

4. 1998年高知県集中豪雨により発生した地すべりと その後の土砂移動機構 -土佐山田町引地地すべり-

高知県土木部 防災砂防課 平松 順, 山下 智
復建調査設計株式会社 高知事務所 ○落合 文登

1. はじめに

平成 10 年 9 月 24 日未明から 25 日朝にかけての集中豪雨により、高知県中央部を中心とする中小河川の氾濫や土砂災害が発生した。特に、国分川・舟入川流域の浸水被害や JR 土讃線をはじめとする主要交通網の寸断はその後の経済活動にも大きな影響を及ぼし、今後の都市防災のあり方が問われた災害でもあったと言える^{1),2),3)}など。

本稿では、この豪雨を誘因として発生した地すべり土塊が、再移動・再流動化（二次・三次移動）して下流域へ流下した「引地地すべり地区」の土砂移動形態について報告し、その移動機構について考察する。

2. 調査地の概要と降雨状況

調査地は、高知県土佐山田町曾我部川地内にある。昭和 47 年(1972) 繁藤大災害時に、60 人の犠牲者を出した JR 繁藤駅の約 3km 南に位置する。

図-1 には、今回の豪雨による 2 日間(9/24～9/25) 連続雨量等雨量線図⁴⁾と調査位置を示す。

(1) 地形

調査地は、南北に延びる標高 300m 前後の山体の西側斜面に位置する(写真-1)。稜線と国分川水系引地川との比高差は約 100m、斜面勾配は $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ と緩傾斜を呈する。引地川沿いでは、狭長な平坦地を利用して水田・畑地・民家が散在する。また、左岸沿いには町道が南北に延びている。植生は谷部を中心に竹が繁茂し、斜面上部は杉・檜等の人工林に被覆される。

(2) 地質

基盤地質は、塩基性凝灰岩主体の碎屑岩類からなり、一部に層状・塊状チャートを帯状・レンズ状に挟在する。塩基性凝灰岩類は深部まで粘性を帯びた強風化部を構成している。逆に、チャートは風化に対する抵抗性が強いので、未風化ブロックとして尾根部やポーリングコア中に確認されている。層状チャートの走向・傾斜が、NW-SE・ $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ N を

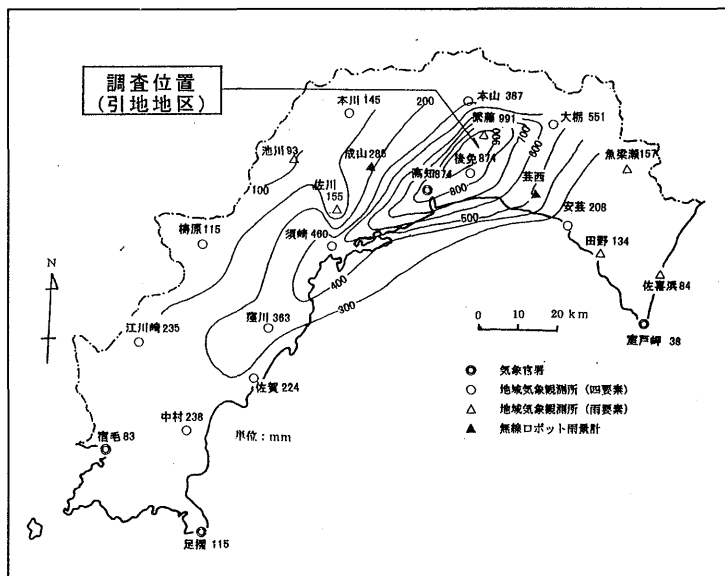


図-1 1998/9/24～25 2 日間連続雨量と調査位置
(平松ら⁴⁾に調査位置を加筆・引用)

