

岩石・岩盤の風化について

地質研究室

1. はじめに

道路切土やトンネル掘削を行うと、掘削時には新鮮強固な岩盤であっても急激に風化して強度を減じて細粒化したり、地すべりや岩盤崩落などの斜面災害、あるいは膨張圧によるトンネル覆工の変状などが発生することがあります。また、掘削土が風化して酸性化したり、有害重金属を溶出させるなどの問題が発生するケースがあります。

風化とは、地表にさらされて水や空気などの作用により、岩石・岩盤中の鉱物がルーズな含水物質に変化する過程のことで、物理的風化と化学的風化、および生物的風化などがあります。ここでは、これらの風化現象について概説します。

2. 物理的風化

物理的風化とは、機械的な作用により岩石が破壊していく現象をいいます。代表的なものには、凍結風化、塩類風化および乾湿風化などがあります。

凍結風化は、水が0℃で氷結する際に約9%膨張するため、岩石内の水が凍結すると膨張圧が発生して破壊する現象です。もし水が岩盤内の拘束された場所で凍ると、非常に大きな圧力が周辺の岩石に働きます。この圧力は、岩石の圧縮強度よりもはるかに大きいものです。しかし、実際は凍結前の水がクラックに入るためには、開口していなければなりません。そのため、水が凍ると氷は押し出され、結局膨張圧の一部分がまわりの岩石の破壊に寄与すると考えられています。(写真-1、2参照)

塩類風化は、溶液に含まれる塩類が結晶として成長する時の体積増加により、岩石の破壊を引き起こす現象です。風化現象としては、多孔質岩石において岩石表面の間隙内で塩類が結晶化して、粒状破壊や剥離破壊することが挙げられます。具体的なものとしては、塩化ナトリウムを含む石灰岩台地において、石灰岩が薄片化することなどが確認されています。ただし、この風化については、なぜ結晶が拘束している岩石の圧力に対抗して、成長し続けるかが十分に解明されてい



写真-1 凍結風化例（凍結融解前砂岩）



写真-2 凍結風化例（凍結融解後）



写真-3 乾湿風化例（乾湿繰り返し前泥岩）



写真-4 乾湿風化例（乾湿繰り返し後）

ません。

乾湿風化は、岩石の湿潤と乾燥の繰り返しにより、土粒子表面に付着した吸着水の分子圧力によって生じる破壊です。スレーキング現象が代表的です。この風化は、岩石内に配列された水の分子圧力の機構によるものと考えられています。水は、プラスに帯電した2つの水素原子が分子の一方の端に、マイナスに帯電した酸素原子が他の端に配列されているため、極性を有する液体です。水分子のプラスに帯電した端は、粘土あるいは他の物質のマイナスに帯電した表面に引きつけられ、同様にして他の水分子は、多数の小さな棒磁石のようにプラスとマイナスの端を結んで配列されて、水の層を形成します。湿潤乾燥が繰り返されると、水分子が準結晶の性質を帯びて水の層が厚くなり、拘束壁に対して押し広げる膨張圧が発生して、岩石が破壊されるというものです。(写真 - 3、4参照)

この他には、温度上昇による体積膨張が原因の日射風化や、水分吸収による水分膨張、移動する粒子と基岩との摩耗などが挙げられます。

3. 化学的風化

化学的風化とは、物理的あるいは化学的平衡が乱されて戻そうとする時に、化学反応を伴って岩石が変質するような現象です。化学的風化は、酸化還元や炭酸塩化、水和反応および加水分解などが起因して発生します。

酸化による風化では大気中の酸素との反応によるものが、自然界での初期におこる代表的な風化の1つといえます。還元は酸化の反対の反応であり、細菌の作用によって生じる場合が多く、例えば有機物は発酵細菌により還元され、硫酸は細菌により還元された硫化物になります。

炭酸塩化は、鉱物と炭酸あるいは重炭酸イオンとの反応をいいます。炭酸塩は、その場での風化の最終産物ではありませんが、炭酸塩の生成はある種の風化過程、特に長石類の破壊における1つの段階とされています。

水和反応は鉱物への水の付加による発熱反応のことです。水和は粘土鉱物の生成に重要な過程とされ、実際には水が結晶格子の一部に取り込まれていると考えられています。

加水分解は、鉱物と水との間、すなわちHイオンあるいはOHイオンと鉱物中のイオンとの間の化学反応です。加水分解による風化現象は、鉱物を純水中で粉碎したときのケン濁液のpH測定で説明できます。多くの鉱物では、水中で研磨しただけでpHが変化することから、すなわち水中の水素イオン濃度が、鉱物との化学反応により変化することを意味しています。

また、化学的風化に類似した現象に熱水変成があります。熱水変成とは、地球の深部からの上昇水や蒸気あるいは他の発散物が、封じ込めている岩石を通過して上方へ移動して粘土化を引き起こすなどの変質をもたらす現象をいいます。風化と熱水変成の違いは、風化は変質が表面に向かって増大しますが、熱水変成は深くなるほど増大することです。

4. 生物的風化

生物的風化は、特に細菌による風化の量がこれまで考えられていたものよりかなり多いことが予想されています。この風化は、現在注目されつつあるもので、今後さらに研究されてその実態が明らかにされると考えられます。

5. おわりに

現在、地質研究室では岩石・岩盤の風化に関連した研究として、「岩盤風化に伴う構造物劣化に関する検討」を行っています。研究内容は、トンネル覆工背面等の岩盤風化に伴う構造物劣化度の現地調査法の開発や、岩盤を路床とする場合の風化による凍上性判定手法の検討などです。これらに関連したことで、現場が抱える問題等があれば、御一報ください。問題解決の協力をしたいと思います。

(文責：日下部 祐基)

参 考 文 献

- 1) 風化 - その理論と実態：C.D.Ollier 著、松尾新一郎監訳、丸善株式会社、1971.12
- 2) 岩石の風化：Dorothy Carroll 著、松尾新一郎監訳、丸善株式会社、1974.5
- 3) 風化と崩壊：千木良雅弘、近未来社、1995.4
- 4) 新版地質事典：地学団体研究会、平凡社、1996.10