

P27 . 深度 750m 調査ボーリング孔の花崗岩の割れ目の分布様式(2) ラミネーションシーティングの深度分布

Fracture- patterns of granite drilled to 750 meters (2) : Vertical distribution of lamination sheeting

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.) and Shunji Yokoyama (Kochi Univ.)

1 . はじめに

地表付近の風化花崗岩には、ミリメートルオーダーの間隔をもつ平行で緩傾斜の割れ目群の存在が知られていて lamination¹⁾²⁾, micro sheeting³⁾⁴⁾, exfoliation, lamination sheeting⁵⁾⁶⁾ の名称で記載されてきた。

最近、西南日本内帯の花崗岩地域では、領家古期花崗岩類、領家新期花崗岩類、山陽帯の花崗岩を問わず、粗粒花崗岩であれば、ほとんどどこの花崗岩にも、このような低角割れ目群が広く分布していることが分かってきた⁷⁾。しかし、低角割れ目群の深度方向の分布については、採石場跡の大露頭や建設工事に関連して実施された深度 20~40m までの浅層ボーリングで観察を試みているが、不十分な状況にあった。

一方、ラミネーションシーティングの成因については上載荷重の除荷によって形成されたものであるとする見解がある。そうであるならば、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、ついには消滅することが期待される。このことを検証するには、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が必要で、できれば断層が走っていないコアが望ましい。

本論文では、標高 45.6m の丘陵を掘削した掘削深度 750m の花崗岩コアを用いて、低角割れ目群の深度方向の分布特性を解析した。なお、以下では、ミリメートルオーダーの間隔をもつ低角割れ目群の名称としてラミネーションシーティング (lamination sheeting) を用いることにする。

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⁸⁾⁹⁾。

3 . ボーリングコア観察時および解析時の記載項目と方法

3.1 観察時の記載項目と方法

ボーリングコア観察時のラミネーションシーティングの記載項目と方法は以下の通りである。

ラミネーションシーティングの傾斜角 () : クリノコンパスを用いて測定した。

ラミネーションシーティングの分布領域 (真の層厚 : D) : 最上位のラミネーションシーティングと最下位のラミネーションシーティングの間の厚さで、ラミネーションシーティングに垂直の方向を折尺あるいはコンバックスを使って測定した。

ラミネーションシーティングの割れ目間隔 (S) : ノギスを使って総数 1,252 箇所測定し、各ラミネーションシーティングの分布領域における最大側と最小側のそれぞれ 10% を除いた測定値を解析データとした。

3.2 解析時の記載項目と方法

ラミネーションシーティングの解析に当たっては次の記載項目で整理して議論した。

単位区間の設定 : ラミネーションシーティングの深度方向の特徴は深度 10m ごとの区間を単位区間として議論した。

検討したラミネーションシーティングの傾斜 : 45° 以下のものを対象とした。

ラミネーションシーティングの分布領域の記載項目 : 深度 10m ごとの単位区間内におけるラミネーションシーティング分布領域 (D) の最大長を $D_{max}(m)$, 最小長を $D_{min}(m)$, 積算長を $D_{sum}(m)$, 分布箇所数を D_n (個) とする。

ラミネーションシーティングの割れ目間隔の記載項目 : 割れ目間隔の最大長を $S_{max}(mm)$, 最小長を $S_{min}(mm)$, 平均長を $S_{ave}(mm)$ とする。

4 . ラミネーションシーティングの記載

ラミネーションシーティングは結晶粒界を横切って走り、かつ破断面に沿ってズリ変位をもたない引張り割れ目であることがボーリングコアの表面の観察で確認できる。このような特徴は各地のラミネーションシーティングに共通している⁷⁾。そしてこのことはラミネーションシーティングの応力解放説に都合が良い。

ラミネーションシーティングは形態的にタイプ A, B, C の 3 つのタイプが認められる。

タイプ A は平行性に乏しい凹凸のある割れ目群で、結果として割れ目に囲まれた岩片は扁平なレンズを呈する。タイプ B は割れ目の連続性が乏しく、コアを一周せずに途中で止まっている割れ目群である。このタイプのラミネーションシーティングは、しばしば割れ目の数を減少させながらラミネーションシーティングの発達していない花崗岩に移り変わっている。タイプ C は互いに交わることが少なく平行に発達する割れ目群で、結果として割れ目に囲まれた岩片はディスク状を呈する。低角割れ目（シーティングジョイント）近傍に 1 ~ 2 枚形成されていることも少なくない。このタイプのラミネーションシーティングに沿って分離した岩片は、コアを胴切りにした状態になり、そのような開口割れ目が複数等間隔で発達したものは、ディスクングとして知られている現象と酷似している。本ボーリングコアでは深度 234.25-234.88m でディスクング様の現象が確認されている。

