

2000 年鳥取県西部地震による落石特性

水口真一*・藤田勝代*・嘉茂美佐子*・加藤弘徳*
中野 浩*・大谷竹志郎*・横山俊治*・横田修一郎**

Characteristic of rock falls caused by the 2000 Tottori-ken Seibu Earthquake

Shin'ichi Mizuguchi*, Masayo Fujita*, Misako Kamo*, Hironori Kato*,
Hiroshi Nakano*, Takeshiro Otani*, Shunji Yokoyama* and Shuichiro Yokota**

Abstract

Many collapses and rock falls occurred in granite area near the epicenter of the 2000 Tottori-ken Seibu Earthquake. This report is aimed at giving preliminary information about geologic and geomorphic conditions of initiation and type of movement of rock falls. We carried out field survey at road cuts around the Nichinan-ko reservoir of Sugasawa Dam in Hino River water system. Most of the rock falls result from jumping-out of core stones detached from cliffs of core stone-bearing disintegrated granite. In many cases, the rock falls initiate near the top of cliffs, just under the knick line. The run-off distance of rock falls has a general tendency to become longer increasing the height of the initiation points, and the detached rocks fell down the distance about equal the height. It is possible that the orientation of falling is controlled by the orientation of the acceleration vector. Another type of rock falls is caused by topple of granite boulders located near the ridge. The boulders run off a long distance along small valley, such as gully and depression, as jumping, rolling and sliding due to topographic control.

Key word: Tottori-ken Seibu Earthquake, granite, rock fall, core stone, knick line, impact crater

はじめに

2000 年 10 月 6 日の鳥取県西部地震では、震央に近い鳥根・鳥取県境の花崗岩地域で、多数の斜面崩壊・落石(崩落)が発生した(鳥根大学地震災害調査団, 2000)。とくに日野川水系の日南湖(菅沢ダム貯水池)では、露岩が広く現れていることもあって、落石を伴う多くの崩壊が確認された(第 1 図)。斜面崩壊の多くは非常に小規模で、厳密に斜面崩壊と落石を分別することは難しい場合もある。本報告では、後述するような一定の基準に従って両者を区分し、落石に焦点をあててその実態を記述することとした。

花崗岩の斜面崩壊・落石は、1995 年 1 月 17 日の未明に発生した兵庫県南部地震においても、六甲山地や淡路島で多数発生した。六甲山地では、昔から台風期や梅雨期の集中豪雨時には崩壊-土石流で特徴づけられる豪雨時斜面変動が多発していて、その発生原因は六甲花崗岩の著しい風化・劣化にあると考えられてきた。このような背景があつて、兵庫県南部地震時の斜面変動についても、こういった六甲花崗岩の著しい風化・劣化が主要な発生原因になったという考えが現在

でも根強く残っている。しかし、横山・菊山(1997)は、豪雨時斜面変動と地震時斜面変動とでは、崩壊が発生する場所の地形特性や崩壊した花崗岩の風化状況が異なるのみならず、それに規制されて起こる斜面変動の運動様式や機構にも明確な違いがあることを明らかにした。

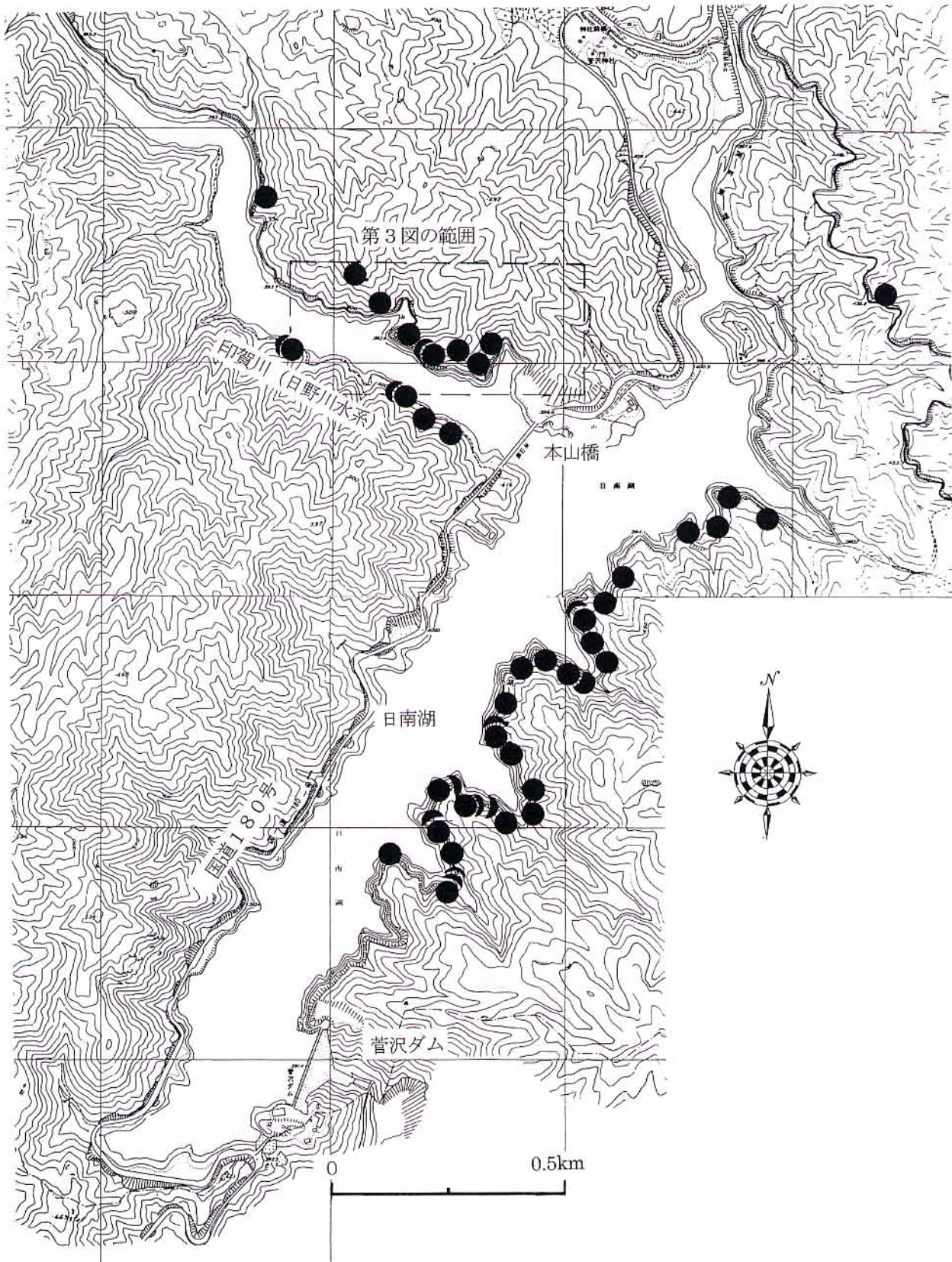
地震時斜面変動の災害調査では、誘因が地震であることが斜面変動の特性にどのように現れているかを明らかにすることが重要で、そのようなデータの蓄積こそが地震時斜面変動の危険箇所の予測に役立つものと考えられる。