示すことから、斜面としては受け盤状の地質構造を示す。

(3) 降雨状況

調査地の南約4kmの新改観測所における最大1時間雨量は96mm(25日0:00~1:00),最大3時間雨量274mm(24日22:00~25日1:00),最大24時間雨量は943mm,24日19:00~25日6:00までの11時間雨量は692mmに達している。聞き込みにより,少なくともこの11時間の間に3回の大きな土砂移動が発生している(後述)。

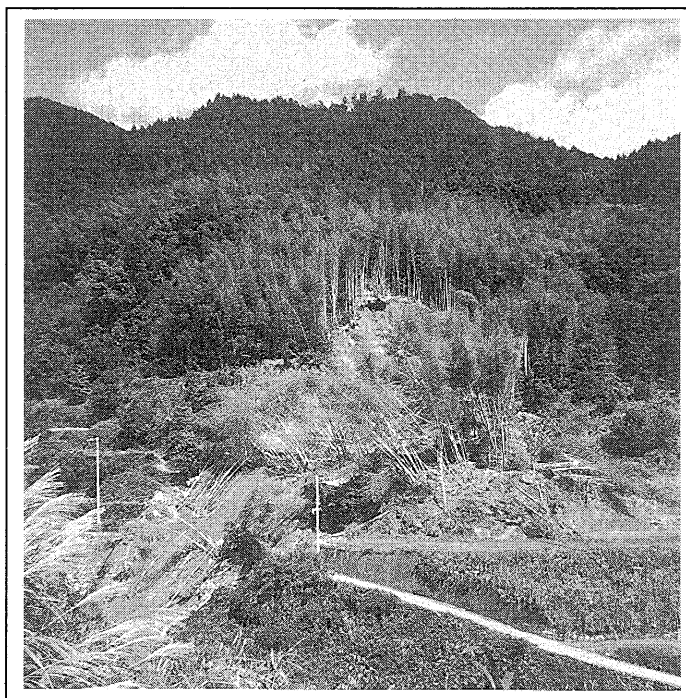


写真-1 調査地全景(98年10月撮影)