タイプ A, B のラミネーションシーティングは粗粒角閃黒雲母花崗岩に特徴的に現れ、ラミネーションシーティングの発達している粗粒角閃黒雲母花崗岩と無傷のアブライトとが接しているボーリングコアもある。同様にタイプ C のラミネーションシーティングも粗粒角閃黒雲母花崗岩に現れるが、アブライトでも観察される。

すべてのタイプのラミネーションシーティングには傾斜が 45° を超えて高角になる場合がある。タイプ A, B の高角のラミネーションシーティングは野外では高角節理に沿って形成されているもので、未風化核岩側部を取り巻いている部分に相当する。上述したように、今回の記載では便宜上傾斜 45° 以下のラミネーションシーティングを記載対象にした。いずれのタイプのラミネーションシーティングもシーティングジョイントに沿って形成されていることが多い。シーティングジョイントとラミネーションシーティングの位置的關係は、低角割れ目の上盤側、下盤側、両側の場合がある。

5. ラミネーションシーティングの深度方向の分布特性

5.1 ラミネーションシーティングの分布領域

ラミネーションシーティングの分布領域は、0-220 m, 220-440m, 440-750m 区間でその特徴が大きく異なる（図 1）。0-220m 区間ではラミネーションシーティングの分布がすべての単位区間で連続して認められるが、220-440m 区間ではラミネーションシーティングが分布する単位区間と分布しない単位区間とが繰り返して現れる。220-230m 区間でラミネーションシーティングの分布しない領域が最初に出現し、深度 310-370 m で 60m 連続する。440-750m 区間では 500-510m での

みラミネーションシーティングの分布が認められる。単位区間におけるラミネーションシーティングの積算長（ D_{sum} ）の平均は、0-220m 区間で平均 0.76m, 220-440m 区間（ディスクングの発生した 230-240m 区間を除く）で平均 0.10m, 440-750m 区間では平均 0.03m である。ラミネーションシーティングの分布箇所数（ D_n ）は 0-220m 区間で 1 ~ 12 箇所, 220-440m 区間で 0 ~ 5 箇所, 440-750m 区間で 0 ~ 2 箇所である（図 2）。

5.2 ラミネーションシーティングの分布領域の最小長（ D_{min} ）と最大長（ D_{max} ）

ラミネーションシーティングの分布領域の最小長（ D_{min} ）は、0-220m 区間で平均 3.7cm, 220-440m 区間で平均 2.1cm, 440-750m 区間で平均 1.0cm である（図 3）。一方、ラミネーションシーティングの分布領域の最大長（ D_{max} ）は 0-220m 区間で平均 0.29m, 220-440m 区間（ディスクングの発生した 230-240m 区間を除く）で平均 0.03m, 440-750m 区間で平均 0.05m である（図 4）。すなわち、220m 以深では、狭い範囲にラミネーションシーティングが分布しているといえる。

5.3 ラミネーションシーティングの割れ目間隔の特徴

ラミネーションシーティングの割れ目間隔は、ラミネーションシーティングの分布領域と同様、0-220m, 220-440m, 440-750m 区間でその特徴が大きく変化する。顕著な変化は割れ目間隔の最小長（ S_{min} ）で認められ、0-220m 区間ではほぼ一定の値（平均 3.8mm）で連続する（図 5）。一方、220-440m 区間では平均 6.9mm で、0-220m 区間より 1.8 倍割れ目間隔が広い。さらに 440-750m 区間は平均 4mm である。

5.4 ラミネーションシーティングの形態のタイプの深度変化

0-220m 区間では、タイプ A, B, C のいずれも出現するが、広い領域を占めているのはタイプ A, B である。220-440m 区間では、タイプ B, C が出現するが、広い領域を占めているのはタイプ C である。440-750m 区間ではタイプ C のみが認められる。

