

【現場における危険度判定指標の提案】

落石調査では対象岩塊のみならず周辺部の念入りの踏査が重要であり、最終的に“落石要因となるものを把握し、それを踏まえた対策の立案”といった過程が不可欠である。その要因として次表のように整理され、以下に実例を示す（斜面对策研究協会：落石対策技術マニュアル §3.2 より抜粋）。

落石要因を基にした危険度判定表

不安定要素	落石の危険度が高い環境条件	落石要因	参考写真
1. 地震	地震の影響を受けやすい凸状斜面の岩塊	・地震時水平力等による剥離や転倒	3.2.1
2. 立木	一般に立木根系は樹冠範囲に広がるため、その中で樹幹に近い位置の岩塊	・強風時に樹幹の揺れを直接受けたり、根系を介した地盤変位（上下動）による不安定化	3.2.2～ 3.2.4
		・倒木（強風や樹冠への積雪等による）時の根系による地盤変位や衝撃による不安定化	3.2.5～ 3.2.7
3. 地すべり および崩壊	地すべり地内の岩塊	・地すべり末端部の押し出しや崩壊による転落	3.2.8,9
	新・旧の滑落跡（特に滑落崖）に残る岩塊	・古い地すべり地内での局部的変位による不安定化	3.2.10,11
		・旧崩壊跡地に残る浮石、転石	3.2.12
		・旧滑落崖の退行性浸食	3.2.13
崖錐等の不安定地盤内の岩塊	・旧崩壊地内に残る岩塊群脚部浸食による不安定化	3.2.14	
4. 微地形	オーバーハングや急崖をなす露岩	・オーバーハング領域は解放面から剥離しやすい。	3.2.16,17
		・節理に沿ったオーバーハング等ではトップリングしやすい	3.2.18
	・急崖は地震等により浮石化しやすい	3.2.19	
	転倒しやすい形状／状態の岩塊	・岩塊重心位置と転倒支点が近い場合、地震時に転倒しやすい。	3.2.20
5. 地質	節理等の不連続面の発達した露岩	・地震や水圧（裂け水）等により剥離しやすい	3.2.21
		・流れ盤（シーティング節理等）では滑動しやすい	3.2.22
		・柱状節理の場合、バックリングを生じやすい	3.2.23
	・流れ盤の急崖では接線力が働きやすく、バックリングを生じやすい	3.2.24	
	脆弱層を介在する露岩	・硬軟互層の場合、地震等により脆弱層が侵食されることでその上位層が不安定化する	3.2.25
6. 地下水	地下水に接する領域の岩塊	・水圧による剥離や押し出し	3.2.26,27
		・凍結による剥離	3.2.28
7. 地表水	地表水の集中しやすい谷筋の岩塊	・掃流力（土石流）や周辺地盤の浸食による不安定化	3.2.29

3.2.1 地震

地震の震度が大きければ岩盤崩壊等、規模の大きい侵食を受ける。写真右は、地震時水平力により破断し飛び出したように見える。落石の最大要因であり、地震力を踏まえた設計は不可欠である。



写真—3.2.1 2016年4月熊本地震による落石（震度7。熊本市北区貢町地内：震源地より北西10km）

3.2.2 立木

写真-3.2.2, 3.2.3は節理面に侵入した根系であり、強風時に樹幹が揺れることで根系に張力が働き、岩塊の剥離を助長する。写真-3.2.4はそれが進行したものであり、立木の関与は地震に次いで多い。

写真-3.2.5, 3.2.6は倒木による根返りであり、根系により周辺岩塊が侵食される。したがって、写真-3.2.7のように立木が岩塊付近で生育する場合は“危険”と判断され、少なくとも伐採する必要がある。

※近年薪炭林としての伐採がほとんどなくなり、こうした倒木が多発する傾向にある。山腹斜面の森林土壌は、せいぜい数十センチ程度以下と極めて薄い。そのため、喬木などは写真-3.2.2のように岩盤内に根を張るが、その伸長と周辺地盤の緩みからいずれ倒木に至る。それを助長するのが地震や強風、樹冠への積雪である。

