く含む新第三紀湯長谷層群の泥岩		大山ら ⁶⁾
路面および切土法面の変状 	高速道路切土区間の路面隆起および積み擁壁の変状	モンモリロナイトを含む新第三紀の安山岩溶岩	切土による応力解放と吸水	樋本ら ⁷⁾
	酸性土地盤における切土法面擁壁のはらみ出し	新第三紀の安山岩が熱水変質作用を受けて生成された酸性白色粘土		鈴木ら ⁸⁾
	グラウンドアンカーの緊張力の異常な増大	蛇紋岩を含む泥質片岩の強風化層	横ボーリング時に地盤中に供給された水の吸水	河内ら ⁹⁾
トンネルの膨脹性地圧 	国道 128 号嶺岡トンネル工事における膨脹性地圧	粘土質蛇紋岩、粘土化した頁岩		竹林・大塚 ¹⁰⁾
	第三紀地すべり地帯におけるトンネルの膨脹性地圧	黒色泥岩ほか	地山強度比の小さい岩盤のせん断破壊とその後のせん断帯への吸水	福本 ¹¹⁾
	鍋立山トンネル工事における膨脹性地圧	新第三紀寺泊層、西山層の泥岩および凝灰岩		秋田・佐藤 ¹²⁾ 小暮・木村 ¹³⁾ 仲野ら ¹⁴⁾
地すべり・斜面崩壊 	第四紀大阪層群の破砕帯地すべり	層状破砕帯粘土		西垣 ¹⁵⁾
	新潟県下の流動型地すべり	高い液性限界を示す新第三紀泥岩	掘削に伴う応力解放、すべり面の水圧増大、膨潤性が高いすべり面粘土の強度低下	中世古・橋本 ¹⁶⁾
	神戸層群の地すべり	モンモリロナイトを含む軟質凝灰岩		岩永・野崎 ¹⁷⁾
	長大切土法面の崩壊	モンモリロナイトおよび膨潤性緑泥石を含む三波川帯の緑色片岩(一部蛇紋岩)		Yasuoka ら ¹⁸⁾
	緑色凝灰岩分布地域の地すべり	第三紀泥岩、凝灰岩	すべり面に作用する水圧および膨潤圧	山本ら ¹⁹⁾ 伊藤 ²⁰⁾

(2) スメクタイト含有地盤の例

スメクタイトは、風化や熱水変質で生成されるとしていますが、風化よりも熱水変質が及んでスメクタイトが生成された地盤で膨潤性が高いようです。田村ほか³⁾は、四国三波川帯南縁の熱水変質により生成したと考えられるスメクタイトを含有する硬い断層破碎帯で、泥質片岩の破碎帯で 60KN/m²、塩基性片岩の硬質破碎帯で 168KN/m² の吸水膨張圧があることを報告しています。

四国では、中央構造線のような大きな断層の近くや火山岩周辺の熱水変質を受けている地盤において、スメクタイトを含有している例が多いです。

また、田村ほか⁴⁾は、スメクタイトが持つ交換性陽イオンにより、その膨張性の違いを示しています(表-2)。それによると、東北地方のグリーンタフ地域に多い Na 型では盤膨れ量が大きく、四国の大きな断層沿いでは Ca 型のみでの分布で、盤膨れはしますが東北地方の盤膨れほどではないとしています。ただし、スメクタイト含有の地盤で膨潤による盤膨れが起きると強度低下ももたらしますので、注意が必要であることに変わりはありません。

表-2 スメクタイトの地域特性と地盤災害など⁴⁾

地 域	スメクタイト			地すべり		切土地盤の盤膨れ
	分布	交換性陽イオンによる分類	膨潤性	区分	すべり面勾配 ¹⁴⁾	
東 北 (グリーンタフ)	広域	Na型, Ca型	大~小	第三紀層すべり	19度	大 ¹²⁾
四 国 (大きな断層沿い)	局所	Ca型	小	破碎帯すべり	22~27度	小 ¹⁰⁾

植野ほか(1998)¹²⁾ : 盤膨れ量は24cm, 田村ほか(2007)¹⁰⁾ : 盤膨れ量は6cm

(3) 第三紀層の泥岩からの石膏晶出の例

瀬戸内海に広く分布する新第三紀の泥岩では、泥岩中には木苺状の黄鉄鉱(フランボイダルパイライト)が含まれることが知られています⁵⁾。黄鉄鉱は海底や地中などの還元的環境では安定して存在していますが、地表などの酸化的環境では不安定で、酸化鉄と硫酸に変化しやすい性質を持っており、硫酸は岩石や地下水に含まれるカルシウムと反応して石膏などの硫酸塩鉱物を晶出させます。

泥岩からの石膏の晶出(圧)による地盤トラブルの事例として、泥岩地帯を切土して造成された宅地地盤で泥岩が膨張して基礎を押し上げ建物に変状を与えた事例⁶⁾や、強度低下によりすべり面が形成されて地すべりが発生する事例⁷⁾などがあります。

中国、四国地方では、新第三紀の泥岩の分布は局所的ですが、黄鉄鉱が含まれている岩石は日本中どこでも見られ、中国、四国地方でも前述の瀬戸内海周辺や秩父帯の一部⁸⁾、四万十帯などにも含まれており、盤膨れやスレーキングの原因と推定された事例がいくつか知られています。

【引用文献】

- 1) 土木用語大辞典 (1999) : 土木学会編, 技報道出版, pp. 1042.
- 2) 小西 純一ほか (2010) : 不攪乱粘土試料の一次元膨潤圧特性とその異方性, 土木学会論文集 C, 66 巻, 2 号, pp. 264-279.
- 3) 田村栄治・浄内明・松崎伸一・長谷川修一 (2007) : 結晶片岩中のスメクタイト含有破砕帯の膨潤特性と隆起メカニズム, 応用地質, vol. 48, No. 2, pp. 80-89.
- 4) 田村栄治・長谷川修一 (2008) : 四国地方における熱水変質起源のスメクタイトの交換性陽イオン組成, 日本応用地質学会 平成 20 年度研究発表会講演論文集, pp. 59-60.
- 5) 田村浩行 (2010) : 地すべり地の基盤岩に見られた膨れる泥岩ー化学的風化とその影響ー, 中国四国地方の応用地質学, 日本応用地質学会中国四国支部編, pp. 214.
- 6) 大山隆弘・千木良雅弘・大村直也・渡部良朋 (1998) : 泥岩の化学的風化による住宅基礎の盤膨れ, 応用地質, Vol. 39, No. 3, pp. 261-272.
- 7) 千木良雅弘 (1988) : 泥岩の化学的風化ー新潟県更新統灰爪層の例ー, 地質学雑誌, Vol. 94, No. 6, pp. 419-431.
- 8) 西山賢一・石田啓祐・佐藤威臣・竹熊隆宏・長谷川修一 (2006) : 鉱物組成に基づく黄鉄鉱含有泥岩 (下部白亜系藤川層), 日本応用地質学会中国四国支部 平成 18 年度研究発表会発表論文集, pp. 69-74.

(回答者 田村 栄治)