3. 土砂移動形態と移動機構

図-2には,地すべり地を含む土砂移動状況概念図を示す。以下に,これらの土砂移動形態と移動機構について述べる。

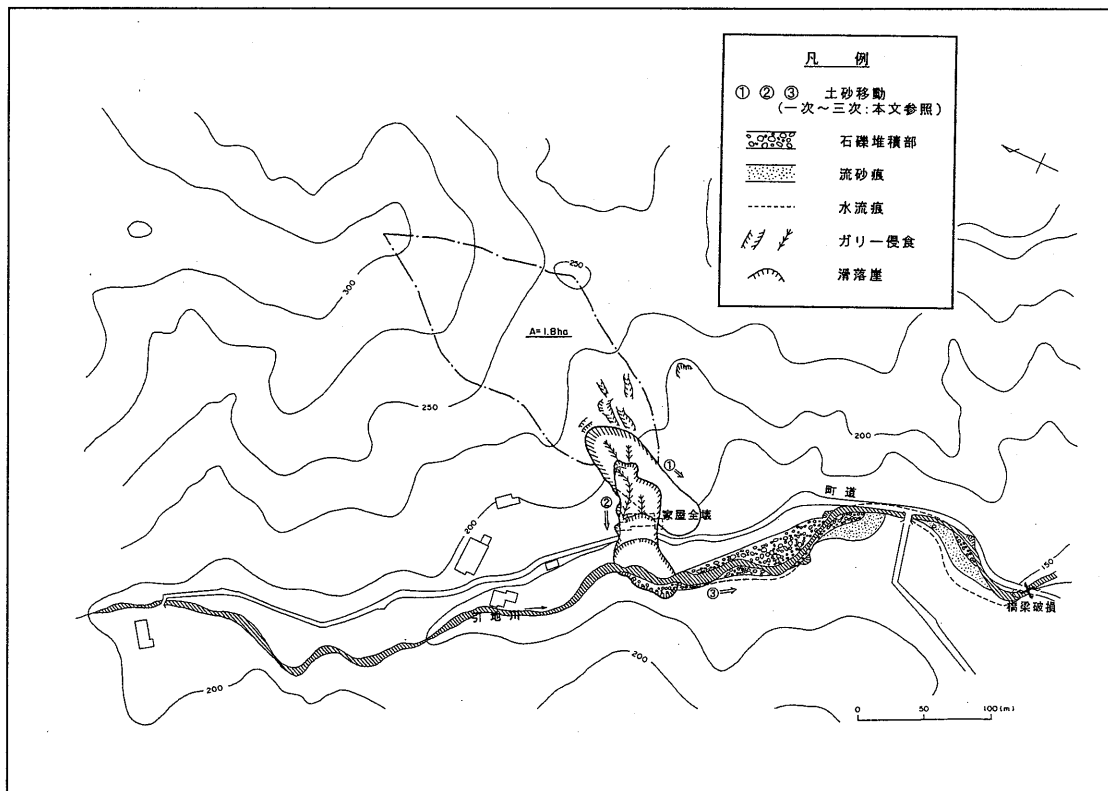


図-2 土砂移動(一次移動~三次移動)状況説明図

3.1 地すべり（一次移動）

地すべりは、平均斜面勾配 22° の竹林内で発生している。その規模は、長さ約 80m、幅 35m、すべり面の深さは最大で約 8m である。滑落崖付近のすべり土塊と不動層（基盤）との間には、鏡肌状の明瞭なすべり面が認められた。移動土塊は、末端部を除いて全体に擾乱が著しく原形をとどめているものは少ない。「地形・地質構造が素因となり 20° 以上の斜面に発生し、突発的で移動速度は大きく、大規模で発生徴候が少ない」というこれらの特徴は、地すべりと崩壊の中間型「崩壊性地すべり³⁾」の特徴を有する。

移動土塊の大部分は、強風化した塩基性凝灰岩類からなる。すべり面付近のボーリングコアを用いたX線回折では、イライト（多い）・ハロイサイト（含む）・パーミキュライト（含む）・カオリナイト（僅かに含む）の粘土鉱物が確認された。これらの粘土鉱物が、すべり面としての滑材の役割を果たしたと考えられる。

一方、最大高さ約 5m の滑落崖中央のオーバーハング部には、亀裂の発達した層厚約 3m のチャート中にパイピングホール状の開口部（開口幅 20cm）と流水跡が認められた。

地すべり発生には、上述の地形・地質的素因に加えて、異常な豪雨がトリガーとなって発生した。特に、本地すべりの場合、滑落崖付近にあった受け盤状チャート岩体の開口亀裂部に、山体背後のみならず側方からの地下水が集中し、過剰間隙水圧の上昇を発生させる原因となったことが推察される（図-3）。

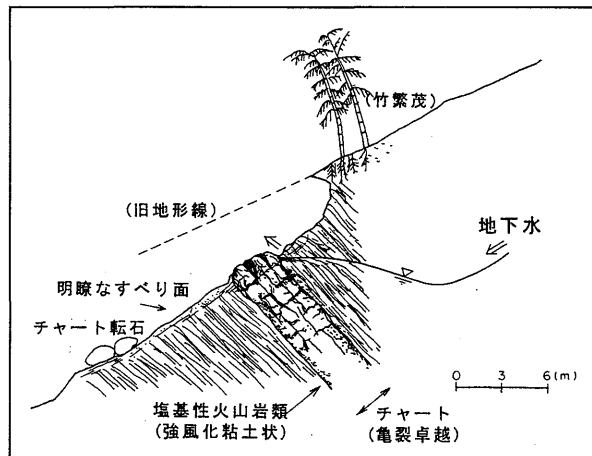


図-3 滑落崖付近の地質構造と地下水流動概念図

3.2 地すべり土塊の流動化（二次移動）

ブロック上部～ブロック中間にあった地すべり（一次移動）土塊は、その後の豪雨により再移動が発生した。移動跡には、明瞭なガリー侵食がブロック内のみならずブロック外（斜面上部）の凹地部にも認められたことから、一次移動した地すべり土塊が凹地部に集まった表流水を遮断・ダムアップさせ、さらに流域背後から多量の表流水と地下水の供給を受け、土塊と一体となって高速の流動化が発生したと推察される。