本報告では、はじめに地震時斜面変動の実態がよく分かっている兵庫県南部地震時の六甲花崗岩地域の事例を紹介し、続いてそれと比較しながら、鳥取県西部地震による花崗岩の落石特性を報告する。現在、落石災害の全容解明に向けて調査中であり、本報告で紹介する落石事例は日南湖(菅沢ダム貯水池)の一部地域の調査結果に限られていることをはじめに断っておく。ただし、花崗岩巨礫の落下過程での運動や落下ルート沿いの被災状況が解読された事例は今回の鳥取県西部地震による落石災害の代表例となり得るものである。

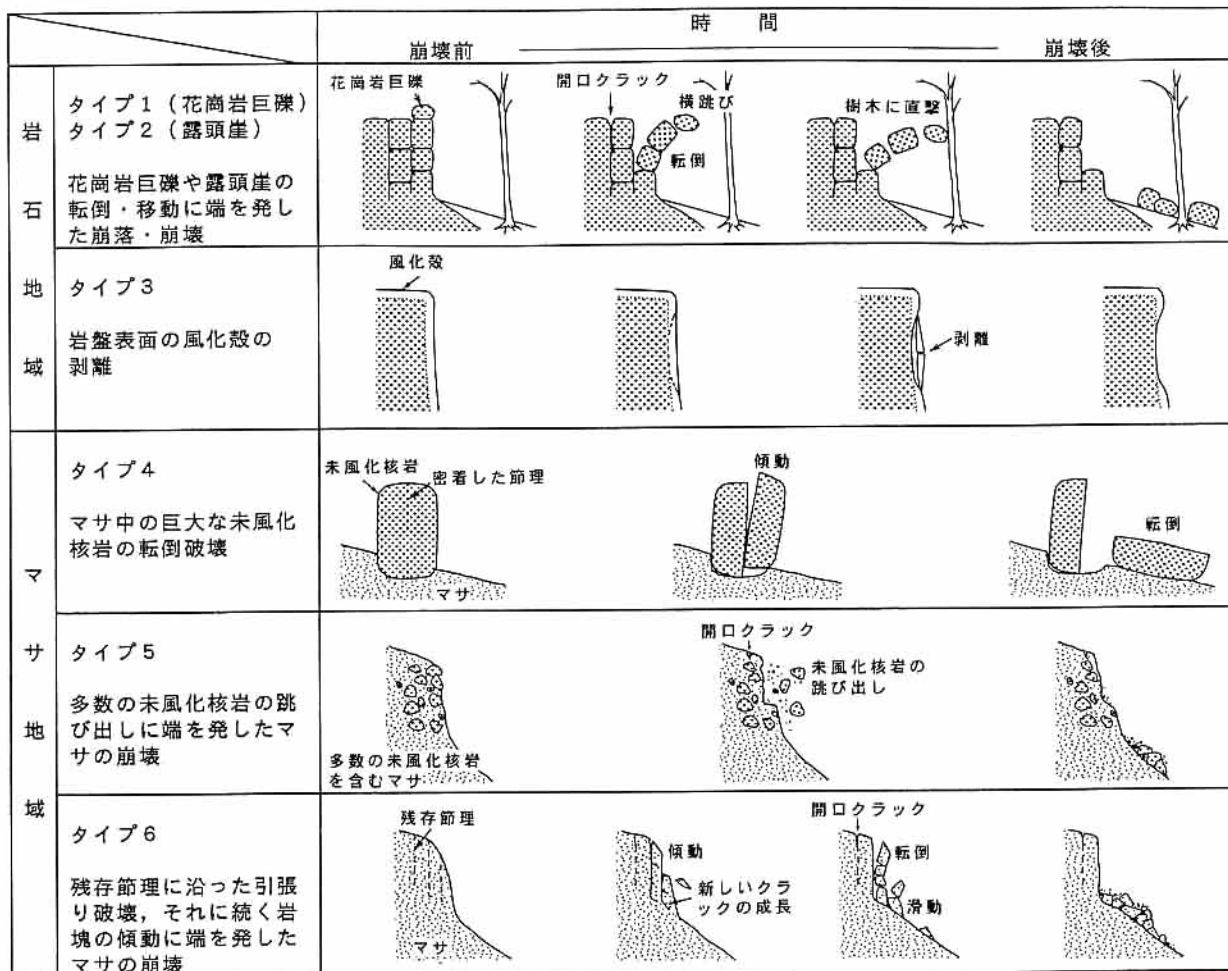
兵庫県南部地震による斜面変動の特徴

兵庫県南部地震によって六甲花崗岩地域で発生した斜面変動は第 2 図に示すように 6 タイプに分けられている。新鮮な花崗岩が分布する岩石地域ではタイプ 1, タイプ 2, タイプ 3 が発生し、強風化花崗岩が分布するマサ地域ではタイプ 4,

* 高知大学理学部自然環境科学科
〒780-8520 高知市曙町 2 丁目 5-1
Department of Natural Environmental Science, Kochi University
** 鳥根大学総合理工学部地球資源環境学科
〒690-8504 松江市西川津町 1060
Department of Geoscience, Shimane University



第1図 2000年鳥取県西部地震による日南湖周辺の落石の分布.



