

大成建設技術研究所○正会員 金子 誠二

正会員 飯星 茂

正会員 青砥 宏

1. まえがき

筆者らは、北越北線赤倉トンネルの施工時に遭遇した強大な土圧を及ぼす第三紀泥岩いわゆる膨張性泥岩について、その発生土圧と泥岩の諸性質との関連を検討してきた。⁽¹⁾⁽²⁾従来より、膨張性地山の地質は、軟弱な粘土質岩、温泉余土等の熱水、熱変質物、蛇紋岩等が知られ、構成粘土鉱物は蛇紋岩を除いてモンモリロナイトを主要鉱物としている。⁽³⁾この種の粘土鉱物の同定はX線回折法の粉末法によっておこなわれ、粘土鉱物の同定法としても不十分であった。粘土鉱物は、きわめて微粒なこと、結晶の不規則性が著るしいこと等から、X線反射は不鮮明な場合が多く、粒度の不ぞろいによっても微妙に異なってくる。そこで、筆者らは、沈降法によって粒度を 2μ 以下にそろえ、定位法によって、トンネル掘進時に発生する土圧の大きさと粘土鉱物組成の差異について検討を進めた。その結果、粘土鉱物組成のみならず、粘土鉱物から由来する塩基交換容量（以下C.E.C.と略す）と泥岩の物理、力学的性質さらには発生土圧の大きさ等に深い関係があることがわかった。本報告は、赤倉トンネルにおける一連の泥岩物性試験のうち特に泥岩の粘土鉱物組成、C.E.C.、交換性陽イオンについてとりまとめ、発生土圧の大きい椎谷層と中程度の灰爪層、小さい魚沼層の泥岩の鉱物、化学的特徴を明らかにしたものである。これらの試験は、他の試験とことなり、わずかな試料で測定できることから、これらの泥岩の特徴を知ることが、今後第三紀泥岩地帯のトンネル施工計画において、膨張性泥岩の存在予測に重要な指標となりうると思われる。

2. 試料と方法

試料は既報の研究に供試した椎谷層、灰爪層と新たに灰爪層の1部と魚沼層の泥岩を用いた。地質及び施工状況を第一表に示す。椎谷層は薄い凝灰岩と黒色の泥岩の細互層をなし、灰爪層は均一な砂質泥岩であった。発生した土圧、泥岩の物理、力学的性質は、既報を参照されたい。X線回折法による鉱物分析は、 420μ 以下に粉碎後、メノウ乳鉢でさらに約15分間粉碎し粉末試料とした。定方位法は粉末

表-1 試料及び施工状況。

順	採取位置	時代及び地層	岩 質	断 面	膨脹状況
1	5K200	中新世椎谷層	黒色泥岩	1号型馬蹄型	膨大*
2	5K240	鮮新世灰爪層	〃	円 形	〃
3	6K100	〃	緑灰色泥岩	〃	膨 中
4	6K363	〃	〃	〃	〃
5	6K657	〃	〃	〃	〃
6	6K761	〃	〃	〃	〃
7	7K104	〃	青灰色砂質泥岩	〃	〃
8	7K1836	〃	〃	〃	〃
9	7K509	〃	〃	〃	〃
10	7K756	〃	〃	〃	〃
11	9K831	鮮新世魚沼層	緑灰色泥岩	1号型馬蹄型	膨 小

*膨大 変形エンタングリング、ストラットの変形が大きい。
吹き付けコンクリートの制動から判断。

試料を脱塩水で懸濁させ約15分間超音波処理し、沈降法で 2μ 以下部分を集めて、Ca粘土、K粘土としておこなった。さらにCa-粘土エチレングリコール処理、K-粘土加熱処理（ 300°C 、 550°C ）についてもおこなった。C.E.C.はCaで飽和した試料をNaイオンで交換されたCaイオンを $1/100$ MEDTAで定量した。交換性陽イオンは、 1N 酢酸アンモニウム溶液（ $\text{pH}=7$ ）で抽出されたCa、Mg、Na、Kイオンについて常法によって測定した。

3. 結果及び考察

粉末法のX線回折結果は、 $\mu 1\sim\mu 11$ の

各試料共、 α -石英、斜長石、 α -クリストバライトが含まれており、 $\mu 3\sim\mu 10$ の灰爪層には弱いマグネタイトのピークが認められた。粉末法での粘土鉱物のピークは、いずれの試料でも明瞭なピークとしてあらわれなかった。図-1は 2μ 以下の粘土部分のCa飽和試料のX線回折結果である。各地層の代表試料のみ図示した。 $\mu 1$ の椎谷層の試料は、ほとんど $15.6\text{\AA}$ のピークを主体とし、わずかに $10.0\text{\AA}$ 、 $7.2\text{\AA}$ のピークが認められた。灰爪層では、相対的 $15.6\text{\AA}$ のピークは弱まり $10.0\text{\AA}$ 、 $7.2\text{\AA}$ のピーク強度が上昇する。 $\mu 3$ 、 5 、 9 の試料には $9.0\text{\AA}$ のピークが検出され、これは沸石の1種のクリノプシロライトである。 $\mu 7$ 、 8 、 10 の試料には沸石は含まれていない。図-2は、エチレングリコール処理のX線回折図である。椎谷層の試料は $15.6\text{\AA}$ から $17.6\text{\AA}$ にすべて移動し、 $10.0\text{\AA}$ のピークは移動しない。灰爪層魚沼層の試料では、 $15\text{\AA}$ 付近のピークが二つにわかれ明瞭に $14.6\text{\AA}$ のピークが残存する。特に魚沼層の試料は著るしい。さらに飽和試料で $15.6\text{\AA}$ の収縮性 $7.2\text{\AA}$ の加熱安定性を検討した結果、椎谷層では、 550°C 加熱で $10.0\text{\AA}$ に収

