

Lecture

現場で役に立つ地すべり工学 第13回 Key points in field work for landslide engineers No.13

5. 応急調査・応急対策工の計画

Design of immediate investigations and measures

鈴木 信 Makoto Suzuki／株式会社日さく Nissaku Co.,Ltd.

伊藤俊方 Toshikata ITO／株式会社日さく Nissaku Co.,Ltd.

キーワード：地下水排除工，排土工，押え盛土工，無人化施工

Key words：groundwater drainagework, soil removal work, loading embankment work, unmanned construction system

5.4 応急対策工

5.4.1 はじめに

地すべりが発生した場合に，被害の拡大防止や早期復旧を図るために応急対策工が実施される。応急対策工の主な目的は，滑動を開始した地すべりを沈静化させ，被災対象物の一時的保全を図ることにある¹⁾。応急対策工はその他にも，地すべりを沈静化させることにより詳細な現地調査に基づく恒久対策の着手を可能としたり，社会不安を解消させるためできるだけ早期に避難や通行止めなどの規制を解除する等とも関連するので，それらの事項にも十分配慮する必要がある。

5.4.2 応急対策工の計画と考え方

(1) 応急対策工のための地すべり現象の理解

一般に山地・丘陵地・人工造成地等の不安定要因のある斜面に降雨や融雪水によって種々の変状が現れることが多いが，これらの変状がいったん拡大すると，地すべり土塊が一つのまとまった範囲（地すべりブロック）で滑動を開始する。その後徐々に移動速度を増し斜面を大きく変形させるが，やがてこの一連の運動が減速に転じ，移動体が一時的に安定化し停止する。その際現在の現地状況がこの地すべりによる変化過程のどの段階にあるのかによって選定する対策工計画が異なってくる。そのため地すべり現象および地すべり機構を的確に把握し，応急対策工計画を立てる必要がある²⁾。これは応急対策工計画を立てる際の安全かつ経済的的確な工法の採用，施工の手順・管理などの判断材料ともなる。

過去の応急対策事例をみると，2通りの対応が考えられる。1つは地すべりが発生して現に動いているものに対する対応であり，いま1つは小康状態または一時的に停止した地すべりに対する対応である。多くの場合，我々が応急対策工として扱っているもののほとんどが後者の方であり，前者，とくに動きが激しい時には危険で対応できない場合も多い。

そのため工事は，亀裂や小規模な滑落崖，わずかな地表面の隆起等の発生段階に限られ，安全性を確保しながらの工事となる。この場合の応急対策工法としては，雨水等地表水排除のための防水シート張り工，地すべり地

外からの流入水排除のための水路工，土砂流出範囲を最小限に食い止めるための簡易土留工，地下水位が高いときに地下水を排除して水位を低下させる横ボーリング工等に限られる。

後者の地すべりの状況変化が緩慢な場合には，横ボーリング工，頭部排土工，末端盛土工等が実施される。後者の場合であっても，地すべり地内の排土や盛土は，二次災害など危険を伴うことから，近年では無人化施工が多く実施されている。

いずれにしても，地すべり滑動が拡大し，移動速度が速くなるような地すべりの状況変化があるときには，直ちに避難するか通行止め等の対策をとる必要がある。

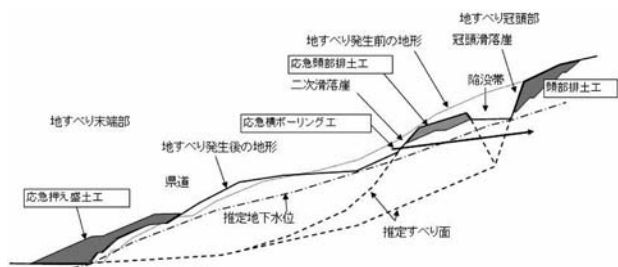
(2) 応急対策工の種類

地すべり対策で取り上げられる防止工法には抑止工と抑制工があるが，応急対策工ではこれらの工種のうち抑制工を用いる場合が多い。杭工やアンカー工などの抑止工は応急対策ではほとんど用いられない。応急対策工で採用されている工種は以下に示した工法が一般的である³⁾。

