

P26 . 深度 750m 調査ボーリング孔の花崗岩の割れ目の分布様式(1) シーティングジョイントの発生間隔の深度変化

Fracture- patterns of granite drilled to 750 meters (1): Vertical variation of spacing of sheeting joints

藤田勝代((財)深田地質研究所,高知大院・理), 横山俊治(高知大・理)

Masayo Fujita(Fukada Geological Institute, Kochi Univ.), Shunji Yokoyama (Kochi Univ.)

1. はじめに

花崗岩中にはしばしば互いにほぼ直交する2方向の高角節理群と低角節理群が発達している。それらの節理群は結果として岩体を方状に分離していることから、方状節理と呼ばれる¹⁾。方状節理という認識はそれらの節理群の形成を同時と見なすことで、しばしば冷却節理であると考えられている²⁾。それに対して、高角節理群と低角節理群とは異なる成因の割れ目であるとする見解もある。たとえば、平野(1971)は六甲山地の花崗岩の節理系を解析し、二組の高角節理群はせん断成分を有し、互いに共役関係にある造構性節理であると考え、造構応力場を解析している³⁾。そして低角節理群は上載荷重の除荷によるシーティングジョイントであると考えている。

低角の割れ目が上載荷重の除荷によって形成されたものであるならば、地表付近で割れ目密度が高く、深くなるにつれて低くなり、ついには消滅するということが期待される。その証拠を得るには、地形効果の影響を受けにくい平地の深層ボーリングコアでの検証が必要で、できれば断層が走っていないボーリングコアが望ましい。

記載したボーリングコアは花崗岩からなる標高45.6mの丘陵を掘削したもので、掘削深度が750mあり、地形の影響は小さいと考えている。藤田ほか(2003)は本論文で記載したボーリングコアについて深度600mまでのBHTV検層データを解析している⁴⁾。本論文では、低角割れ目群の割れ目密度に焦点を当て、コアの肉眼観察に重点を置いて、低角割れ目群の割れ目密度を発生数と発生間隔で把握し、その深度変化の特徴からこれらの低角割れ目群が上載荷重の除荷によるシーティングジョイントであることを検討する。

2. 花崗岩の記載

ボーリングコアの主体は粗粒角閃石黒雲母花崗岩(アダメロ岩)で、桜色のカリ長石が特徴的である。この粗粒角閃石黒雲母花崗岩にアプライトが貫入している。アプライトはシート状の形態をもって広がっているのが野外で観察できる。ボーリングコアで確認された貫入面も低角(0-40°)である。その厚さは深部に向かって増大し、深度750mまでのアプライトの積算層厚は146.2m(19.5%)で、最大の見かけの層厚は

39.8m(深度634.0~673.8m)に及ぶ。深度420-424m間には破碎帯(南北走向70°東傾斜)が認められ、それを境界に上盤側の岩盤等級はCM-CH級、下盤側のそれはB級からA級が主体となる⁵⁾。

3. 割れ目の記載

低角割れ目には比較的平滑な破断面をもつものと、ややざらついた凹凸のある破断面をもつものがある。数量的には後者の方が多い。また、破断面が分離した低角割れ目が多いが、密着している低角割れ目もある。破断面が分離した低角割れ目については破断面をかみ合わせて、破断面に沿った結晶粒のズリ変位の有無を観察したが、ズリ変位は認められなかった。したがって低角割れ目は引張り割れ目の可能性が高い。

低角割れ目と高角割れ目の区分を傾斜45°においているが、ほとんどの低角割れ目は35°以下である。高角割れ目にはズリ変位を示さない引張り割れ目があり、それは高角節理である。しかし、多くの高角割れ目は破断面に条線が発達していたり、カタクレーサイトを伴っていたりする断層である。ただし、上述した深度420-424m間に破碎帯をもつ断層を除いて、破碎帯規模の大きな断層はない。

断層はしばしば破断面に沿って緑泥石が付着し、それが条線をつくっている。NNW走向の高角節理に沿っては金属鉱物が充填しているのが野外で観察されている。花崗岩冷却末期に貫入した塩基性-酸性岩脈群の貫入面の方向もNNW方向であることから、NNW走向の高角節理は岩脈群と同時期に同じ応力場のもとで形成され、岩脈マグマの通路となった造構性節理の可能性が高い。それに対して、低角割れ目には鉱物脈の充填は認められない。

