

平成 19 年度六甲山系斜面評価検討業務

近畿地方整備局 六甲砂防事務所

1. 調査目的

六甲山系グリーンベルト整備事業（以下、GB 整備事業）では、土砂災害の発生の危険性に応じて土木構造物の整備が必要な区域（整備区分Ⅰ）、樹林の整備により土砂災害防止効果を高める区域（整備区分Ⅱ）、現状の樹林を保全する区域（整備区分Ⅲ）に区分し、事業が進められている。しかし、事業対象区域は広範囲であるため、事業を進めるにあたっては、当面の整備対象候補となる将来崩壊が発生する可能性の高い斜面（以下、土砂生産ポテンシャルが高い斜面）を、効率的かつ定量的に抽出することが重要であった。

このため、六甲砂防事務所では効率的かつ定量的な土砂生産ポテンシャルの評価方法の検討に着手し、平成 17 年度には A ゾーン、平成 18 年度には全事業範囲を対象に既往崩壊地と各種素因との関係を統計的に分析し、分析結果をもとにした斜面の評価方法を構築した。

今年度は、空中写真撮影および判読により現況の崩壊状況を把握し、六甲山系における現況の土砂生産ポテンシャル評価を行うとともに、樹林整備の効果について考察を行うため、樹林の物理特性を把握するための調査について検討を行った。

2. 調査概要（調査方法）

2.1 震後崩壊地拡大追跡調査

震後の崩壊地履歴を把握するため、六甲山系全域の航空写真を撮影（S=1/8000 カラー）し、同写真を用いた崩壊地判読ならびに現地調査による現況崩壊地調査を実施した。調査結果については過年度調査成果を踏まえた整理を行った。

2.2 土砂生産ポテンシャルの現況評価

崩壊調査結果をもとに、六甲山系における現況の土砂生産ポテンシャルの評価を行った。評価方法は昨年度構築した方法を基本とし、適宜見直しを行った。

2.3 樹林の物理的特性調査に関する検討

樹林の持つ根系の土砂緊縛力などの斜面崩壊に対する物理特性を把握するため、樹林の物理特性調査方法に関する検討を行った。調査方法は既往文献をもとに、根系の引き抜き抵抗力試験を選定した。また、同調査方法をもとに 10 箇所の現地試験を実施した。

2.4 GB 整備事業の効果検討

これまでの検討成果等を踏まえ、六甲山系 GB 整備事業の効果について総合的な検討を行った。

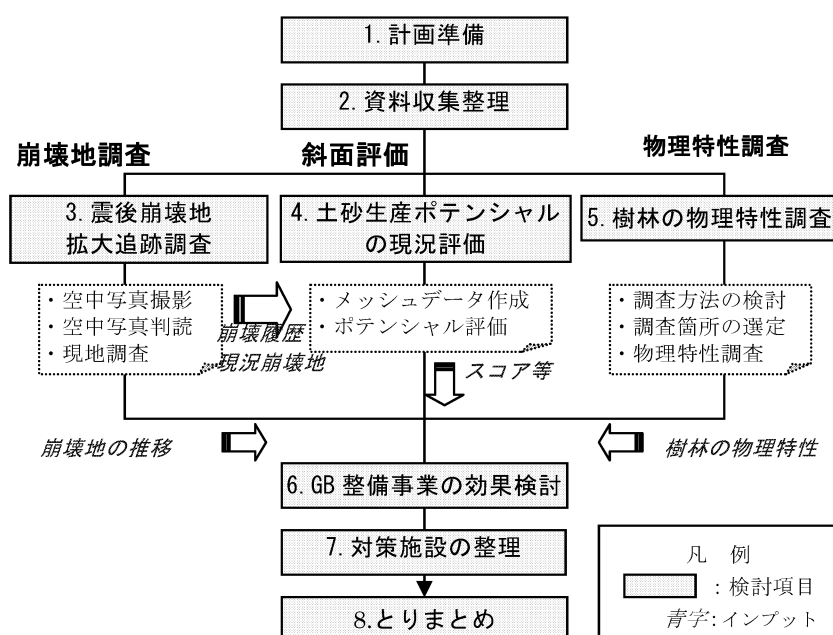


図-1 検討フローチャート

3. 調査結果

3.1 震後崩壊地拡大追跡調査結果

空中写真判読および現地調査結果より、六甲山系における現況の崩壊地は355個、崩壊面積は約26万 m^3 であることを確認した。

3.2 土砂生産ポテンシャルの現況評価

数量化II類により既往崩壊地（H7～H16）と各種素因（傾斜、地質、植生、崩壊履歴）との関係を分析した。分析結果については統計学的観点より検証し、概ね妥当であることを確認した。また、統計結果から得られるスコアおよび現況崩壊状況（H19）をもとに、六甲山系における土砂生産ポテンシャルの現況評価を実施した。