- (i) 雨水浸透防止工
- (ii) 水路工
- (iii) 横ボーリング工
- (iv) 排土工
- (v) 押え盛土工
- (vi) 簡易土留工
- (vii) その他（川回し・迂回道路など）

これらの工種は概査によって把握した地すべり現象の状況に応じて採用し，施工する。なお，これらの計画については後述する。

図-1は，応急対策工の事例である。防水シートや水路工の他，地すべりの頭部から中部にかけて，頭部排土工，横ボーリング工が，末端部では，押え盛土工が応急的に実施されている。これらの応急対策工は，地すべりの移動を沈静化させるための工事であるが，二次災害などの危険を伴うことから，地すべりの挙動を警報機付き伸縮計等によって監視しながら施工することが求められる。



図－１ 応急対策工の種類と適用事例

(3) 応急対策工の適用の留意点

これらの応急対策工によって沈静化したと判断された場合には本格的な調査活動が開始される。ただし、応急対策工は調査後に決定される本格的な対策工事と整合性を図る必要がある。

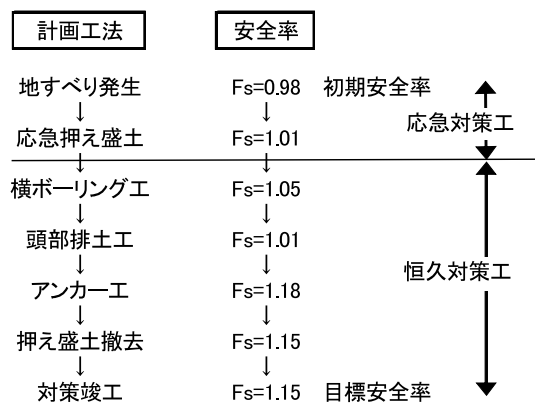
地すべり規模にもよるが、地下水が地すべり発生の主要因になっている場合には、上部からの地下水を地すべり地外に緊急的に排除するために横ボーリング工を施工されるが、地すべり地内が不安定な場合は、地すべり地外から施工することもある。横ボーリング工は、地下水位が高いからといって、末端部の中央から施工すると、その後の本工事で杭工やアンカー工等の抑止工を実施する場合の位置の選定に差し支えることがあるので、全体工事を考慮した上で適切に配置する必要がある。

応急対策工で多用されている押え盛土工は、広い安定した空き地があれば有効である。スペースがあっても斜面の途中に盛土を行うと、下部斜面の新たなすべりを誘発する可能性があり危険である。同様に、頭部の排土・切土工は、その上方の斜面を不安定化させる要因となり注意を要する。近年土捨場を確保することが難しいため、押え盛土工と排土工の土量を同じにして、現地で処理する等の方策を採ることも多い。

(4) 応急対策における安全率の考え方

応急対策ではいくつかの工種を用い、初期安全率から5%上昇させること、または $F_s=1.00$ 以上が目安とされる(図-2)。

応急対策における安定計算では、すべり面の形状や地下水位が不明なことが多いので、それぞれ現地の状況か



図－２ 応急対策・恒久対策による安全率事例

ら水位を想定せざるをえない。

安全率の上昇に最も寄与するのは、末端部盛土工と、頭部排土工である。横ボーリング工による地下水排除工は、安定計算では考慮しないことも多い。

(5) リスク低減のためのソフト対策

応急対策工はあくまでも応急処置であり、斜面の安定度をわずかに上げたに過ぎない。すなわち、降雨や斜面変動の影響を受けた地下水流動状態の変化などによって再び滑動が始まり、応急対策施設のみならず施工対象となった斜面全体にも波及するおそれがある。応急対策工は結果として、それまでに費やした工事が無駄になるというリスクも伴っていることを認識する必要がある⁵⁾。