流動化した土塊は流送域表層の土砂を取り込み、町道直上の家屋 1 戸を全壊させ町道を閉塞、さらに末端部は引地川に到達して河道を閉塞した。

3.3 天然ダムの決壊（三次移動）

流送域の土砂・家屋を取り込んだ二次移動（河道閉塞）により、引地川には天然ダムが形成された。流送部の流下痕や対岸に残った土砂堆積痕より、天然ダム高は少なくとも 5～6m、堰止長さは約 25m であったと推察される。

この天然ダムは、上流の満水後まもなく決壊したと推察される。決壊のメカニズムは明確ではないが、ダム構成材の条件（堤体の透水係数大・堤体強度弱い）や流水条件（上流

から給水量大)及び下流域の被害状況(構造物等への破壊力大)等から判断すれば、「①貯水位の急上昇(同時に浸潤線が下流側のり面とほぼ平行して下流へ進行)→②浸潤線がのり面に達する前に貯水位が堤頂に到達あるいは越流開始→③同時にのり面の高い位置での深い崩壊(ダム決壊)→④決壊水と後続流による越流侵食(③と④は時間的には瞬時の現象?)→流量の大きな土砂移動(全層移動)」という「すべり崩壊による決壊⁶⁾(図-4(b)参照)」に近いプロセスが機構的には理解しやすいと考えられる。図-5には、図-4の分類とは若干異なる「天然ダム決壊原因^{7),8)}」を並列して示す。