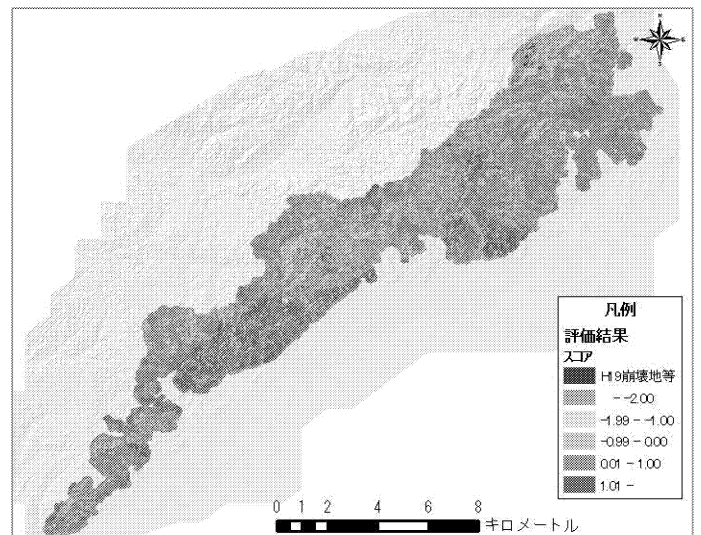


図-2 土砂生産ポテンシャル評価結果

3.3 樹木の物理的特性調査結果

根系の引き抜き抵抗試験は、整備区分 II に該当する群落で5地点（スギーヒノキ、ニセアカシア）、整備区分 III に該当する群落で5地点（コナラアベマキ、アカマツモチツツジ）実施した。試験結果から算出した根系による土層の補強強度を比較した結果、スギーヒノキ群落は補強強度が低く、コナラアベマキ群集は高い傾向が確認された。一方、ニセアカシア群落、アカマツモチツツジ群集は結果がばらつく傾向がみられた。ばらつく傾向がみられた2群落は、根系の腐朽や松枯れの影響等、樹木の健全度が影響している可能性が考えられた。



写真-1 引き抜き抵抗試験の実施状況

3.4 GB 整備事業の効果検討結果

土砂生産ポテンシャル評価結果については、事業優先度や対策方法を検討する上での指標として、3つのランク区分を設定した。各ランクは、GB整備事業における整備区分（整備区分I～III）と対応させ、「整備予定区分I～III」と位置付けた。また、斜面の各種素因等を各ランク区分毎に集計・分析を行い、その特徴を定量的に評価し、ランク区分毎の整備方針を検討した結果、GB整備区分による整備方針と概ね合致していることから、GB整備事業を進めていけばその効果は十分に見込める可能性が考えられた。

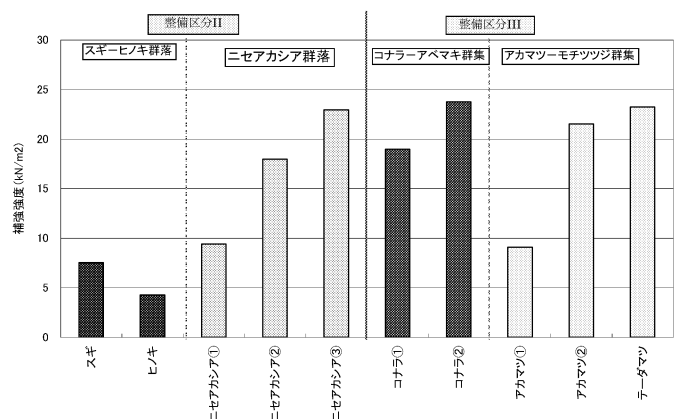


図-3 根系による補強強度算出結果

また、樹木の物理特性調査結果を踏まえた考察では、調査結果をもとにした簡易3次元安定解析を実施し、整備区分 II、III に該当する群落の安全率比較を行った。その結果、整備区分 III の群落は根系の土層緊縛効果が整備区分 II の群落と比較し、概ね高い効果が見込める可能性が示された。