縮し、7.2 Åのピークは消失した。灰爪層では、14.6 Åのピークが残り、7.2 Åのピーク強度が減少する結果が得られた。魚沼層では、特に7.2 Åのピーク減少が大きかった。以上の結果から、表-2に示す各粘土

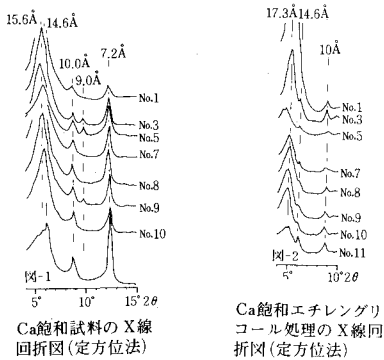


表-2 各試料の相対的粘土鉱物含有量及びC.E.C. 2価粘土含有量

試料	採取位置	モンモリロナイト	クロアイト	イライト	セサタイト	カオリナイト	C.E.C. (meq/100g)	粘土含有量 (%)	その他の鉱物
1	5K200	●	●	●	●	●	38.7	42.5	α-石英、黒雲母、α-クリストファイト
2	5K240	●	●	●	●	●	43.9	40.4	同上
3	6K100	●	●	●	●	●	26.4	19.5	同上及びマダガスカル
4	6K363	●	●	●	●	●	24.7	15.7	同上
5	6K657	●	●	●	●	●	25.1	16.8	同上
6	6K761	●	●	●	●	●	25.1	12.1	同上
7	7K104	●	●	●	●	●	29.2	26.0	同上
8	7K183	●	●	●	●	●	24.6	17.0	同上
9	7K509	●	●	●	●	●	23.2	32.5	同上
10	7K756	●	●	●	●	●	25.1	22.0	同上
11	9K831	●	●	●	●	●	21.2	15.0	α-石英、新緑石、α-クリストファイト

あったと推定される。(3)魚沼層はカオリナイトを主要鉱物としていることから、かなり陸化した状態で堆積したものと考えられる。C.E.C.は当初モンモリロナイトの定量を意図して測定したが、モンモリロナイトと同じような高いC.E.C.をもつ沸石が含まれてくると、C.E.C.をそのまま引用してくると危険が大きい。しかし、C.E.C.が粘土鉱物組成を反映する値であることから、地層の区分や他の物理力学的性質との対比などをおこなう上では十分その役割をはたす測定項目と思われる。C.E.C.は陽イオン交換を営む粒子の負荷電量を単位重量に保持される交換性陽イオン量で表わしたものである。そこで、泥岩粒子に保持される各々の交換

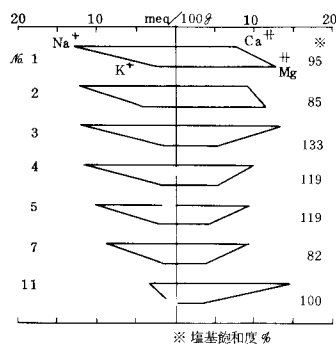


図-3 交換性陽イオン分布

性陽イオンを図-3に示し、あわせて塩基飽和度(pH=7)についても記載した。交換性陽イオン分布は層位別で明らかに異なり、同一地層では同様な分布形態を示していた。椎谷層は塩基飽和度が100%以下であり、 $Mg^{++} > Ca^{++}$ を特徴としていた。灰爪層は100%以上で $Ca^{++} > Mg^{++}$ と逆転している。魚沼層は二価の陽イオンが一価の陽イオンより圧倒的に多かった。発生土圧の大きかった椎谷層は灰爪層、魚沼層と比べ、交換性陽イオン分布に特異な性格をもっていることがわかった。

4.おわりに 赤倉トンネルの膨張性泥岩の鉱物組成、C.E.C.、交換性陽イオン分布について検討した結果、発生土圧の異

なる地層の泥岩に、著るしい相違が認められた。したがって、これらの粘土鉱物学的試験方法は、膨張性泥岩の有無の判定に十分活用できるものと考えられる。

5.引用文献

- (1) 飯星, 青砥, 領家: 第10回土質工学研究発表会 1975 p 775
- (2) 青砥, 飯星, 金子: 同上 1975 p 779
- (3) 吉川: '77トンネル技術講演会 1977 p 73