第2図 1995年兵庫県南部地震による六甲花崗岩の斜面崩壊の分類(横山・菊山, 1997)。

タイプ5、タイプ6が発生している。崩壊発生頻度は花崗岩巨礫の転倒・移動(タイプ1)と露頭崖の崩壊(タイプ2)が高く、マサ地域では低い。タイプ1とタイプ4は墓石・灯籠の転倒・横跳びに比較される現象で、その方向は墓石・灯籠の転倒方向とおおむね一致している。その原因は地表地震動による慣性力である。慣性力による転倒・横跳びは風化・劣化した花崗岩よりも新鮮で質量の大きな巨礫や未風化核岩の方が発生しやすい。タイプ5の未風化核岩の跳び出しは空石積み擁壁でしばしば観察された空石の跳び出しと酷似していて、軟らかいマサを残して未風化核岩のみが跳び出す現象である。こういった現象こそが地震時斜面変動の典型であると考えている。

落石は、タイプ1とタイプ4の斜面変動で転倒・移動した岩塊が斜面上方から下方に向かって高速で移動した場合である。また、タイプ2とタイプ5において跳び出した岩塊も高い位置で発生すれば、落石と呼べる運動様式を示す可能性が高い。

日南湖(菅沢ダム貯水池)沿い本山橋北西部の落石事例

(1) 花崗岩の風化特性

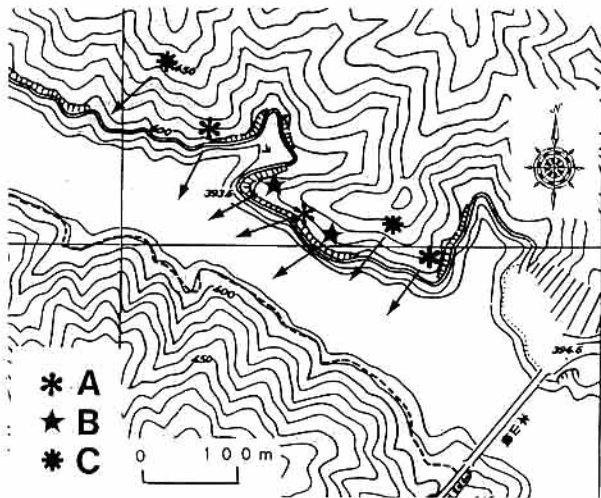
以下に報告する落石事例は、日南湖に架かる本山橋北詰を

北西に延びる管理用道路に沿って、約600mの区間で観察されたものである。管理道路は幅員3~6mで貯水池の水面から約10~15mの高さのところの施工されており、道路建設による切土で平均4~8mの急斜面の露頭崖が現れている(第3図)。この露頭崖から平均勾配30~40°の自然斜面を50~60m登った位置に遷急線があり、遷急線より上方には小起伏面が続いている。

調査地域には白亜紀後期の根雨花崗岩が分布している。道路沿いの露頭崖には風化度の異なる花崗岩が露出している。強風化花崗岩(マサ)はD_H級岩盤(一部D_M級岩盤)が主体で、しばしばラミネーションタイプのシーティングジョイントが発達している。D_H級岩盤の中には、それよりもやや新鮮なC_L級岩盤の核岩が点在分布している。このほかに、数は少ないが、C_M級岩盤からなる核岩もある。露頭崖に露出している核岩はその中に発達する節理によって数10cm規模のブロックに分かれている。

C_M級岩盤(一部C_L級岩盤)が広く露出しているところもあるが、節理が数10cm間隔で発達する状況は上述の核岩における節理の発達状況とほとんど変わらない。

尾根の頂部や斜面の途中には長径が1~2mから中には3mを越える花崗岩巨礫が散在するところがある。花崗岩巨



第3図 落石のタイプ区分と落下方向(日南湖, 本山橋の北西)。A:タイプAの落石, B:タイプBの落石, C:タイプCの落石。矢印は落石の落下方向を示す。

礫はいずれも新鮮で、B級～A級岩盤も存在する。角の丸みを帯びた花崗岩巨礫はマサ中の未風化核岩がマサの浸食によって露岩したもので、なかにはすでに初生位置より移動しているものもあると考えられる。

このように調査地域では狭い範囲の中でも岩盤等級の異なる岩盤が複雑に錯綜しながら分布している。岩盤等級で表される風化度の違いは浸食抵抗力の違いを表しており、結果的には微地形にも反映される。こういった花崗岩中の節理の発達状況や風化度、そして微地形が、地震時落石の発生頻度や発生時の運動様式を規制している。

(2) 落石のタイプ

落石には上述の花崗岩の風化状態に対応してA, B, Cの3タイプのものが認められる。

タイプAの落石

タイプAの落石は、D_H級岩盤中のC_L級岩盤あるいはC_M級岩盤からなる核岩の一部あるいは全体が、節理に沿って剥がれ飛び出したもので(写真-1)、第2図のタイプ5に対比される。写真-1に観られるように、弱風化岩(C_M級岩盤)からなる核岩は、それを取り囲んでいる強風化岩(D_H級岩盤)よりも浸食に対する抵抗力が大きいので、容易に凸地形をつくっている。そして弱風化岩の核岩で落石が発生している。強風化岩はまったく崩れていないのが特徴である。斜面崩壊や落石が凸地形のところでも多発する傾向は兵庫県南部地震でも認められた(横山・菊山, 1997など)。地震時応答解析からも凸地形のところでも地震動が増幅することは指摘されている(落合ほか, 1995など)。そうであるならば、露頭の小規模な凹凸であっても、凸部では地震動の増幅が起こってそれが落石発生に影響するかもしれない。また、つぎに述べるタイプBの落石でも観察されたことであるが、写真-2のように凸部の縁辺にあって落石となり得る岩塊の一側面が自由面になっているところでも多発している。こういった落石

発生の地形条件も花崗岩に特徴的な差別浸食によってつくられたものである。

なお、D_H級岩盤で発生した斜面崩壊は崩壊物質が多数の岩塊と多量のマサ起源の砂質土とが混在しているのが特徴である。こういった岩塊と砂質土との混在の有無を斜面崩壊と落石とを識別するときの目安のひとつにしている。