平成 19 年度六甲山系土砂動態調査検討業務

近畿地方整備局 六甲砂防事務所

1. 業務概要

六甲山系における砂防事業の効果の評価や長期的な土砂移動のコントロールを目的として、平成 14 年度より斜面浸食土砂量や溪流の流砂量の観測を継続的に行っている。これまでの観測の中で、施設の老朽化や斜面からの土砂流出率が不明であるなどの問題が明らかになった。そこで、これらの課題に対応するため新たな観測手法の検討を行い、六甲山系全域を対象に今後土砂動態観測を実施するのに適した斜面を抽出し、具体的な観測施設の設計を行うとともに、実際に新しい観測施設の設置を行った。

2. 観測項目及び手法の検討

六甲山系におけるこれまでの土砂動態観測の課題を整理し、それぞれの課題に対応した観測手法を検討した。

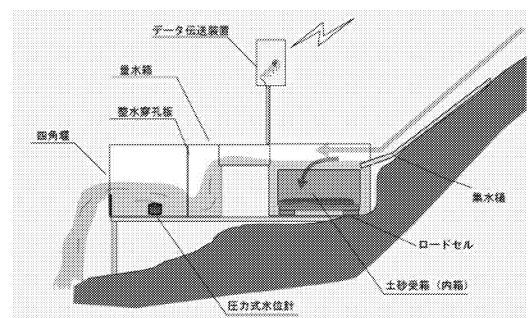
既往観測の課題	課題への対応
① 斜面で生産された土砂の溪流への流出率が不明	斜面上部における浸食量の把握と合わせて、斜面末端から溪流へ、溪流から本川への流出土砂量を連続的に観測する。
② 浸食土砂の時系列的観測ができない	土砂受箱への自動重量計測装置を設置する。
③ 施設構成部材が腐朽、破損し恒久的、安定的観測には改良が必要	施設構造や構成部材を改良し、遠隔地からも施設の稼働状況を確認できるようにする。
④ 物理的な土砂動態モデル構築に至っていない	様々な条件下での観測を長期的に継続するとともに、モデル化に必要な浸透能などの基礎情報を取得する。

3. 観測斜面の選定

観測斜面の条件は、六甲砂防事務所の用地買収範囲内であることを前提とし、観測範囲が明確になる斜面として 0 次谷を抽出し、六甲山系全体の代表的な植被条件を網羅するように考慮しつつ、携帯電話の受信範囲や施工性の観点などから対象斜面を選定した。最終的に、15 箇所の観測候補斜面が選定され、さらにそのうち特にアクセス性の良好な 4 斜面について、本年度、新たに斜面土砂観測所を設置する斜面とした。また、既存の表面流出観測施設についても新たな構造に更新し、観測を継続することとした。

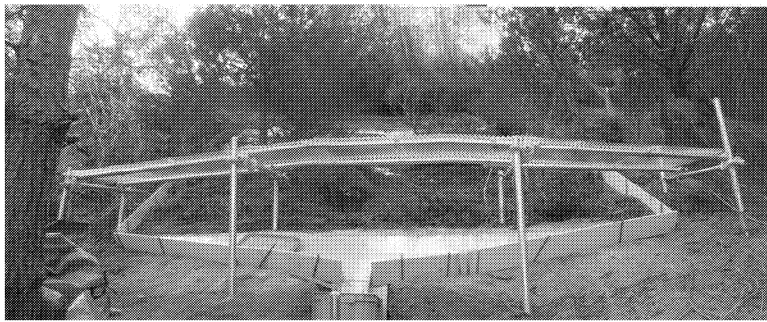
4. 斜面土砂観測施設の詳細設計及び設置

表面流出観測施設、斜面末端観測施設を 60 mm/h～100 mm/h の降雨による流量に対応し、かつ人力による運搬、設置が可能なように設計した。設計成果に基づき、表面流出観測施設について既設改良 4 箇所、新設 3 箇所、斜面末端観測施設について新設 4 箇所の設置を行った。