地すべり運動が沈静化している場合、応急対策工は地すべり斜面内で施工することも可能であるが、施工中に地すべり運動が活発化する危険性も考えられる。そのような場合、警報器付地表伸縮計で代表される斜面の変動を監視できるセンサーなどを設置し、かつ、速やかに避難できるように避難路を確保した上で施工することが重要である。

5.4.3 応急対策工の設計・施工上の留意点

応急対策工の設計・施工時の留意事項について、工種ごとに以下に示す。

(1) 雨水浸透防止工

雨水浸透防止工は、地すべり発生直後から始まる一連の対策工事の、最も早い時期に施工されるものの一つである。地表面や地すべり活動で発生した亀裂を通して、雨水や表流水が直接、地下に浸透するのを防止するものである。雨水浸透防止工により地すべりの移動速度を抑制して他の工種を追加する時間的余裕を確保し、地すべりの規模や被害の拡大を抑制できる。

したがって、雨水浸透防止工は地すべりを初期の段階で沈静化させることにより全体の工事費を圧縮することができるなど、安全面のみでなく経済的側面からも、初動対策として有用な工種であるといえる。

雨水浸透を防止するには、亀裂の閉塞や防水シートによる被覆が一般的に行われており、これらは作業が比較的容易な上、安価に施工することが可能である(写真-1)。特殊なものでは、斜面を広範囲にアスファルトで被覆するなど、恒久対策を兼ねて大掛かりに実施する場合もある。亀裂は雨水や表流水が最も地下に浸透しやすい経路となる。このため、亀裂は規模の小さなうちに、防水シートにより被覆、あるいは人力や重機などで現地の発生土や粘土などを充填し閉塞する。亀裂の閉塞は地すべりを拡大させないための簡便で確実な抑制工である。

また、地すべり冠頭部の後背、ブロック内のため池や沼、地すべりで形成された凹地の底に、防水シートやアスファルトを敷設し地すべりブロック内への水の浸入を防止する。池や凹地に溜まる水は人力や重機などで溝を掘り、防水シートを敷設して仮排水路を作る。仮排水路はブロック外の側溝などに接続し、適正に処理すること



写真－１ 冠頭部の亀裂を覆うブルーシート群
(長野県下石川地すべり)

が必要である。

(2) 水路工

地すべり地内に分布する沢や湧水等に対しては、応急的にコルゲート水路等で集水して地すべり地外に速やかに排水する。また、地すべり周辺部から地すべり地内へ雨水等が流入している場合は、周縁部に排水路等を設置する。水路工では、地すべり地外からの地表水の流入を防ぐ目的とした周辺水路、地すべり地内へ流入する沢の付替えを目的とした水路、地すべり地内の湧水や降水を速やかに地すべり地外へ排水するための水路などの設置がある。

滑動中の地すべり地内の水路工は、ある程度の変形に対しても機能を維持できるフレキシブルなコルゲート水路等を活用する。しかし、地すべり発生直後に施工される応急的な水路工では、地すべり運動による水路破損の可能性が非常に大きいことが指摘される。このため、巡回点検と異常発生箇所に対する随時の補修が必要となる。また、容易に補修可能な防水シート等の材料で施工することも考慮に入れておくことが望ましい。

地表水に近い地下水（浅層地下水）を排除する場合には暗渠併用の構造も有効であるが、応急水路工としてはあまり採用されていない。

(3) 横ボーリング工

横ボーリング工は地すべりブロック内に流入してくる地下水を排除するとともに、地すべり土塊中の地下水位を低下させ、地すべり滑動を沈静化させる目的で実施される。

横ボーリング工の施工位置は、事前に地質調査を行って斜面内の地下水状況を把握していることが望ましいが、地すべり運動が激しい場合、地すべり斜面内で調査を実施することが困難であることが多い。その場合、地表踏査結果などからすべり面位置を検討し、施工位置を決定する。横ボーリング工は地下水供給源と考えられる斜面上方に施工することにより、施工効果（水位低下）が得られることが多い。

ロータリーパーカッション方式は機械が大きく重量も大きいいため、施工位置に搬入するのに大掛かりな架設などが必要となることがある。そのため小型で軽量の小口径ボーリングマシンが用いられることが多い(写真－２)。