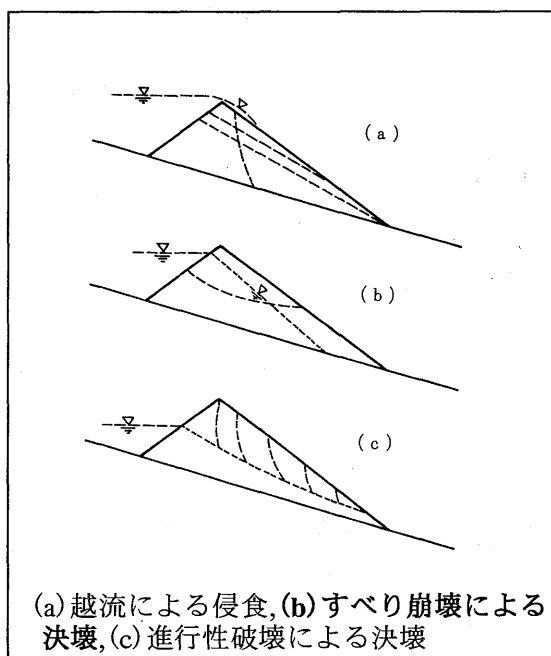


図-4 天然ダム決壊の三類型⁶⁾

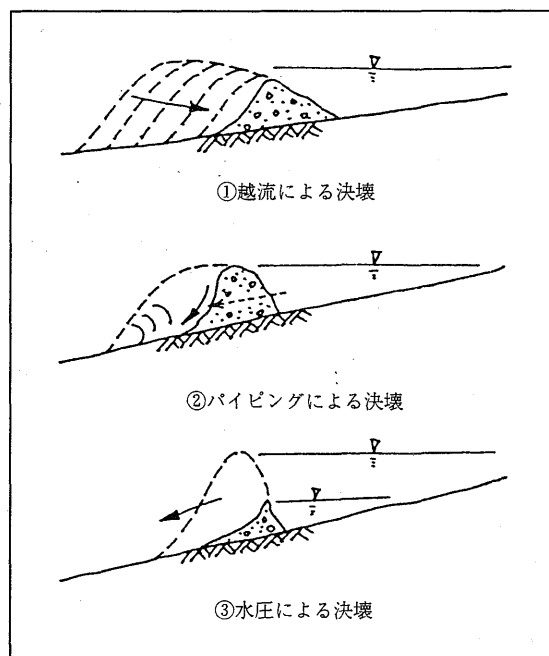


図-5 天然ダム決壊原因^{7),8)}

決壊箇所上流の流域面積は約 1.2km², 直上流及び直下流の溪床勾配はそれぞれ 4.3°, 2.0° と緩い。しかし, この決壊により最大径 1.0m の石礫を含む土砂移動(三次移動)が発生し, 河川屈曲部を侵食しながら下流の農地を中心に多量の土砂礫を運搬・堆積させた。

石礫の移動距離は少なくとも 300m に達しており, ビニルハウス・町道・橋梁等を全壊・一部破損させている。農地内には, 流木等の表面流が流下した水流痕と, 土石が流下した流砂痕の明瞭なゾーニングが一部に認められた(図-2 参照)。

4. 降雨と土砂移動(発生時系列)

災害発生直後の現地踏査により, 二次移動に伴い全壊した家屋にあった壁掛時計が, 9月25日 1:18 で停止しているのが確認された。時計の停止時刻は, 二次移動発生直後の時刻を示していると推察される。また, 聞き込みにより一連の土砂移動は 9月24日 19:00 以降, 9月25日 6:00 以前に発生したことが判明している。時間雨量-累加雨量図(新改観測所)と併せて, これら一連の土砂移動発生をまとめれば, 図-6 のようになる。同図より, 特に, 二次移動発生直前の 3 時間(22:00~1:00)雨量は, 274mm に達している。