・満水状態の土砂受箱に流入した土砂量をロードセルで、流量を四角堰及び水位計で計測する。

斜面末端における観測の仕組み



表面流出観測施設の設置状況



斜面末端観測施設の設置状況

5. 既存施設における観測結果

(1) 山腹斜面における表面浸食観測の結果

- 今年度の観測期間中の雨量が過年度の同時期と比較して少なかったため、顕著な土砂移動がみられず、各地点の浸食土砂量、表面流水量は過年度と比較して概ね減少傾向にある。
- 区画枠により施設上部からの土砂供給が絶たれているため、特に裸地斜面における浸食土砂量の減少については、小雨の影響だけではなく区画内の不安定土砂の減少による可能性がある。

(2) 溪流における流砂観測の結果

- 山腹斜面の観測と同様に、観測期間中の降雨が少なかったため、顕著な土砂移動はみられなかった。
- ある程度の規模の降雨（連続雨量 50mm 程度）があった場合に、水位-流砂量、流砂量-ハイドロフォンパルスの連動性がみられる傾向にある。
- 明瞭なピークのみられない降雨が長時間におよび、それが一定規模以上の降雨量（連続雨量 100mm 程度）の場合、流砂量と水位の最初のピークを過ぎた後に、第二の流砂量のピークが生じることが判明した。
- ハイドロフォンパルスの倍率設定に関しては、121 倍もしくは 256 倍において流砂量とハイドロフォンパルスの対応が良いが、低水位時には 256 倍だと雨滴の衝突などのノイズなどの影響で対応が悪くなる傾向にある。

6. おわりに

六甲山系における総合的な土砂管理に向けて、長期的に土砂動態観測を実施していく必要がある。今回考案した施設は、斜面～溪流までの土砂動態を把握するために必要な仕様を綿密に検討しているが、これまでに前例の無い新しい観測施設であるため、実際に観測していく中で、構造や運用方法などを改善する必要があることが考えられる。

今後は、実際に施設を一定期間運用した上で、構造や運用方法について修正、改善すべき点を把握し、より安定的、効率的にデータを蓄積できるように検討したうえで、六甲山系全体の他の候補地に展開していく必要がある。

平成 19 年度歴史的砂防施設等の保存・維持管理に関する検討業務

近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所

1. はじめに

本業務は、瀬田川砂防管内の田上山の砂防事業の歴史の変遷を踏まえ、田上山及び砂防施設の歴史的価値、文化財的価値を評価検討し、その価値に相応しい保護・管理のあり方を検討するとともに、当該地に展開された砂防事業の歴史と効果・役割を理解・啓発するフィールドとして、また個々の砂防施設が持つ砂防技術の価値の伝承と公開を図る活用のあり方を検討することを目的としたものである。

2. 田上山の歴史的砂防施設等の維持管理の実態把握

歴史的砂防施設等の現況調査

田上山において「歴史的・文化的価値が高いと思われる施設」（平成 18 年度 歴史的砂防施設等の保存・維持管理に関する検討業務にて選定）を中心とした 30 基の空石積み砂防えん堤を対象に、維持管理上の課題抽出を目的とした現地調査を実施して、施設状況（破損、補修跡）の把握を行った。

また、「歴史的・文化的価値が高いと思われる石積み砂防施設」の 15 基について、アクセス路の状況（一般の利用者を想定した危険箇所等の把握、ルート選定）を調査した。