※現状において、これらの外力を適正に評価するすべがないことから、本マニュアルでは一律“地震力”に置き換えるものとしている。



写真-3.2.3 立木根系による節理面の剥離

写真-3.2.2 同左、風化花崗岩内の侵入状況



写真-3.2.4 根系による露岩斜面の浮石化



写真-3.2.5 倒木による岩塊の剥離



写真-3.2.6 倒木（根返り状況）



写真-3.2.7 危険を予測すべき浮石

3.2.3 地すべりおよび崩壊

落石は侵食作用の一つであり、地すべりおよび崩壊に関連するケースが多い（立木要因と同様に多い）。

写真-3.2.8, 3.2.9は地すべりにより押し出された岩塊であり、対策は地すべりの抑止を前提とする。写真-3.2.10, 3.2.11は古い小康化した地すべり地内での局部的変状によるものである。対策は力で止めるのではなく、除去工等の選択が適当である。

写真-3.2.12は旧崩壊地に残る浮石／転石群である。写真-3.2.13は旧滑落崖の緩みであり、いずれも退行性侵食（後方斜面への拡大）を踏まえた対策が必要である。



写真-3.2.8 地すべりにより浮き出た岩塊群



写真-3.2.9 同左、末端部岩塊の押し出し



写真-3.2.10 局部的すべりによる落石



写真-3.2.11 局部的すべりによる退行性剥離



写真-3.2.12 旧崩壊地に残る浮石、転石



写真-3.2.13 旧滑落崖の退行性侵食

写真-3.2.14は旧崩壊跡地に残る転石群の脚部が浸食された状態にある。根固工（写真-3.2.15）を採用する場合は、地下水を堰き止めないようにしなければならない。



写真-3.2.14 脚部浸食による不安定化



写真-3.2.15 根固工（モルタル吹付）

3.2.4 微地形

写真-3.2.16では、オーバーハング箇所の解放面から剥離が進行している。ヘアークラック状で分かりにくく、こうしたリスクに留意すべきである。

写真-3.2.17は、より剥離が進行した状態のものであり、岩塊脚部ほど開口度が大きい。岩塊頭部には立木が生育しており、その根系が当剥離面に侵入している可能性がある。

写真-3.2.16
オーバーハング箇所の
剥離進行状況



写真-3.2.17
オーバーハング箇所の
剥離進行状況

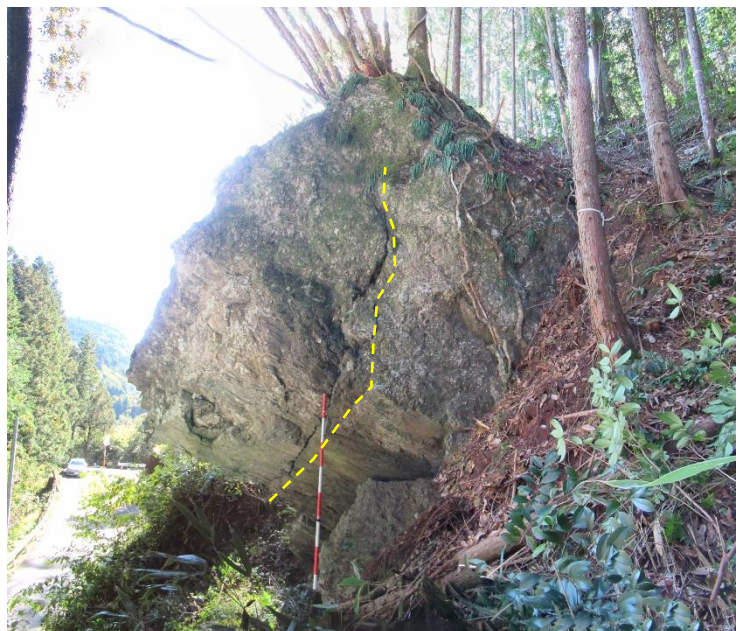


写真-3.2.18は節理面に沿ったオーバーハング箇所のトップリングであり、立木根系がこれを助長している。
写真-3.2.19は割れの多い急崖であり、地震等により緩みが進行したものと考えられる。