タイプBの落石

タイプBの落石はC_M級岩盤(一部C_L級岩盤)の一部が、節理に沿って剥がれ飛び出したもので、第2図のタイプ2に対比される。このタイプの落石では、通常1カ所の発生地点から落下した落石の個数は1個であることが多いが、落石個数が多くなると斜面崩壊との区別が難しくなる。ここでは、ひとかたまりの岩盤が節理面や小断層面に沿って露頭崖から剥離したのち、転倒あるいは滑動によってバラバラになりながら斜面を伝って移動し、結果的には多数の岩塊の集合体となったものは斜面崩壊として、落石とは区別している。

写真-3は比較的平滑な掘削面をもつC_L級岩盤の露頭崖である。この岩盤の一部が地震時には節理に沿って前面にせり出し、さらにせり出した部分の一部で、4側面と背面を節理で囲まれていた板状の岩塊が飛びだし、露頭崖を滑り落ちることなく道路に落下した。このような平滑な露頭崖から岩塊が飛び出す現象は、発生頻度は低いが、地震時落石の機構がよく現れている。ただし、発生頻度が高いのは、タイプBの落石の場合も、タイプAと同様に、露頭崖のなかでも凸部である。このことも上述のごとく地震時落石の特徴である。

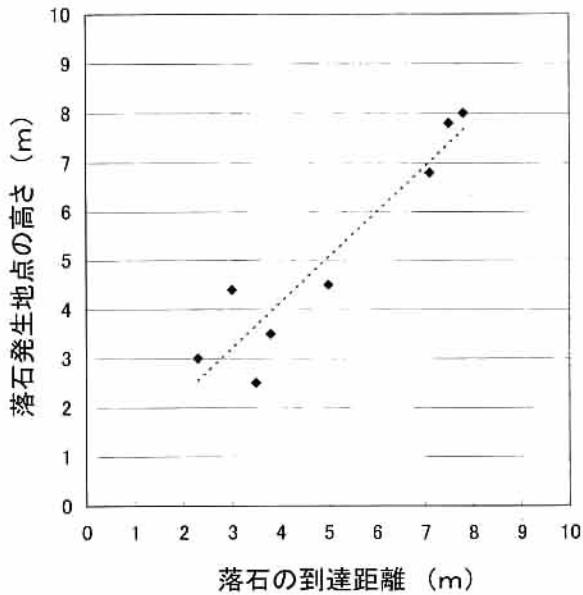
タイプCの落石

タイプCの落石は尾根や自然斜面の地表部に突出していた花崗岩巨礫が崩落したもので、第2図のタイプ2に対比される。このタイプの落石は、自然斜面を跳躍したり、転がったり、すべりながら下方に移動している。その過程で落下ルートに当たっている斜面では、花崗岩巨礫の衝突によって、樹木が損傷を受けたり、地面にインパクトクレーター(以下クレーターと略す)が形成される。このタイプの落石の落下過程での運動や落下ルート沿いの被災状況についてはつぎの章で報告する。

以上、調査範囲では、落石は3タイプに区分されたが、タイプAの落石が3箇所、タイプBの落石が2箇所、タイプCの落石が2箇所確認された。これらの落石のほかに、斜面崩壊が3箇所確認された。落石・斜面崩壊のいずれもが選急線近傍が発生地点になっている。

(3) 落石の落下方向・到達距離

落石の落下方向を規制している要因は地表地震動の方向である(横山・菊山, 1997)。このことの現れとして、兵庫県南部地震では、タイプ1やタイプ4の転倒・移動方向が一定の方向を向く傾向があり、その方向が地表地震動の卓越方向とほぼ一致している。鳥取県西部地震の場合も落石の落下方向と地表地震動の方向とが一致することが期待される。ただし、兵庫県南部地震でもそうであったが、露頭崖から発生するタイプAやBの落石の場合、露頭崖の向きや節理の方向も落下方向を規制する(横山・菊山, 1997)。今回の調査ルー



第4図 落石の発生地点の高さと落石の到達距離 | 露頭崖から発生した落石(タイプAとB), 日南湖, 本山橋の北西。

トでは、露頭崖の向きと落石の落下方向とは斜交し、かつ露頭崖の方が、ばらつきが大きい。それにも関わらず、落石の落下方向はSW 30°~65°に集中している(第3図)。

タイプAとBの落石について、落石の到達距離と発生箇所の高さとの関係を検討したところ、両者に正の相関性が認められた(第4図)。

タイプC 落石の落下過程の運動と被災状況

(1) 概要

この落石は標高465mの発生地点から自然斜面に沿って

127mの距離を落下して、最終的には標高400mのダム湖畔の砂堆上で停止した。現地調査では、50mの巻き尺とクリノメーターを用いて、落石の落下ルートの方位、斜面勾配、斜面長を測定しながら、樹木の損傷やクレーターを記載した。その結果を第5図の断面図と第6図の平面図に示す。これらのふたつの図においては、斜面勾配の変化や被災状況の特徴を捉えて、落石発生地点をA地点、落石の停止地点をK地点とする10区間に便宜上区分した。以下では、これらの各地点記号と区間を用いて記述する。