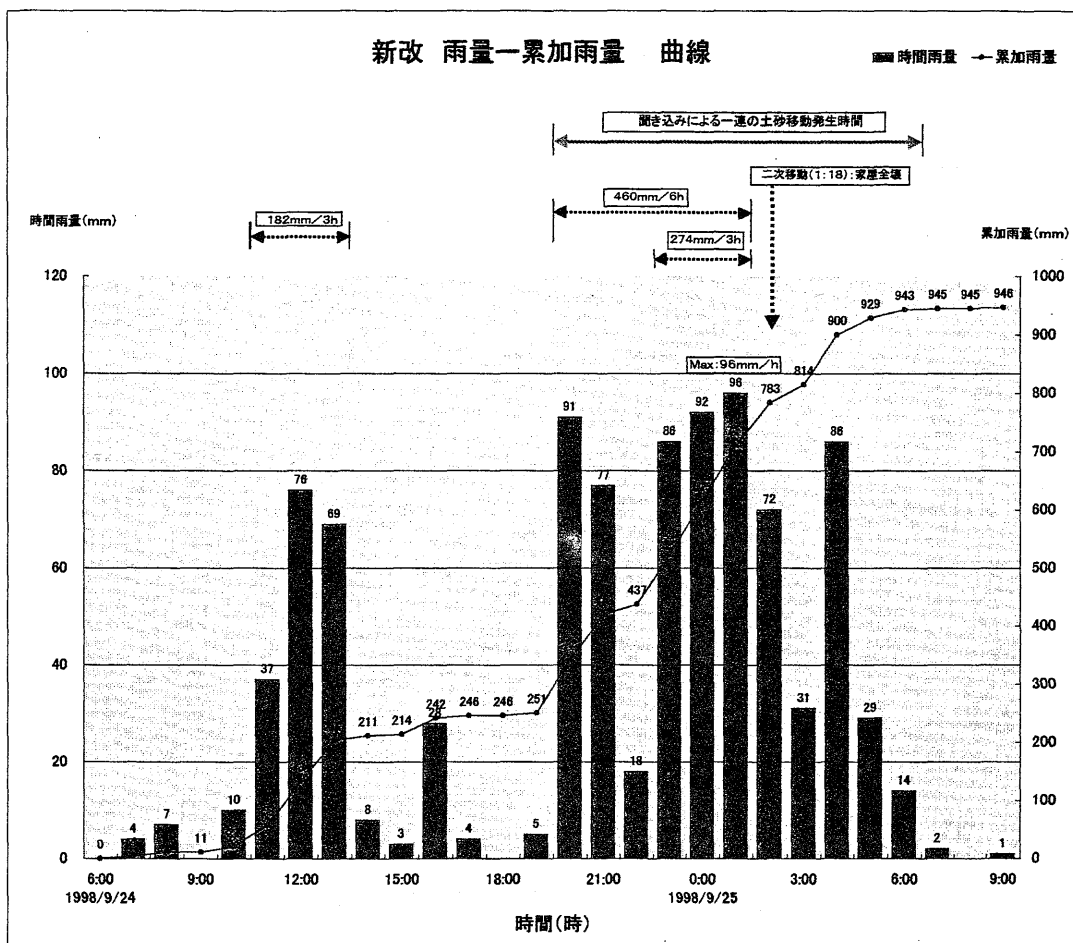


図-6 時間雨量-累加雨量図(新改観測所)と土砂移動発生時系列

5. まとめ

- ①地すべり発生(一次移動)には、地形・地質的素因が大きく関与しており、特に、間隙水圧を上昇させる地質構造(受け盤状チャート亀裂卓越部の存在)と粘土鉱物が地すべり活動に大きく影響したと推察される。
- ②地すべりブロック位置は、多量の地表水・地下水の供給を背後流域から受けやすい地形的条件下にあった。この結果、地すべり土塊の再移動(流動化:二次移動)が発生した。
- ③二次移動により引地川の河道を閉塞した土砂は、天然ダムを形成した。その後のダム決壊により、多量の流木を含む土石の移動(三次移動)が発生し、下流域の構造物等を破損させた。
- ④上記①~③の土砂移動には、個々の土砂移動が発生する十分な降雨強度と流域面積があった。一連の発生時間の絞り込みは困難であるが、一次から三次までの土砂移動は比較的短時間に発生した可能性が高い。

謝辞: 本稿執筆には、復建調査設計株式会社の井上基・植田哲司両氏から有益な御助言を頂いた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 高知新聞社(1998)：'98 高知大水害の記録,豪雨パニック,p120.
- 2) 渡辺護(1999)：'98 高知豪雨～自然災害には自然を知ろう～,月刊河川 1999-2 月号,pp.18-24.
- 3) 高知県土木部河川課(1999)：「'98 高知豪雨」国分川(舟入川)河川激甚災害対策特別緊急事業パンフレット
- 4) 平松晋也・石川芳治・三好岩生・千葉淳(1999)：1998 年 9 月高知県集中豪雨による土砂災害の実態(速報),新砂防 Vol.51,No.5(220),pp.43-47.
- 5) 川上浩(1982)：崩壊性地すべりの常兆現象と予測の可能性,自然災害科学,1-1.
- 6) (社)砂防学会監修(1991)：砂防学講座第 4 巻「溪流の土砂移動現象」,山海堂,pp.50-236.
- 7) 水山高久(1994)：「河道閉塞」,社団法人全国防災協会,二次災害防止対策 No.5,pp.25-49.
- 8) 芦田和男(1987)：「河道閉塞に関する事例研究」,社団法人全国防災協会,二次災害の予知と対策 No.2,pp.37-45.
- 9) 芦田和男・高橋保・水山高久(1978)：山地河川の掃流砂量に関する研究,新砂防,(107),pp.9-17.
- 10) 平松順,山下智,落合文登(1999)：1998 年高知県集中豪雨により発生した崩壊性地すべりの移動機構について－土佐山田町引地地すべりの例－,第 38 回地すべり学会研究発表講演集,pp.417-420.