横ボーリング工からの排水は地すべり斜面内に再浸透しないように、ホースなどを用い、地すべり地外へ確実に排水することも重要である。

(4) 排土工

排土工は、地すべり移動土塊の重量バランスを変えることで安定を確保する工法で、地すべり主働域である頭部付近の土塊を排除するのが最も効果が大きい。その際、切土勾配は移動土塊の性質を十分に考慮したものとする必要がある。また、恒久対策工とのすりあわせが必要で、排土工計画にあたっては、現地の概査を十分に行って地すべりの主働域と層厚を推定し、恒久対策工計画も念頭に置いた上で適切な計画を立てる必要がある。

排土部分の斜面上方に不安定土塊が存在する場合は排土工を適用できない。排土工は可能な限り地すべりブロックの範囲内で計画する必要がある。また、切土線が地下水面に達した時に湧水が出現する場合があります、そのため切土面が崩壊する事例がしばしば認められる。この場合は法面に溝を設け、湧水の流路を固定するとともに、



写真－２ 応急横ボーリング工の施工状況



写真－３ 新潟県旧山古志村東竹沢地区の排土工⁶⁾

湧水の再浸透防止の措置を取るなど、他の工法と組み合わせで行う必要がある。

排土後の法面には速やかに雨水浸透防止と排水のための防水シートの敷設や、仮排水路工の設置などを実施し、排土工の十分な効果を持続させる必要がある。

(5) 盛土工

盛土工は地すべり末端部の押さえとして計画するのが一般的である。このため現地を十分に踏査し、明確な地すべり末端を確認するとともに、周辺に及ぼす影響を考慮して計画・施工する必要がある。

応急対策工といえども、盛土工は規模が大きく、盛土自体の破壊による周辺への影響も大きい。このため盛土材料や盛土高、盛土勾配を十分に検討して行うことが望まれる。

盛土材は、頭部排土や河川の移設など現地で発生した土砂を用いることにより、環境対策やコストの縮減が計られる。現地発生土を盛土材に利用する場合には、練り返された含水比の高い礫混じり粘性土が主体となることが多く、盛土法面勾配は1:2.0程度と緩くする必要がある。

応急対策工として実施される盛土工は、恒久対策完了または施工中に撤去する場合には材料や盛土方法を検討することが重要である。また、恒久対策の一部として活用するため、応急盛土の上に恒久対策としての追加盛土が施工されることもある。

(6) 簡易土留工

簡易土留工は、崩壊土砂の流出防止や盛土工の法尻保護を主目的として施工する。また地すべり末端が渓流に面したところでは、渓岸の崩壊や侵食が地すべり滑動を促進している場合、護岸工の機能を持たせることがある(写真-4)。いずれの場合も、応急仮工事として緊急性が求められることが多く、施工性に優れている工法を選択する必要がある。

簡易土留工は従来、ふとんかご工・かご枠工等を施工したり、異形ブロックを並べたりすることが多かったが、近年は低コストで施工性が有利な大型土のうが多用されている。

大型土のうの大きさは幅・高さともに約1mであることから、延長と段数から必要な数が現場で求まり、迅速



写真-4 地すべり末端部の河川護岸として大型土のうを用いた例

に並べることができ、施工管理も容易であるという利点がある。しかし、設置基準・品質基準が明確でないこと、紫外線による劣化や流水の影響で破損しやすいこと、数ヶ月を経過した場合の移動・転用が難しいこと等の問題点もある。

近年、これらの問題点を解消する耐候性大型土のうが登場した。設置期間が2ヶ月を超える場合、転用を複数回行うことにより経済的となる場合や流水の影響を受ける場合等に用いられ、設置ガイドラインが定められている。また、設置1年後の所定強度保持等、性能規定も明確になっている。

設計・施工にあたっては、これらの利点・欠点を理解して使い分ける必要がある。また、土留工の設置によって、その下部斜面に新たな地すべりを誘発しないよう注意が必要である。

(7) その他(川回し・迂回道路など)