4. 解析結果の表示方法

図1は、低角割れ目に挟まれたシートの厚さ(T)と低角割れ目の発生深度の関係を示した図である。シートの厚さは上面の低角割れ目の深度で表す。たとえば深度9mの低角割れ目と深度11mの低角割れ目に挟まれたシートの厚さは2mで、発生深度は深度9mである。図2は、シートの厚さを3区分し、その数を10m区間ごとに表したものである。図3は、3区分したシートの存在率(%)を10m区間ごとに表したもので

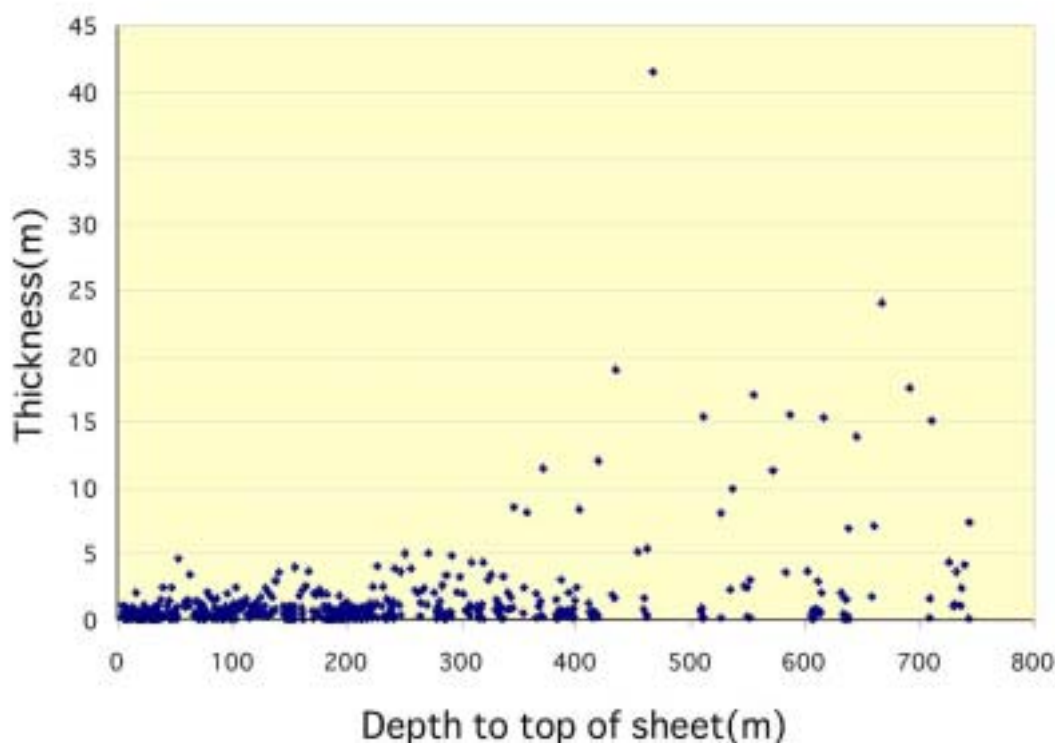


図1 低角割れ目に挟まれたシートの厚さ(T)と低角割れ目の発生深度の関係

ある。図2および図3において、シートの厚さ(T) (単位m)は $T_s: 0 < T \leq 0.1$, $T_m: 0.1 < T \leq 1.0$, $T_l: 1.0 < T$ に3区分し、10m区間ごとへの振り分けは上面の低角割れ目の深度を基準にした。

5. 解析結果

図1と図2, 図3を総合すると、低角割れ目に挟まれたシートの厚さの深度変化は次のような特徴をもつ。大局的には、深度0~220m区間、深度220~420m区間、深度420~750m区間の間で段階的に変化しているように見える。

深度0~220m区間では、全般に低角割れ目の発生数が多く、シートの厚さ(T)の薄い T_s と T_m クラスのシートが卓越し、 T_l クラスのシートは少なく、シートの厚さが3mを越えることはまれである。深度220~420m区間では、深度0~220m区間と比べて、 T_s クラスのシートが減少し、 T_l クラスのシートが増加している。深度350mよりも深くなると、シートの厚さが8~12mのものが点在する。深度420~750m区間では、低角割れ目の発生数が著しく少なくなる。シートの厚さでみると、10~19mに達するところが多く、41mに達するところもある。その一方で、ところどころで T_s クラスあるいは T_m クラスのシートが集中分布している。

6. 考察

今回実施したボーリングコアの肉眼観察に基づく検討と BHTV 検層データの解析に基づく検討⁴⁾では、低角割れ目の発生数は異なるものの増減の傾向はよく似た結果になった。低角割れ目の発生数は深度0~220mの区間、深度220~420mの区間、深度420~750m区間の間で変化する。すなわち深度0~220m区間で飛び抜けて多く、深度220~420m区間では急激に少なくなり、深度420~750m区間ではさらに少なくなっている。このような発生数の変化はシートの厚さにも現れていて、深部の区間ほど薄いシートが減少し、厚いシートが増加する傾向がある。