基礎の洗掘により最下部の積み石が欠落した事例



植生により施設の変状確認が困難な事例

3. 田上山の歴史的砂防施設等の維持管理・利用管理における課題整理

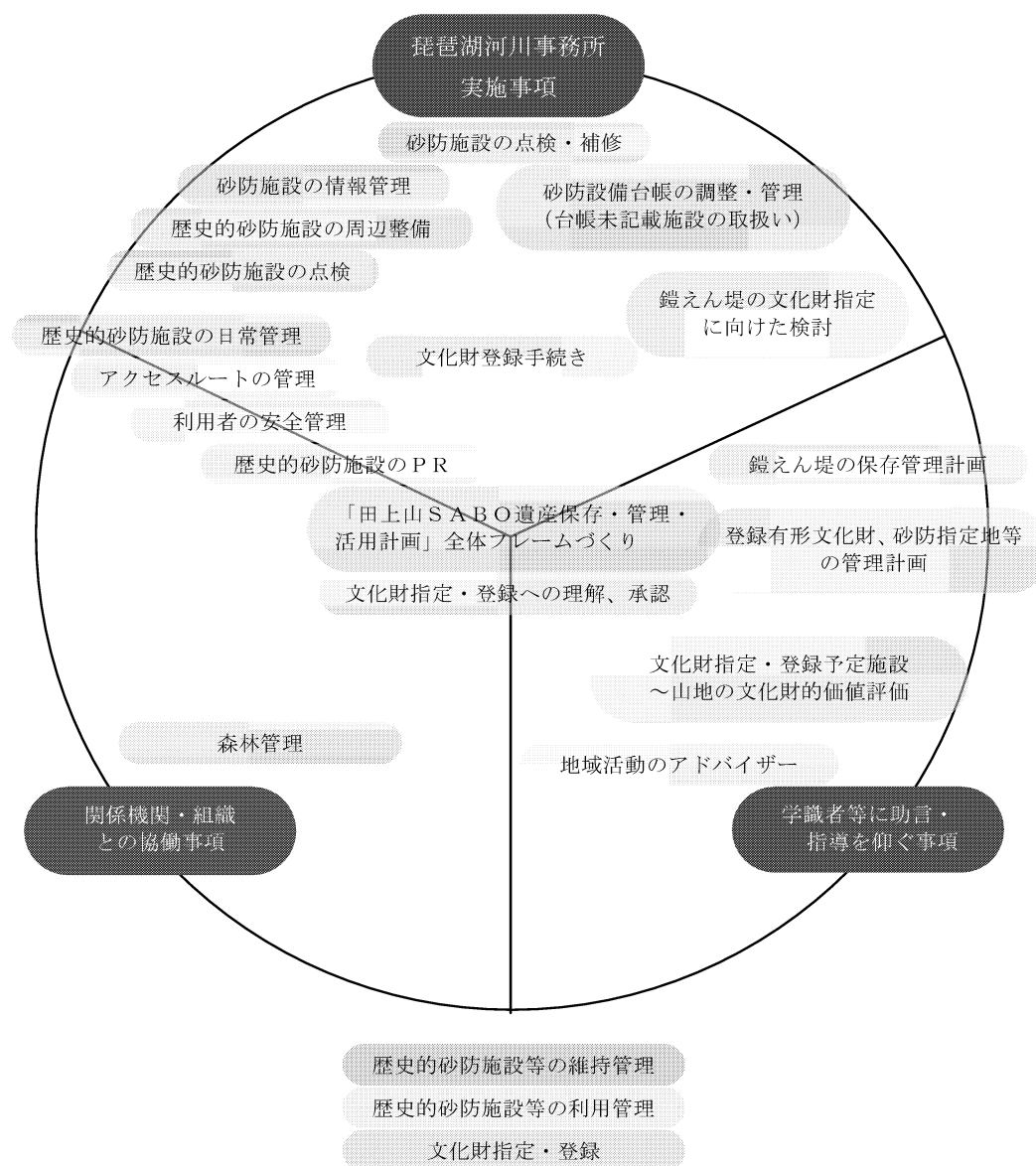
- ① 管理対象の選定：砂防設備台帳に記載のない石積み施設もあわせると数多くの類似施設が連続的に存在するため、個々の判別（台帳や調査票と現物との対照）が難しい。

そのため、詳細な基図を使った位置図や施設写真の管理、座標の管理が必要

- ② 巡視点検：石積み施設に特有の破損形態やメカニズムを踏まえた着眼点を整理して、マニュアル化する。
- ③ 補修管理：補修実施の判断基準、簡易的（応急的）な補修方法の設定
- ④ 情報管理：砂防設備として現状で管理していない施設も含めて、砂防設備台帳の作成を行う。