(2) 地形・地質・植生の概要

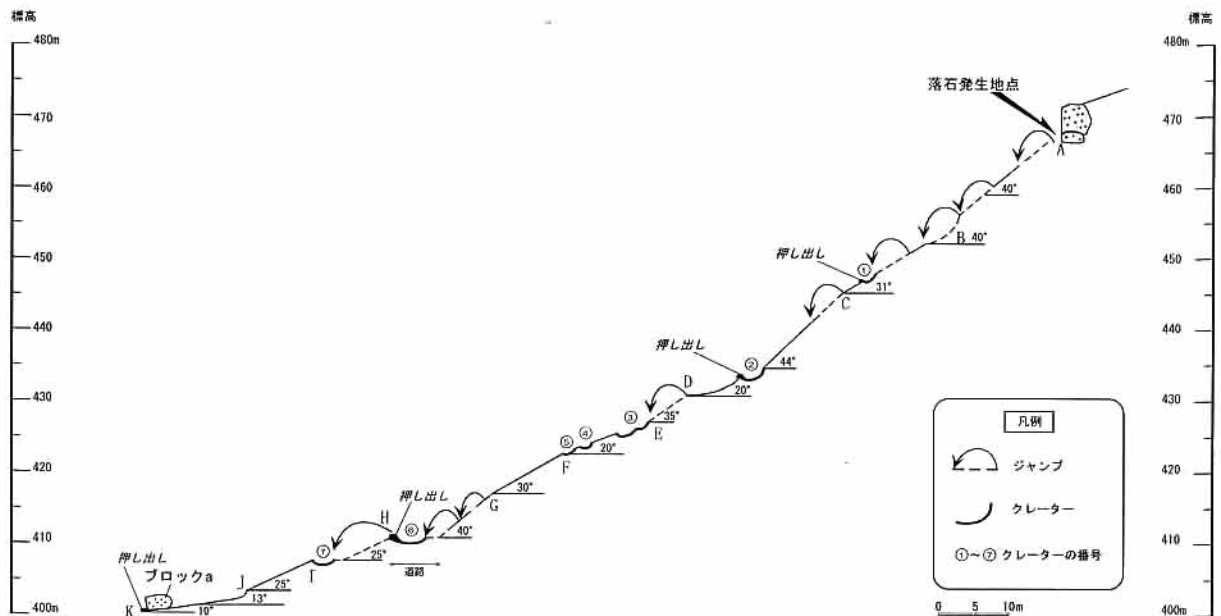
地形

斜面の平均勾配が第5図に示されている。落石発生地点(A地点)は花崗岩巨礫が崖を形成しており、崖の上には小起伏面が発達している。この崖はかなり連続し、明瞭な遷急線が形成されている。A地点から道路に達するまでは平均勾配30°~40°(一部20°)の自然斜面が続き、道路の端(H点)からJ点にかけて再び平均勾配25°の自然斜面が発達する。その先のJ-K区間ではダム底に堆積した砂堆が平均勾配13~10°の緩斜面をつくっている。

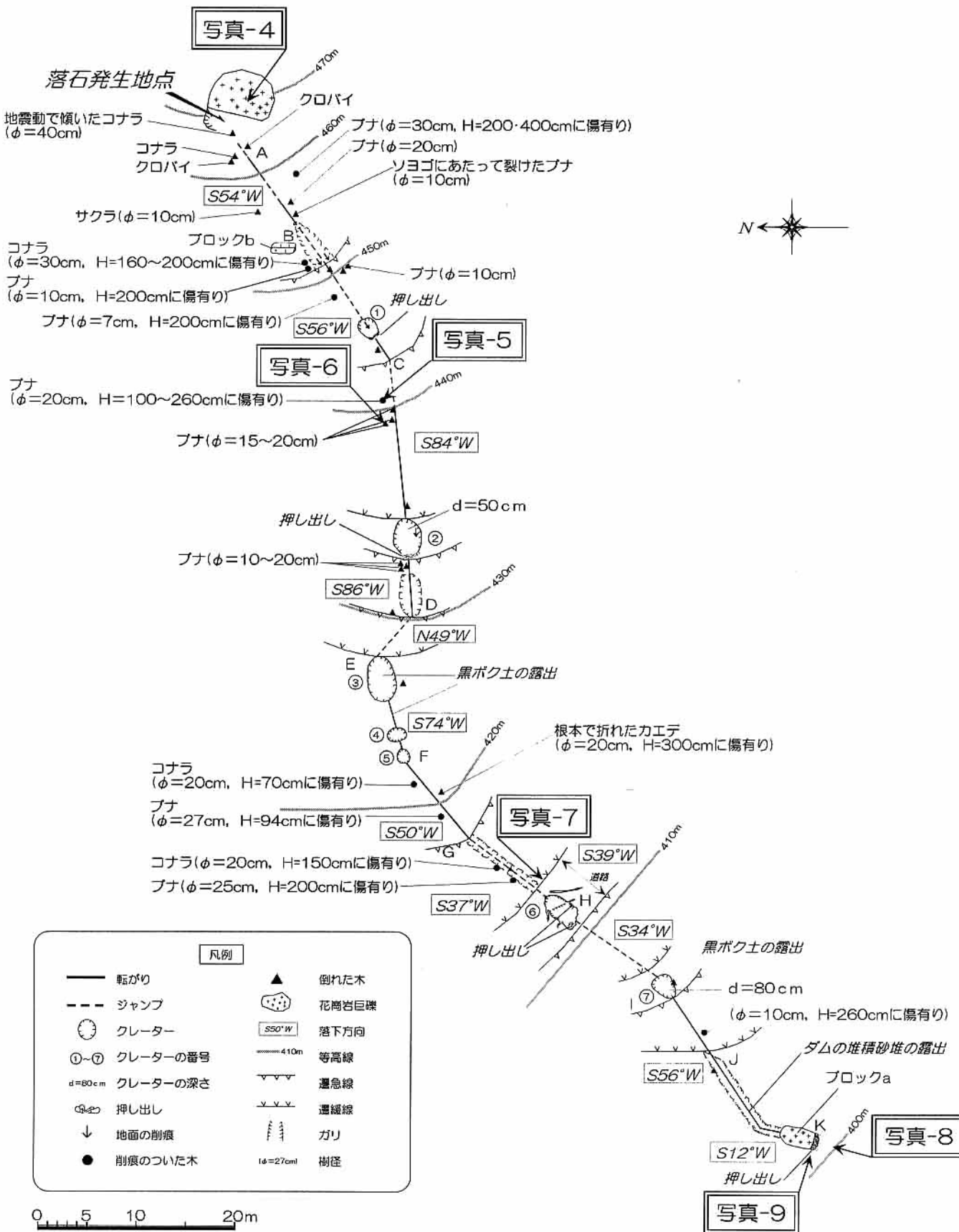
第6図に示されているように、落石はB地点からD地点にかけて0次谷に沿って落下している。この0次谷の中で、B-C区間の中程には比較的明瞭なガリが、またD地点には凹地が存在している。この0次谷はD地点で一旦消滅するが、これより北西に5.6mシフトした位置(E地点)から再び0次谷が現れ道路に達する。G地点から道路までの谷底にはガリが発達し、落石はそれに沿って落下している。また、J-K区間でも砂堆をえぐるガリが発達し、落石はそのガリに沿って移動している。