ボーリングコアの肉眼観察の方が BHTV 検層データよりも発生数が多くなる傾向がある。それは肉眼で観察した低角割れ目の中には掘削時やコア整形時、あるいは観察時に潜在割れ目に沿って破断したり、潜在的な傷がなくても人為的に破断したりしたものが含まれているからである。明らかに人為的なものは除外しているが、潜在割れ目に沿って分離した割れ目は、もともと割れ目であったものと区別できない。このような理由で、肉眼観察で確認された割れ目の中には BHTV 検層では捉えられていないものが含まれている可能性がある。とはいえ現実には、すべて割れ目についてその成因を認定し、識別することはできないので、

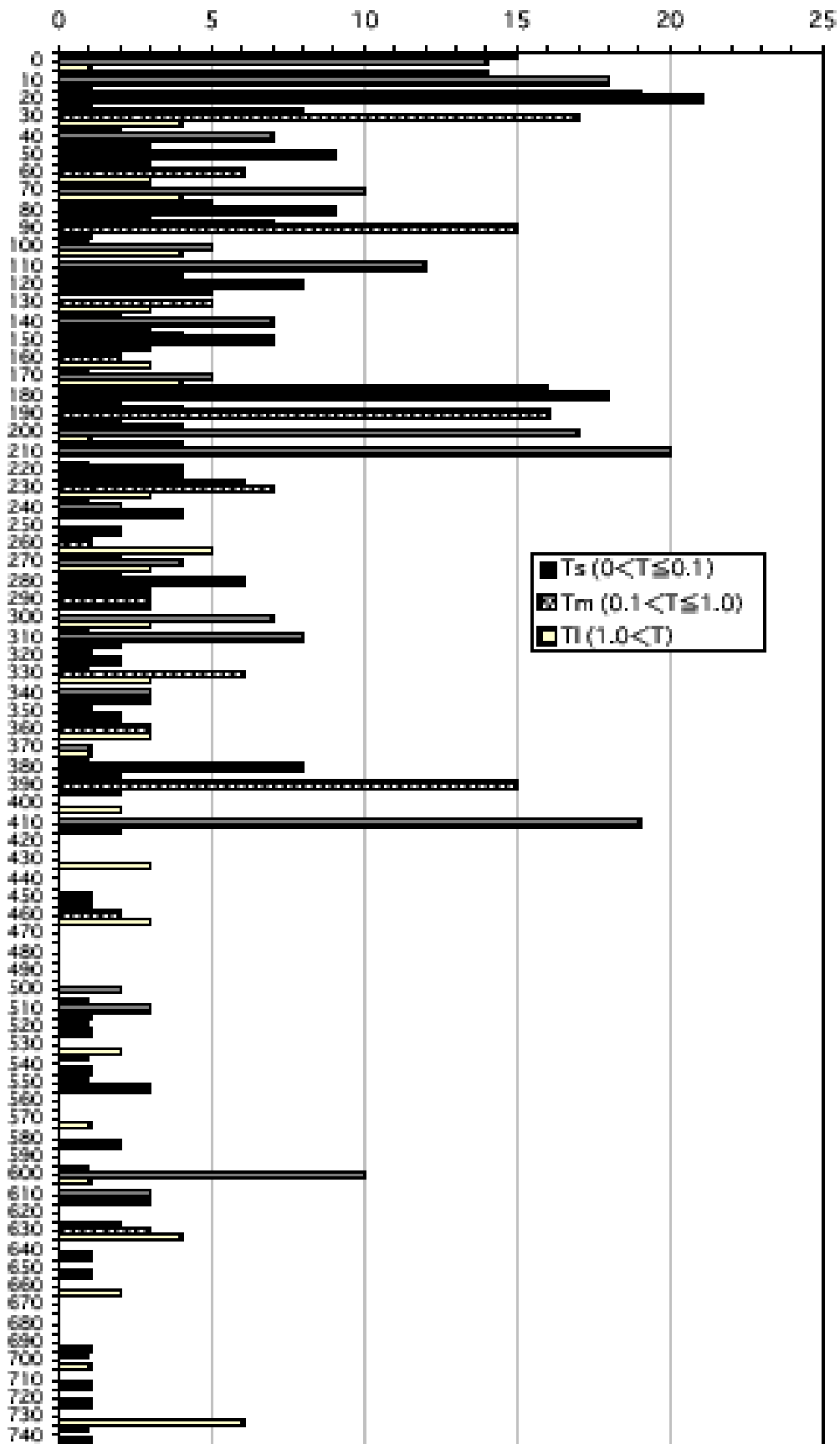


図2 3区分したシートの厚さの個数 (10m区間ごとに表示)