4. 田上山の歴史的砂防施設等の維持管理・利用管理の方針検討

田上山の維持管理に係わる課題は多岐にわたる。これらの管理課題を踏まえ、解決し、「田上山 S A B O 遺産保存・管理・活用計画」を策定し、田上山の砂防施設や指定地、山全体の文化的価値の評価・活用及び過去の事業経緯を踏まえた砂防上管理を行っていく体制づくりが必要である。



「田上山SABO遺産保存・管理・活用計画」の対応区分イメージ

おわりに

田上山の歴史的砂防施設や指定地の保存・活用・管理にあたり、他機関、住民組織等と連携・協働した田上山歴史的砂防施設の保存・活用・管理の事項、体制等について、合意し、ひとつの計画として実施していくためには今後、委員会を組織し、関係者全体の総意として取り組むことができるようにする必要がある。

平成 19 年度 亀の瀬地すべり概成判定検討業務

近畿地方整備局 大和川河川事務所

1. 業務目的

本検討は、亀の瀬地すべり対策事業に関し、概成判定に向けた基礎資料として現況地すべり対策工事最終施設配置に基づき亀の瀬地すべりの各ブロックの現況安全率を算出するとともに、亀の瀬地すべりの安定度を評価することにより大和川河川改修計画による河道掘削が地すべりに与える影響を検討し、概成判定にかかる資料の整理・とりまとめを実施することを目的として、以下の検討を実施した。

- 1) 現況安全率の検討
- 2) 概成判定資料整理
- 3) 河川改修計画の影響検討
- 4) 地震影響検討

2. 現況安全率の検討

現況安全率の検討では、平成 19 年度の最新施設配置に基づき 3 次元地下水解析を実施し、1/100 確率降雨時の地下水位を算出した。この地下水位を用いて 3 次元安定解析（修正ホフランド法）、及び 2 次元安定解析にて各ブロックの現況安全率を算出した（表-1）。

表-1 亀の瀬地すべり各ブロックの現況安全率

ブロック		安定解析手法	安全率
A ブロック		2 次元安定解析	1.22
BC ブロック		2 次元安定解析	1.15
DE ブロック	全体	3 次元（修正ホフランド法）安定解析	1.12
	下部	3 次元（修正ホフランド法）安定解析	1.15
G ブロック		3 次元（修正ホフランド法）安定解析	1.08
GHI ブロック		3 次元（修正ホフランド法）安定解析	1.26
I ブロック		3 次元（修正ホフランド法）安定解析	1.56
N ブロック	主	2 次元安定解析	1.11
	潜在	2 次元安定解析	1.14

概成判定に向けた地すべり安定度については、既往の他の直轄地すべりでの工事完了判断時の検討経緯を鑑みれば、地すべり防止工事が完了した時点で 1/100 確率降雨時における地すべり安定度が概ね $F_s > 1.05$ となることが目安となっている。これを考慮しても、亀の瀬地すべりでは基本計画に基づいた対策工が完成すれば、最も安全率の低い G ブロックであっても $F_s = 1.08$ であり、他のブロックについても十分な安定度を確保すると評価できる。

3. 概成判定資料整理

概成判定及び直轄工事完了を迎えるに際し、全体の必要事項を洗い出すと共に、既往業務成果等を整理し残事項を抽出した。今後、亀の瀬地すべりの工事完了を睨んだ現段階での残事項は以下の点に集約される。

- ①直轄地すべり防止工事完了概要報告書の作成
- ②直轄地すべり防止工事完了に際しての監視体制の検討
- ③地震時における地すべり挙動予測の検討
- ④地すべり予知における各種発令基準の検討

上記の課題点のうち、①及び②については平成 18 年度の検討で概ねその基本事項を検討し、今後内容の追加を行っていく。また、③については昨年度より 4 箇年計画で検討を開始しており、本年度が 2 箇年目の検討となっている。④については、次年度以降に対処すべき課題となる。