地質

落石発生地点(A地点)には崩落後も複数の花崗岩巨礫が



第5図 タイプC 落石の落下過程の運動と被災状況を示す断面図(日南湖, 本山橋の北西)。



第6図 タイプC落石の落下過程の運動と被災状況を示す平面図(日南湖, 本山橋の北西)。

残存している。そこからJ地点まで表層部には黒ボクが数10 cm以上の層厚で堆積し、花崗岩は露出していない。さらにその先のJ-K区間では日南湖の堆積物である砂堆が発達している。

植生

落ルートの植生はコナラ・ブナ・ヤマザクラの中・高木層と、ソヨゴ・ネジキ・ヒサカキ・クロバイ、カエデなどの低木層である。ガリを除くほぼ全域には下草としてササが繁茂している。落下する花崗岩巨礫の衝突によって、これらの樹木の多くが傷つき、あるいは押し倒され、折られた。

(3) 各区間の落下過程の運動と被災状況の詳細

A地点(発生地点)

発生地点では花崗岩巨礫が積み重なって高さ5 m程の崖をなしていた。崖の肩は明瞭な遷急線になり、しかも全体としてはやや凸型地形をなしていた。このような地形は地震動が増幅しやすく、地震時に崩壊しやすい。

この地点で発生した落石は2個の花崗岩巨礫でそれぞれブロックa&b、ブロックcと呼ぶことにする。落石発生時には一体であったブロックa&bは、落下の途中で、長径3.1 m、体積約9.3 m³、重さ約24.2 tの楕円体状のブロックaと、長径2 mの皿状のブロックbに分裂した。ブロックcは長径70 cmの塊状の花崗岩巨礫で、落下前の正確な位置は不明であるが、周辺の状況からブロックa&bの上に載っていたと考えている。ブロックcはブロックa&bの落下ルートよりも北寄りのルートをまっすぐD地点に向かって落下し、D地点のすぐ上方で樹木に当たって停止した。なお、ブロックcの落下ルートの被災状況については記述を省略する。

ブロックa&bとその背後の倒壊を免れた花崗岩巨礫の間には、樹径40 cmのコナラが鉛直の節理に沿って根を張っていて、ブロックa&bの倒壊後には谷側に大きく傾動した(写真-4)。このコナラの揺れもブロックa&bの倒壊に作用した可能性がある。

A-B区間

ブロックa&bは横跳びして、樹径15~20 cmのクロバイ複数と樹径20 cmのコナラの上のにりあげ、その上を転がりながら落下した(写真-4)。そのため、これらの樹木は至る所で樹皮が剥がれ、先端部の枝は折れて失われている。このあと、ブロックa&bは跳躍して、落下方向に向かって左サイドで樹径30 cmのブナに衝突し、高さ約2 mと約4 mの位置に擦り傷をつけた。しかし、このブナと同じ場所に植わっていても、樹径20 cmのブナは根元付近で裂けて折れているほか、ほぼ同じ標高の右サイドで、樹径10 cmのヤマザクラが根元から倒れていること、そして、さらに、少し下流でソヨゴ、ブナの低木も倒れていることから、前述の樹径30 cmのブナに衝突後に着地し、その後は転がり落ちたものと推定した。

B-C区間

B地点でブロックbは停止した。ブロックa&bがブロックaとブロックbとに分裂したのは、B地点の手前で多数の樹木に衝突する過程で起こったもので、ブロックbは分裂後に現在の位置まで転がったと推定される。他方、ブロックa

は、この分裂後、ブロックbの左側に発達するガリの上を跳び、このガリの末端から1 m上流で、右サイドに植わっている樹径30 cmのコナラに衝突して、高さ160~200 cm区間に擦り傷をつけ、さらに、コナラの背後に植わっている樹径10 cmのブナにも、高さ2 mのところ方位SW 30°、落とし角40°の擦り傷をつけた。この衝突によってブロックaは地表に落下し、ガリ末端の底をすべって多数の削痕をつけるとともに、ブナの低木を押し倒した。その直後再び跳躍して、途中樹径7 cmのブナに衝突して高さ2 mの位置に擦り傷をつけ、クレーター<①>を形成して着地した。クレーターの頭部には削痕が形成され、末端部は押し出された土で20 cm程度盛り上がった。着地後、2.3 mの距離を転がってC点に達した。C地点は斜面勾配が31°から44°に変化する遷急線に当たっている。ここでブロックaは跳躍した。

C-D区間

跳躍したブロックaは樹径20 cmのブナに衝突した。このとき、ブナは高さ100~260 cm区間の樹皮が剥げ、斜面下方に向く擦り傷がついた(写真-5)。と同時に、このブナの根元に植わっていた複数ブナは縦に裂け、根元付近や幹の途中で折れ(写真-6)、さらに先端部もブロックaののりあげによって複雑に折れた。このときにブロックaは完全に着地し、地面との間に挟まれたブナの枝が複雑に折れたと推察した。この区間のはほぼ中央部で、斜面勾配が44°から20°に変化する遷急線の下方には、押し倒されたブナの倒木の上からブロックaが地面を押しつけた衝撃で底が平坦な深さ50 cmのクレーター<②>が形成された。このクレーターの左側部の地面には方位SW 85°、落とし角25°の削痕がつき、末端部には押し出された土が盛り上がっている。

クレーター<②>からD地点にかけても、複数のブナが縦に裂けては複数箇所折れている。ブロックcは右サイドの傾いた樹木に突き当たって停止している。

D-E区間

D地点は斜面勾配が20°から35°に変化する遷急線に当たっている。D地点で、ブロックaは時計回りに45°方向を変えて、E地点まで跳躍している。この方向転換はD地点にすでに存在していた凹地の形状が影響している可能性がある。

E-F区間

ブロックaが着地したE地点には直径約4 m、深さ50 cmのクレーター<③>が形成された。そのクレーター底には削痕のついた転石が残されていた。E地点のクレーターからわずか4 m進んだところに直径約2 m、深さが30 cmのクレーター<④>が形成され、さらにそこから1.5 m先に直径約1.5 m、深さ30 cmのクレーター<⑤>が形成された。これら二つのクレーターは小規模でかつ深度が浅いことが他のクレーターとは異なる。おそらく、これらの小規模なクレーターは、表層が柔らかい黒ボクからなる土壌であったため、転がる過程で形成されたのであろう。クレーター<④>では埋もれ木に擦り傷がついている。

