

海溝型巨大地震による四国外帯，付加体山地の初生変形と斜面変動

高知大学 横山俊治

1. はじめに

中央構造線の南側の地域にあたる西南日本外帯は九州から四国，近畿，中部にかけて，付加堆積物起源の堆積岩や変成岩が山地を形成している．この外帯付加体山地では，これまでも，地震時あるいは豪雨時に深層崩壊（大規模崩壊、地すべり性崩壊に相当）が発生している．たとえば，1707 年宝永地震では，高知県高岡郡越知町舞ヶ鼻の崩壊，高知県室戸市の加奈木ツエ，静岡県静岡市の大谷崩（「崩」を「くずれ」と読む），1854 年安政南海地震では，高知県土佐郡土佐町有間の崩壊が知られている．加奈木ツエと大谷崩は日本三大崩れのひとつにも数えられる大規模なものである．外帯付加体山地が日本有数の豪雨地帯であること，南海，東南海，東海といった海溝型巨大地震の震源域がその直下に広がっていることで，豪雨や地震動が直前の誘因となって深層崩壊が多発する．しかし，強烈的な豪雨や地震動が発生しても，それだけでは深層崩壊は発生しない．なぜ，外帯付加体山地で深層崩壊が多発するのか．それを考えるには素因となりうる地質条件に目を向けなければならない．

本講演では，深層崩壊発生の必要条件である深層緩み岩盤—初生変形—が 3 タイプ認められること，そのひとつは海溝型巨大地震が重要な役割を果たしていることを，四国の外帯付加体山地を例にのべる．

2. 深層崩壊発生の必要条件：深層緩み岩盤—初生変形—の形成

崩壊が大規模になるためには，緩み（ダメージ）が深部まで及ばなければならず，それには，深部に緩みが及ぶまでに，簡単に崩れてしまってはいけない．深層緩み岩盤の形成が深層崩壊発生の必要条件となる．四国の外帯付加体山地は尾根まで新鮮で硬質な岩石が分布していて，緩みが深部に及んでも簡単には崩れない地質条件を本来もっている．

深層緩み岩盤には 3 タイプある．①ひとつは小出（1955）が「日本の地回り」のなかで定義した破碎帯による深層緩み岩盤である．小出のいう破碎帯は今日一般に使われている断層破碎帯とは別ものである．無数のせん断面が発達する硬質な岩体が破碎帯であり，付加体に特有なものである（横山・塩田，2003）．②いまひとつは岩盤クリープ性傾動構造による深層緩み岩盤である．岩盤クリープによって谷側への曲げ褶曲が形成され，変形の進行に伴って転倒がはじまる（横山・柏木，1996）．谷側への曲げ褶曲は付加体に特有な変形時面構造（劈開や片理）に規制されやすいことから，付加体山地を特徴づける斜面変動である．③もうひとつは開口クラックや線状凹地など尾根の裂け目による深層緩み岩盤である．この尾根の裂け目の形成に海溝型巨大地震が重要な役割を果たしている．

3. 海溝型巨大地震と尾根の裂け目

近年，地震災害時に尾根が裂けるという現象がしばしば観察されている．また，地震災害を契機に尾根のような凸型地形のところは地形効果で地震動が増幅することもわかってきた．たとえば，地震時落石や地震時ノンテクトニック断層の分布といった地質学的証拠（横山・菊山，1997；横山ほか，2002；加藤・横山，2010），地震応答解析（奥園ほか，1980；落合ほか，1995；浅野ほか，2006），地震動の実測データ（栗田ほか，2005）などである．陸プレート内地震では，地震動による破壊は震源から伝播した S 波の卓越振動方向に支配され，たとえば，尾根の巨石が S 波の卓越振動方向に横跳びして落下したものが落石になり，S 波の卓越振動方向に直交する方向に尾根が裂ける．このほか，浅野ほか(2006)のシミュレーションは，尾根の延びに対して直交する方向に地震動の増幅が大きくなることも示している．横山・菊山（1997）は，尾根と谷の比高が大きいほど，落石の発生数が多くなっていること，すなわち切り立った尾根ほど地震動が増幅しやすいことも示した．急峻な四国の外帯付加体山地は地震動が増幅する地形条件をもっている．