4. 河川改修計画の影響検討

大和川河川改修計画が亀の瀬地すべりに与える影響については、昨年度の検討で追加深礎 20 基を実施することにより、2800m³/s 相当の断面迄河川改修が可能であるとの結果となっている。本検討項目「河川改修計画の影響検討」は、本年度地下水排除工の配置が最新計画施設となったことを受け、3 次元安定解析（修正ホフランド法）、及び 3 次元 FEM 掘削解析により GHI ブロック全体としての河川改修時の安定度を検討した。結果、3 次元修正ホフランド法安定解析では、G ブロックでは追加深礎工が 20 基必要となるが、他のブロックでは $F_s > 1.05$ と十分な安定度を確保している（表-2）。3 次元 FEM 掘削解析の結果でも、掘削法面近傍に局所的な不安定部が生じるものの、地すべり全体として活動するような傾向は見られなかった（図-1）。また、本検討では、追加深礎の段階施工検討を実施した。検討に際しては、地すべり抑止工に造詣の深い学識経験者の意見を踏まえた。結果、追加深礎は 1 基間隔に 2 段階の施工が妥当である結果となった（図-2）。第 1 段階施工後、1800～1900m³/s の改修が可能である。

表-2 Q=2800m³/s 相当の河川改修断面での安全率（3 次元修正ホフランド法安定解析）

ブロック名	G ブロック	GHI	DE	DE 下部
Q=2800m ³ /s 相当断面掘削時の安全率	0.97	1.18	1.10	1.11
Q=2800m ³ /s 相当掘削断面時に $F_s=1.05$ を確保するために必要となる追加深礎工基数	必要抑止力：1,150,710kN 追加深礎工 20 基 (深礎抑止力を 60000kN/基で算出)	—	—	—

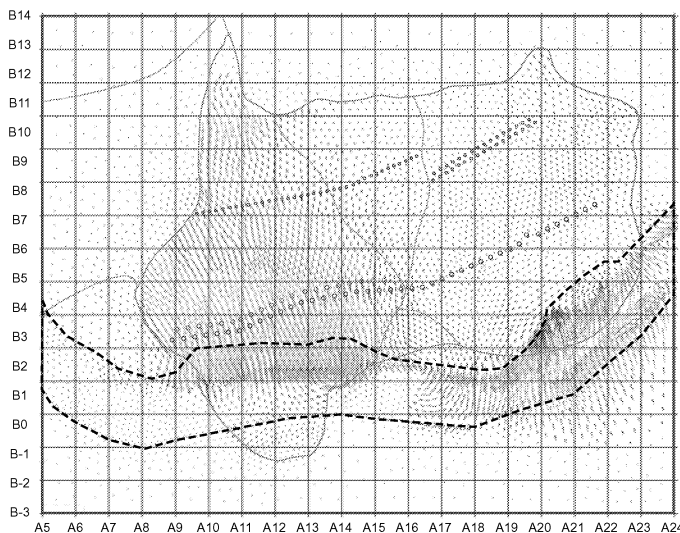


図-1 河川改修時の掘削に伴う変位ベクトル（3 次元 FEM 解析結果）

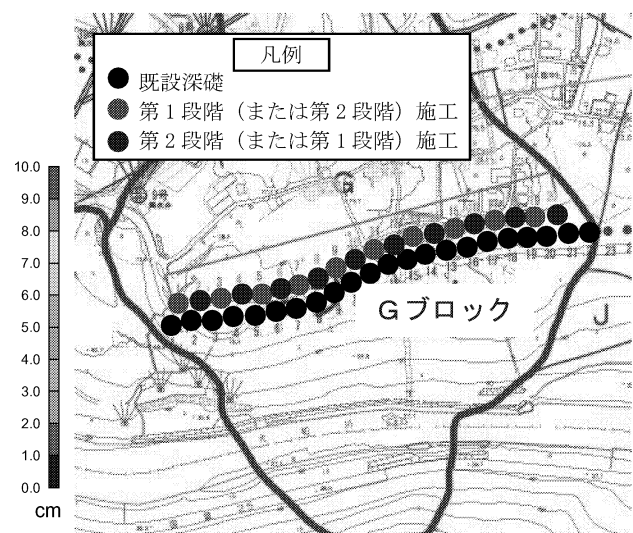


図-2 追加深礎段階施工（第 1 段階 10 基施工）

5. 地震影響検討

平成 16 年度に発生した新潟中越地震を契機として、改めて地震時の地すべり発生現象が注目されることとなった。亀の瀬地すべりにおいては、昨年度より大規模地震動が地すべり安定度を与える影響を検討するため、4 箇年計画にて地震応答解析に着手し、本年度は 2 箇年目である。成果として、広域の地震応答解析モデルが完成（図-3）し、次年度より物性値、地震波のキャリブレーション、及びより詳細な地震応答解析を実施する。