F-G区間

この区間でも、ブロックaは転がり落ちた。その過程で、樹径20 cmのコナラには高さ70 cmの位置に方位SW 33°、

落とし角 57° の擦り傷がつき、樹径27cmのブナには高さ97cmの位置に方位SW 34° 、落とし角 30° の擦り傷がついた。また、樹径20cmのカエデは倒され、長さ3mに渡って幹に擦り傷がついた。

G-H 区間

G地点では斜面勾配が 30° から 40° に変化する。この地点でブロックaは跳躍し、樹径20cmのコナラに衝突して、高さ150cmの位置に擦り傷をつけ、そして地面に着地して地面にも方位SW 12° 、落とし角 48° の削痕をつけた。ブロックaは再び跳躍し、樹径25cmのブナに衝突して、高さ200cmの位置に削痕をつけ、管理用道路に着地した。着地点には道路の肩にかけて直径約3mの大きなクレーター<⑥>が形成された(写真-7)。そのクレーターの左右には長さ約1~2mの引張りクラックが2対形成された。また、道路の肩はクレーターから押し出された土塊でササが倒されている。

H-I 区間

ブロックaは道路に着地(クレーター<⑥>の形成)後、再び跳躍し、繁茂しているササを跳び超えて、I地点に着地した。着地点には直径約3m、深さ80cmのクレーター<⑦>が形成され、このときの衝撃で裂けたと思われる木や倒木が付近に散在している。

I-J 区間

ブロックaはクレーター<⑦>形成後再び跳躍し、樹径10cmの灌木に衝突して、高さ2.6mのところ削痕をつけ、J地点に着地した。

J-K 区間

J地点からはダム砂堆上のガリに沿ってガリの底面を移動し、ガリの末端(K地点)で停止した。この間、ブロックaは灌木にのしかかり、その際に折れた樹木の枝はブロックaに約3m引きずられている。ブロックaは運動停止直前に反時計回りに 44° 方向を変えた。この方向転換はガリに地形に支配されたものと考えられる。方向転換後はすべりながらガリ側壁を次第に拡張し、停止時には完全にガリの中はまりこみ、ブロックa先端の砂堆上にはガリ底から跳び出した砂が最大約20cmの厚さで堆積した(写真-8, 9)。

地震時落石の特徴と防災上の展望

地震時落石は新鮮な岩盤ほど発生頻度が高い。すなわち、花崗岩地域では、C_m級岩盤や花崗岩巨礫、未風化核岩の分布域が地震時落石の危険地域ということになる。とくに花崗岩巨礫は転倒・横跳びしやすく、しかも規模が大きいため、山頂付近で発生した落石であっても遠くまで転がってくる。こういった特徴は兵庫県南部地震においても認められた現象である(横山・菊山, 1997)。現在、花崗岩地域の風化マップはほとんど作成されていないが、正確な風化マップさえあれば地震時落石の発生場所をおおよそ絞り込むことができる。花崗岩地域においては、風化マップは防災基本図面として重要である。

露頭崖から平地に落下した落石はほとんど転がることなく停止し、このような場合には、落石は発生位置が高くなれば

なるほど速くに落下する傾向がある。しかし、山腹斜面に落下した落石は速くまで転がっている。とくに、0次谷やガリであっても、一旦谷に入った落石は谷地形に規制されて落下し、谷筋からはずれることは少ない。そして、谷筋には落石の進路を妨げる樹木の数が少ないこともあって、長距離を落下していく傾向が非常に強い。したがって、花崗岩巨礫や露頭崖の位置と、その近傍の谷の分布が明らかになれば、落石の落下ルートを推定することが可能である。

調査地域には針葉樹がほとんどなく、ブナ、コナラなど広葉樹が主体を占めている。広葉樹は落石が衝突しても、簡単に折れることはなく、曲げや、縦割れによって落石の運動エネルギーを吸収している。そのため、広葉樹に衝突した落石は樹木の上のしあがりながら、押し倒していくことが多い。スギ、ヒノキといった針葉樹のように落石の衝突で簡単に折れるようなことはない。

平均径1m程度の落石は樹径20cm程度の広葉樹でも停止可能であるが、落石規模が小さすぎて樹木の間をすり抜ける可能性も高い。他方、上述の事例のように平均径が3m近くになる落石は樹径30cm以下の広葉樹であれば、樹木を押し倒しながら落下している。しかし、樹径が30~40cm以上のブナやコナラになると、跳躍した落石もトラップされて、その場に落ちる。ただし、そのまま停止することはないので、柵や土塁、溝によるトラップや方向転換で落石の運動エネルギーを吸収する必要がある。地震時落石防止に柵材も含めて広葉樹を活用することは、景観・現地の森林資源活用等から考えても望ましい。落石防止工の設置場所としては、地震時落石の運動様式からみて、落石発生場所が効果的である。

落石落下過程の運動は跳躍、回転(転動)、すべりである。前章で述べたタイプCの落石では発生時に横跳びしている。それ以外の跳躍は斜面勾配の変化と関係があり、斜面勾配が 10° 以上変化する遷急線の位置では高い確率で跳躍している。本事例では落下ルートの地質が軟らかい黒ボクであったが、跳躍距離は5~12m程度になっている。すべりの実態は捉えにくい。クレーターの内部にはしばしば地面や倒木に条線がつき、その末端部では押し出しが認められることから、少なくとも跳躍後の着地時にはすべりが起こっていたと考えられる。

落下ルートの表層地質が軟らかい黒ボクであったことはクレーターの発生には好都合であったと思われ、多数のクレーターが形成された。そのなかには、ほとんど跳躍することのない、回転時の着地で形成されたものもある。

文 献

- 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, 119-132。
 鳥根大学地震災害調査団, 2000, 2000年10月6日鳥取県西部地震の被害状況について, 日本地質学会, News, 3, No.12, 2-5。
 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, 34, No.3, 17-24。