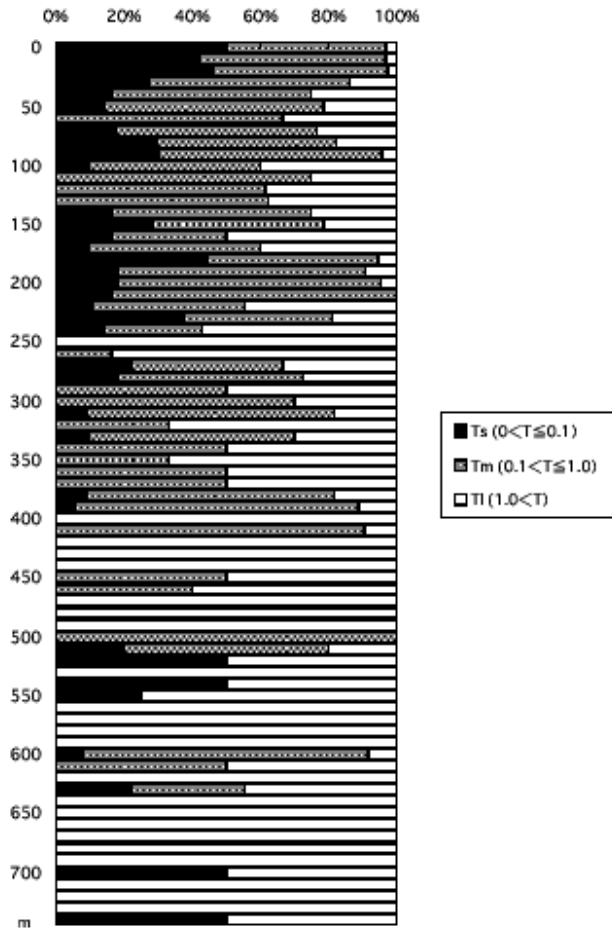


図3 3区分したシートの存在率(%) (10m区間ごとに表示)

その可能性を厳密に検証することはできない。

厳密性に欠ける点があるものの、低角割れ目には、深部に向かって割れ目の発生数が減少し、それに併せてシートが厚くなる傾向は読み取れる。BHTV 検層データによる深度 420~750m区間のシーティングジョイン

ト数は5箇所にすぎない。このような傾向は、低角割れ目が除荷によるシーティングジョイントであることを支持している。同様の傾向は岐阜県東濃地方の土岐の深層ボーリングでも認められる。充填物なしの低角割れ目と粘土鉱物に充填された低角割れ目(0~30°)の総数は深度350m以深で急激に減少している⁷⁾。シーティングジョイントの可能性がある低角割れ目は深度400m前後より浅いところでは多発していると予想される。

引用文献

- 1) 地学団体研究会編(1996): 新版地学事典。平凡社, 東京, 1443 p.
- 2) 垣見俊弘(1978): 地質構造の解析。地学双書 22, 地学団体研究会, 240 p.
- 3) 平野昌繁(1971): 花崗岩の節理を中心とした深成岩体の brittle な変形・破壊を考えるうえでの問題点, 地質学雑誌, Vol. 77, No. 5, pp. 257-263.
- 4) 藤田勝代・堀川滋雄・横山俊治(2003): 深度600m 試錐による岡山県万成花崗岩の割れ目の分布様式。日本応用地質学会平成15年度研究発表会講演論文集, pp. 331-334.
- 5) 堀川滋雄, 吉倉紳一, SANTOSH.M., 西尾 格, 長秋雄(2003): 花崗岩体での深度1000m 岩盤調査, 日本応用地質学会平成15年度研究発表会講演論文集, pp. 153-156.
- 6) 楠瀬勤一郎・長秋雄・堀川滋雄・萩原育夫・吉岡正光・佐々木勝司(2005): 花崗岩体での岩盤初期応力測定と解析(その1)―深度750m 岩盤調査―, 日本応用地質学会平成17年度研究発表会講演論文集, pp. 93-96.
- 7) 丸山大悟・小嶋 智・大谷具幸(2006): ボーリングコアとポアホールテレビ画像を利用した岐阜県東濃地方, 土岐花崗岩の割れ目解析。応用地質, Vol. 47, No. 1, 13-22.