写真-3.2.18 トップリングによる崩落



写真-3.2.19 急崖の浮石群

写真-3.2.20は重心の高い孤立した岩塊であり、地震時の揺れを受けやすく、かつ転倒しやすい。

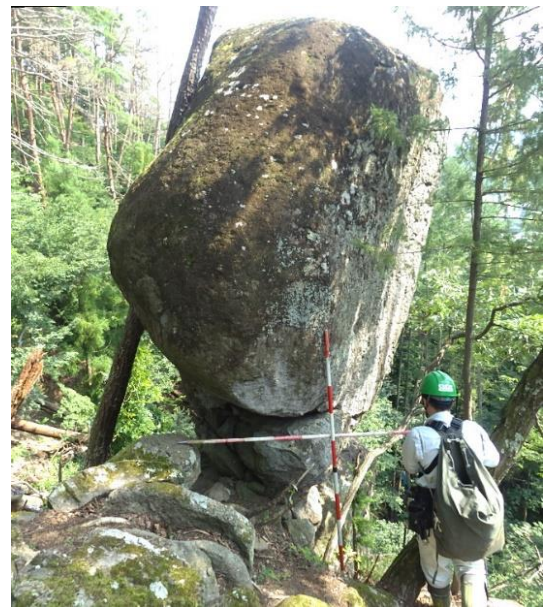


写真-3.2.20 転倒しやすい形状/状態

3.2.5 地質

写真-3.2.21のように割れ目の多い露岩は地震等により剥離しやすい。その滑落跡には古い剥離面（点線内）が認められ、解放面から徐々に剥離が進行していることが分かる。

写真-3.2.22は地表面に平行して発達するシーティング節理（流れ盤）であり、滑動しやすい。

このような実態より、固定用アンカーはできるだけ深層部に確保する必要があり、本マニュアルでは露岩する場合でも被り厚1mを確保するようにしている。



写真-3.2.21 割れ目の多い露岩の剥離



写真-3.2.22 シーティング節理（花崗岩）

写真-3.2.23は柱状節理の発達する壁面での破断面（バックリング）である。

写真-3.2.24のように流れ盤状の節理面に沿って接線力が働く場合は、壁面の座屈を生じやすい。

これらは面的固定が必要である。



写真-3.2.23 柱状節理における破断面



写真-3.2.24 バックリングによる剥離進行

写真-3.2.25は、硬軟互層をなす露岩内の脆弱層が地震等により侵食されることで、上位層の不安定化を招く例である。

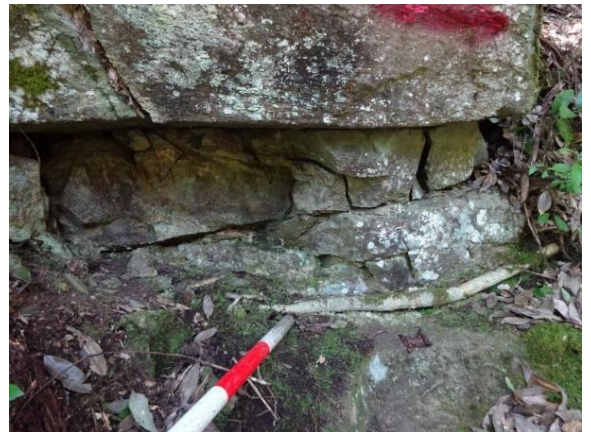


写真-3.2.25 脆弱層が浸食されることによる不安定化

3.2.6 地下水

写真-3.2.26は水圧により半埋没岩塊が押し出されたものと考えられ、背面にパイプ（地下水流出跡）が形成されている。ちなみに岩塊より下流側地盤は表層すべりの兆候が認められる。

写真-3.2.27は、破断面に湧水があり、これに沿って岩塊が10cm程度ずれている。

このように、落石においても地下水圧が関与する。



写真-3.2.26 水圧により押し出された岩塊

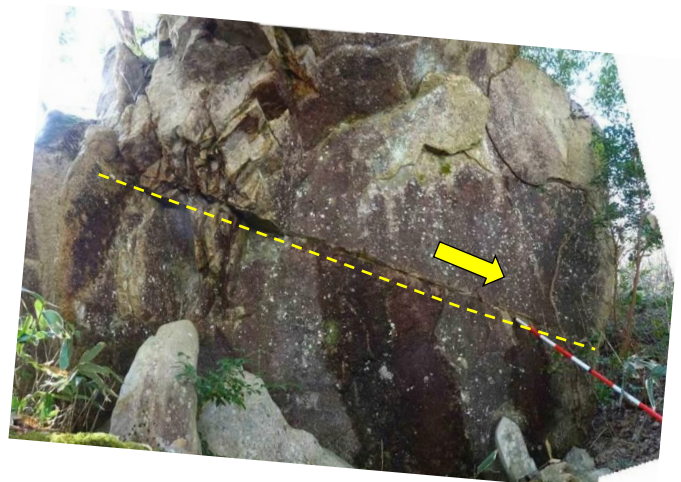


写真-3.2.27 水圧による変位

写真-3.2.28 は凍結による浸食状況であり、湧水箇所では気象条件などに留意する必要がある。



写真-3.2.28 凍結（円内）による剥離

3.2.7 地表水

写真は土石流跡に残る岩塊であり、脆弱部の浸食による不安定化などが懸念される。



写真-3.2.29 谷部の岩塊