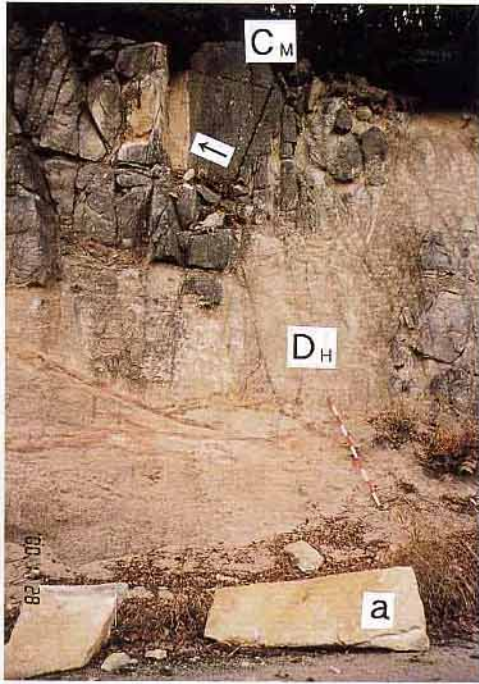


写真-1 CM級岩盤からなる核岩で発生したタイプAの落石。落石(a)は矢印で示す核岩中の節理に囲まれた領域から飛びだし、直接現在の位置に落下した。核岩を取り巻くDH級岩盤はまったく崩壊していない。



写真-2 差別浸食によって凸部をなす核岩(CL級岩盤)の縁辺部で発生したタイプAの落石。崩落した岩塊(矢印の位置にあった)はその一面(節理面)が自由面をなしていたと思われる。

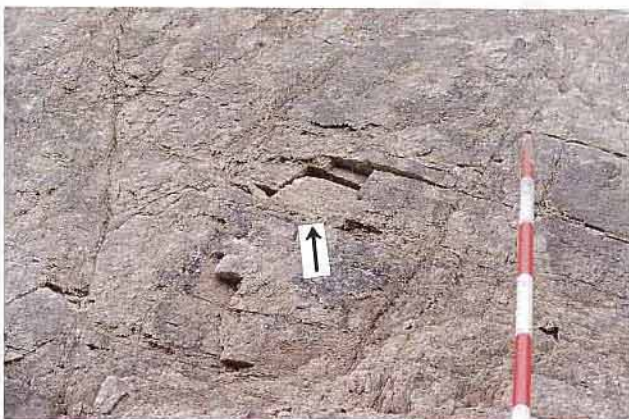


写真-3 平滑な掘削面をもつCL級岩盤で発生したタイプBの落石。地震時に前方に迫り出した岩盤の一部が節理に沿って剥がれ、矢印の位置から飛びだした。

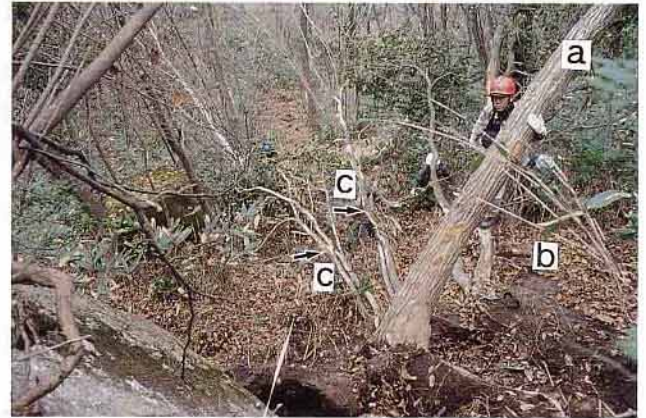


写真-4 タイプCの落石発生地点の被災状況(写真の位置: 第6図のA地点)。地震時に横跳びした落石(ブロックa&b)はコナラ(b)やクロバイ(c)の上のにのりあげ、押し倒した。これらの樹木についた擦り傷はこのとき形成されたものである。落石発生後に支えを失ったコナラ(a)は地震動で傾動した。写真左下の岩石は崩落をまぬがれた花崗岩巨礫である。



写真-5 落石(ブロックa)の衝突によって生じたブナの樹皮の剥離と擦り傷(矢印の方向)(写真の位置: 第6図のC-D区間)。落石は写真右の斜め上方から落下した。



写真-6 矢印の方向から落下してきた落石(ブロックa)の衝突・のりあげによって折り曲げられたブナ(樹径17cm)(写真の位置:第6図のC-D区間)。



写真-9 停止した落石(ブロックa)の先端部(写真の位置:第6図のK地点)。落石の停止の直前に落石の前面の砂堆は、一旦落石の矢印方向への倒れ込みで押しつけられ、それと同時に砂堆の一部は地表に飛び出した。

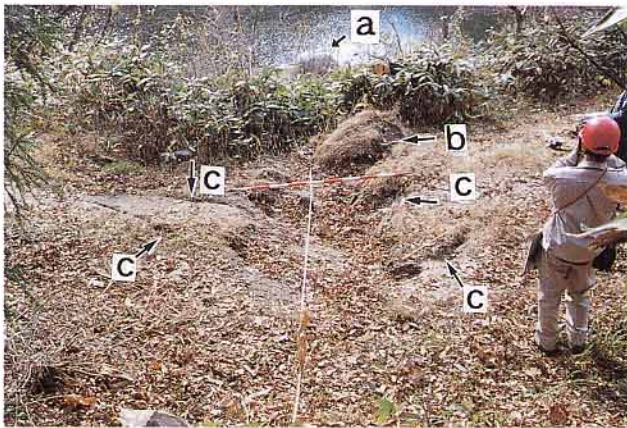


写真-7 管理用道路に残されたクレーター(写真中央部の凹地)とそれを形成した落石(a:ブロックa)(写真の位置:第6図のH地点)。クレーターの両サイドの路面には、落石の衝撃で2対の引張りクラック(c)が形成されている。また押し出された表土(b)によってササが倒れている。



写真-8 停止した落石(ブロックa)の全景(写真の位置:第6図のK地点)。落石の前面には押し出された土(a)が取り巻く。



写真-10 斜面を比高65mにわたり落下してきた花崗岩巨礫の全景。落石の前面には押し出された土が取り巻く。