地すべり地を横断および縦断する河川や道路が地すべりの活動によって被災した場合、河川や道路を応急的に復旧するため、地すべり地を避けて迂回する方法がとられることがある。

地すべり末端付近に河川が流下している場合、地すべりの発生によって、河川へ土砂が押し出し、地すべり地から上流側に河川が湛水して天然ダムが形成されることがしばしば見られる。天然ダムが決壊すると、下流域に甚大な被害を与えるほか、地すべり末端が浸食され、受働土圧の減少によって、地すべり活動が活発になることが予想され、地すべり地を避けて河川を迂回することがある(図-3)。

また、地すべりによって被災した道路のほかに近隣に別の迂回路がなく生活に必要な場合には、地すべり地を避ける迂回路を計画・施工する。

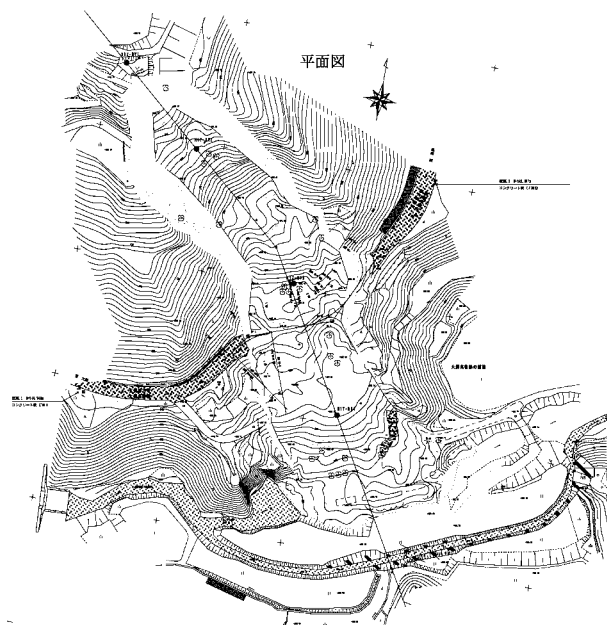


図-3 川回しの事例

道路を完全に地すべり地の外へ迂回できる道路法線が計画できる場合はとくに問題ないが、地すべりの末端部に押え盛土や簡易土留工を計画して施工する場合や、地すべり冠頭部の山側を拡幅して計画する場合には、道路通行者への安全確保のために、地すべり活動状況を知らせるための信号機の設置が有効である。

5.4.4 応急対策工施工事例

多くの地すべり災害のうち、長野市下石川地すべりの事例を紹介する⁷⁾。下石川地すべりは新第三紀層～第四紀層に発生し、滑動が長期にわたりかつ緩慢に移動した地すべりである。

平成11年9月27日、都市化の進む長野市南部の下石川地区において、背後の丘陵性斜面のりんご畑に亀裂が発見され、比較的規模の大きい地すべりの発生であることが確認された。その後亀裂は次第に拡大し、社会問題となった。このため、長野県と長野市は協力して緊急に警戒避難体制を構築し、地すべりの監視を行いながら関係

機関及び住民との情報伝達体制を整え、非常時に備えることとした。

地すべりの全体形状が明らかになってきたのは10月末で、地すべりの規模は長さ180m、幅100mであった。11月から12月にかけて全域に亀裂が発生し、最大日移動量は7cmにも達した。12月から頭部の緊急排土工（7,000m³）が施工され、一時的に移動量は減少したが、年末から排土部背後にも後退性の亀裂が発生し、翌年1月にかけて再び移動量が増加した。その後は年末から開始していた押え盛土の効果が出てくるようになり、沈静化していった。その後の本格的な対策工事は集水井工やアンカー工が施工されている（写真－4・5）。

地すべりの監視データや対策方針などの情報はすべて委員会や掲示板などで公表され、このような地元との密接な対応により住民の地すべりに対する意識は高まり、地元住民に配慮した警戒避難体制の確立に大きく役立ったとされる。