6. 結論

地表付近ほどラミネーションシーティングの分布領域の積算長が長く、分布箇所数が多く、かつ、ラミネーションシーティングの割れ目間隔が狭い。それに対して深部ではラミネーションシーティングの分布領域の積算長が短く、割れ目間隔が広い。さらに深部ではラミネーションシーティングの分布は認められない。これらのことは、ラミネーションシーティングは上載荷重の除荷で形成されたことを強く支持している。

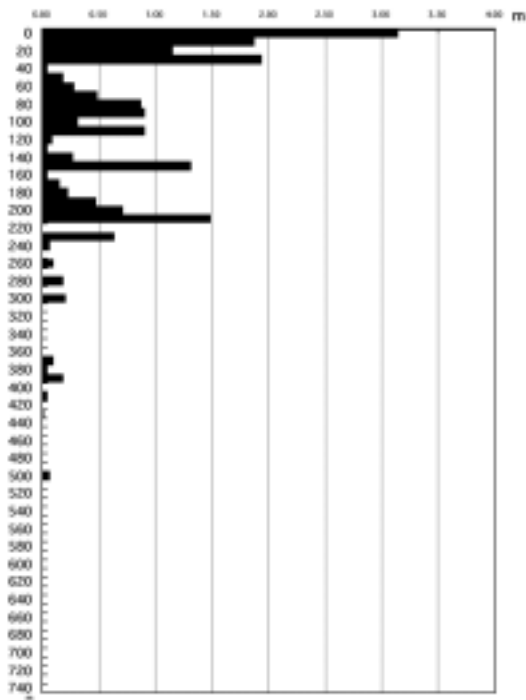


図 1 単位区間におけるラミネーションシーティングの積算長 (Dsum) m

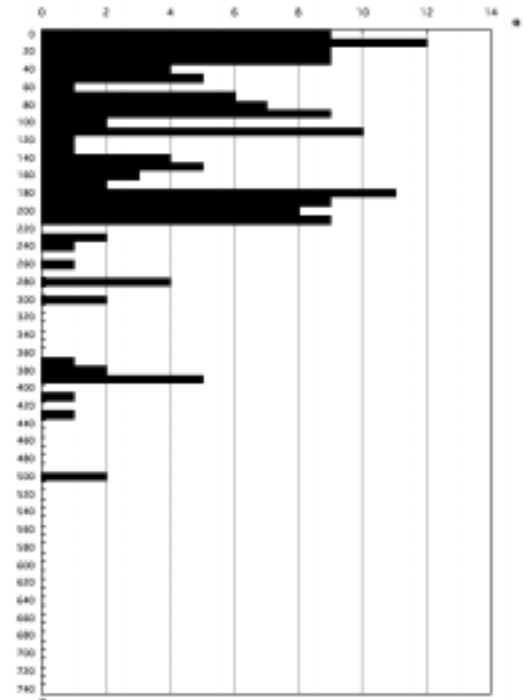


図 2 単位区間におけるラミネーションシーティングの分布箇所数(Dn)個

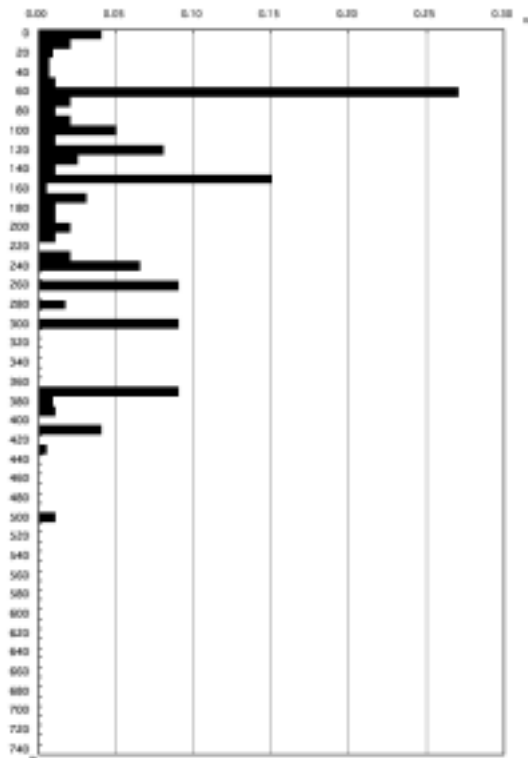


図 3 単位区間におけるラミネーションシーティングの分布領域の最小長 (Dmin) m

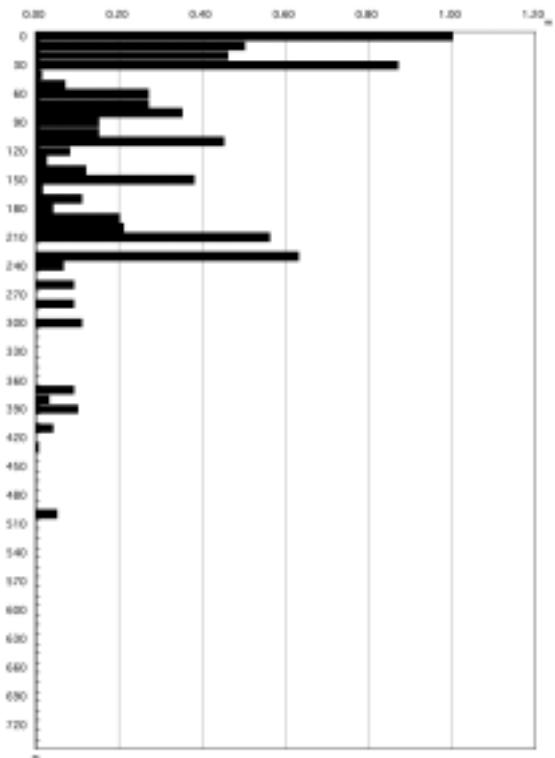


図 4 単位区間におけるラミネーションシーティングの分布領域の最大長 (Dmax) m

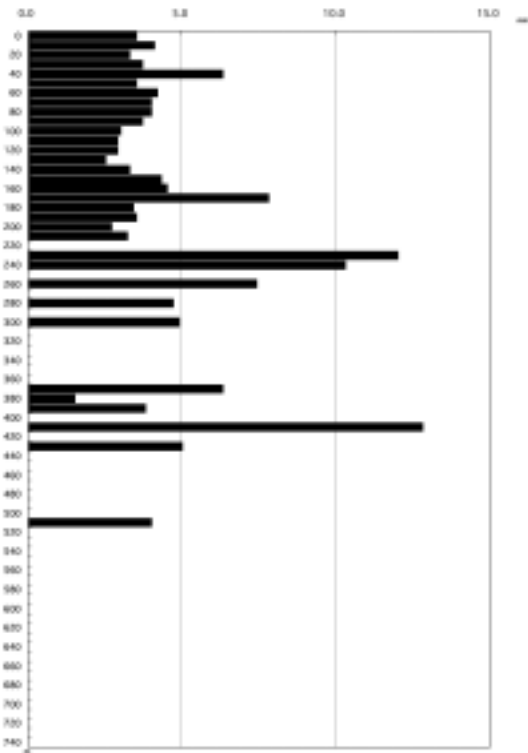


図 5 ラミネーションシーティングの分布領域の最小長 (Smin) mm

引用文献

- 1) Twidale, C.R.(1973) : On the Origin of Sheeting Jointing. Rock Mech.Vol.5,pp.163-187 (Twidale, C.R.,1973 ; 橋川,1984)
- 2) 橋川邦武 (1985) : 花崗岩体表層部に発達する面状破壊構造に関する研究 . 広島大学報告 , No.25 , pp.1-37 .
- 3) Folk, R.L. and Patton, E.B.(1982) : Buttressed expansion of granite and development of gus in Central Texas. Z. Geomorph. N. F. Bd., Vol. 26, pp.17-32.
- 4) Chigira, M. (2001) : Micro-sheeting of granite and its relationship with landsliding specifically after the heavy rainstorm in June 1999, Hiroshima prefecture, Japan. Engineering Geology, Vol. 59, pp.219-231 .
- 5) 藤田勝代(2002):花崗岩中のラミネーションシーティングによる岩盤の緩みと斜面変動,高知大学学位請求論文,105p.
- 6) 藤田勝代 (2003) : 香川県小豆島の花崗岩類に発達するラミネーションシーティングのロックコントロールと構造規制,財団法人深田地質研究所年報 , no . 4 , pp . 155-174 .
- 7) 藤田勝代・横山俊治 (2002) : 花崗岩中のラミネーションシーティング研究の現状と課題 . 日本地質学会第 109 年学術大会 (新潟) 演旨 , pp.139 .
- 8) 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.
- 9) 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.