南海トラフ沿いで発生する海溝型巨大地震の想定マグニチュードを M9 とすると、四国地方における震源域はプレート境界の深さ 30km くらいになり、中央構造線付近の辺りまで広がるとされている。外帯付加体山地の直下に広く震源域が広がることで、強震度域が広がるのは事実であるが、それよりも約 100 年に一度という高い発生頻度で海溝型巨大地震が発生することの方が外帯付加体山地への影響は大きいと考えている。

4. 尾根の裂け目と深層緩み岩盤

四国地方ではこれまでも多くの尾根に裂け目が報告されている。布施・横山（2004）は国土地理院発行 2 万 5 千分の 1 地形図から 384 カ所の線状凹地を判読した。その大部分は外帯付加体山地に分布し、標高 100m で出現し、400m を越えると数が増大するとされる。空中写真判読ではさらに多くの線状凹地が検出され、現地踏査では開口幅数 10cm 程度の裂け目も多数検出されている。四国の外帯付加体山地の尾根はいたるところで裂けている。尾根が硬質な岩石でできているために、裂け目は崩れることなく保持される。そして尾根に発生した裂け目は海溝型巨大地震のくり返しで大規模な開口クラック・線状凹地に成長してゆく。2 万 5 千分の 1 地形図で検出可能なほど、規模の大きな線状凹地が発達している尾根や多数の裂け目が集中している尾根は深層まで緩んでいると予想される。

5. まとめ

外帯付加体山地では、地質時代に形成された破碎帯、岩盤クリープによる傾動構造（谷側への曲げ褶曲）、そして、約 100 年ごとにくり返す海溝型巨大地震による尾根の裂け目が深層緩み岩盤を形成していく。このようにして準備が整ったところから、豪雨時あるいは地震時に深層崩壊が発生する。外帯付加体山地は素因、誘因ともに深層崩壊を発生させる条件が整っているといえる。

参考文献

- 浅野志穂・落合博貴・黒川 潮・岡田康彦（2006）：山地における地震動の地形効果と斜面崩壊への影響。地すべり，Vol.42，No.6，pp.457-466.
- 布施昌弘・横山俊治(2004)：四国島の線状凹地の分布とその特徴。日本地すべり学会，第 43 回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp.561-564.
- 加藤靖郎・横山俊治(2010)：2005 年福岡県西方沖地震による玄界島頂部のノンテクトニック断層。日本地すべり学会誌，Vol.47，No.1，pp.42-50.
- 小出 博(1955)：日本の地すべり：その予知と対策。東洋経済新聞社，東京，259p.
- 栗田哲史・安中正・高橋聡・嶋田昌義・末広俊夫(2005)，山地形における地震動の増幅特性。日本地震工学会論文集，Vol.5，No.3，pp.9-10.
- 落合博貴・北原曜・三森利昭・阿部和時（1995）：地震による山腹斜面崩壊と地震時応答解析，兵庫県南部地震等に伴う地すべり・斜面崩壊研究報告書，地すべり学会，pp.119-132.
- 奥園誠之・岩竹喜久磨・池田和彦・酒井紀士夫（1980）：振動による落石危険度判定。応用地質，Vol.21，No.3，pp.119-122.
- 横山俊治・柏木健司（1996）：安倍川支流関の沢流域の瀬戸川層群に発達する斜面の傾動構造の運動像。Vol.37，No.2，pp102-114.
- 横山俊治・菊山浩喜（1997）：1995 年兵庫県南部地震時に発生した六甲花崗岩地域の斜面崩壊の運動様式と機構。地すべり，Vol.34，No.3，pp.17-24.
- 横山俊治・塩田次男(2003)：小出(1955)の破碎帯地すべりと三波川帯の斜面変動。平成 15 年度研究発表会論文集，日本応用地質学会中国四国支部，pp.87-92.
- 横山俊治・水口真一・藤田勝代・加茂美佐子・菊山浩喜(2002):花崗岩地域における地震時落石の発生場所・落下方向・到達距離の予測。地すべり，Vol.39，No1，pp.36-38