5.4.5 おわりに

応急対策の近年の傾向としては1990年代末から頭部排土工の事例が増加しており、とくにここ数年では無人化施工機械による排土事例が見受けられるようになった。無人化施工機械は、河川を閉塞した土砂の掘削排除にも用いられている。

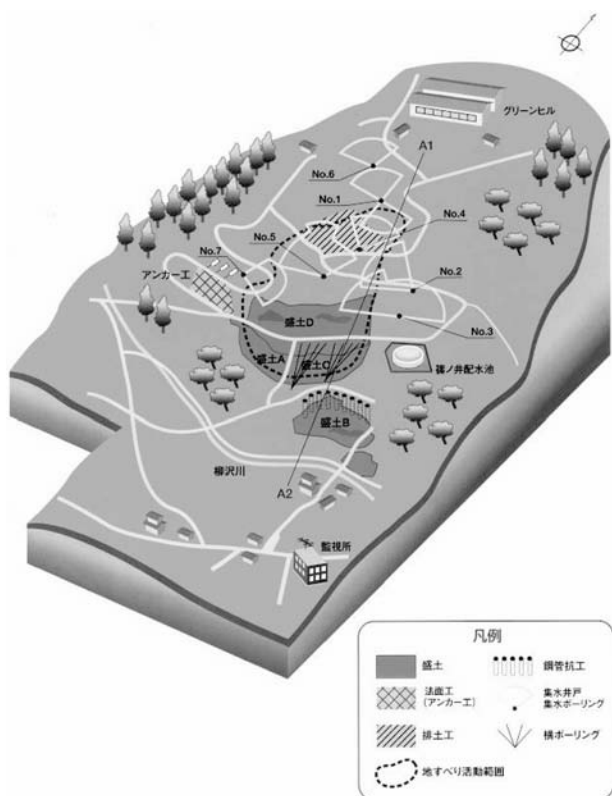
応急対策は、地すべり発生初期の段階で地すべり移動を抑制し、被害の軽減と恒久工事費の削減につながる重要な位置づけにある。どの場所にもどのような応急対策を行うか、地すべりの運動機構を十分に見極めたうえで施工する必要がある。

ここでは応急対策工についての基本的考え方や、設計施工時の留意点を取りまとめた。参考になれば幸いである。

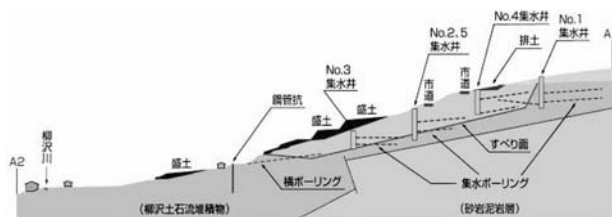
参考文献

- 1) 社団法人全日本建設技術協会（2006）：平成18年災害手帳，598p.
- 2) 古谷尊彦（2003）：地すべり災害を想定したハザードマップ，地理，Vol. 48，No. 9，pp. 25－28.
- 3) 社団法人全国防災協会（2006）：災害復旧事業における地すべり対策の手引き，189p.
- 4) 綱木亮介（1999）：斜面変状時の対応と留意点，「地すべり防止工事士」登録更新特別研修テキスト，（社）地すべり対策技術協会，51p.
- 5) 上野雄一（2005）：斜面災害のリスクマネジメント（その2），地すべり技術，Vol. 32，No. 1，pp. 30－40.
- 6) 国土交通省湯沢砂防事務所（2006）：新潟県中越地震による地すべり斜面の対策，地すべり技術，Vol. 32，No. 3，口絵写真.
- 7) 土屋好幸・白石秀一（2004）：長野県下石川地区で発生した地すべりの監視と広報，地すべり学会誌，Vol. 40，No. 5，pp. 59－63.
- 8) 長野県土木部土尻川砂防事務所（2000）：下石川地すべりとその対策，No. 2.

（原稿受付2007年4月5日，原稿受理2007年6月2日）



図－4 下石川地すべりの対策概要図⁸⁾



図－5 下石川地すべり模式断面図⁸⁾