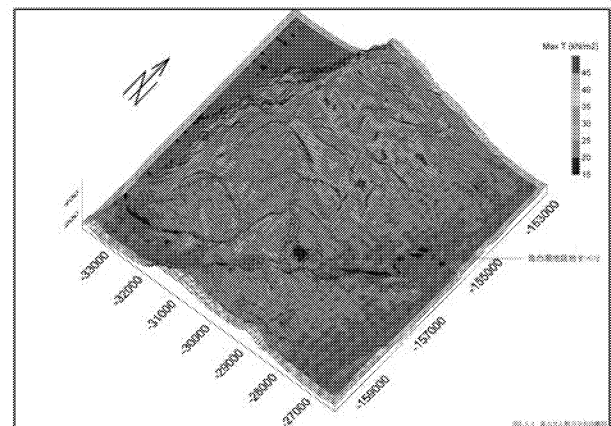


図-3 亀の瀬を中心とした広域地震応答解析モデル

平成19年度 亀の瀬地すべり変状対策検討業務

近畿地方整備局 大和川河川事務所

1. はじめに

亀の瀬地すべり防止区域内で小規模な地すべり（変状 A）および法面崩壊（変状 B）が発生した。発生した変状 A、変状 B において、各種地すべり調査を実施し、対策工法の検討及び詳細設計を実施した。その結果、各地区において施工性・経済性に優れ安定性に富む工法を提案することが可能となった。

また、稲葉山地区において孔内傾斜計ガイドパイプの設置を目的とした調査ボーリング（70m×2 孔）を実施した。

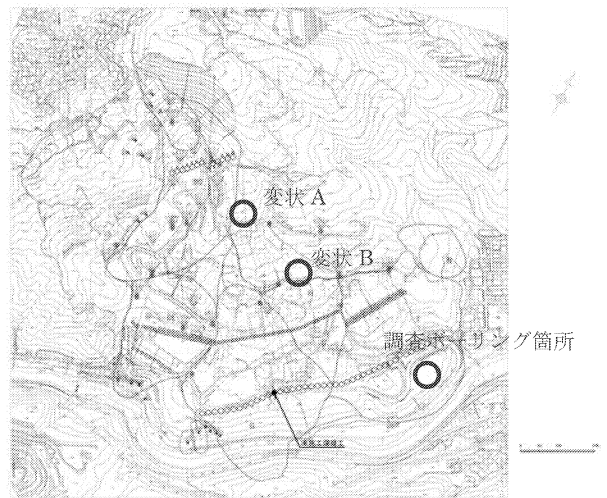


図1 調査位置平面図

2. 変状 A 地区

2.1 地表踏査結果

変状 A は幅約 30m、長さ約 30m、深さ約 4m の地すべりである。頭部に明瞭な円弧状の滑落崖（段差約 15cm）を有し、末端部切土法面に施工されている簡易吹付法砕工には亀裂や押出しといった変状が顕著に生じている。

2.2 防止工法検討結果

地表踏査結果および既設調査ボーリング結果を用い、適格に地すべり変動範囲の特定を行い、地すべり安定解析を実施した。その結果、初期安全率 $Fs_0=1.00$ から計画安全率 $F_{sp}=1.20$ を満足する対策工法として、安定性および施工性に優れ、経済性に勝る最適な防止工法を選定した。

- ・第1案：鋼管杭工+横ボーリング工・・・◎（採用）
- ・第2案：アンカー工+横ボーリング工・・・○
- ・第3案：押え盛土工+横ボーリング工・・・△

2.3 防止工法詳細設計結果

最適と判断された鋼管杭工+横ボーリング工に対して、詳細設計を実施した。鋼管杭工の規格は、打設間隔、杭径、肉厚といった設計条件で経済比較を実施した結果、SKK490 材同等品、 $\phi 318.5$ 、 $t=10.3$ 、@2.0m を採用した。

横ボーリング工は、すべり面を 5m 以上貫入する計画とし、仮設道路配置を考慮して配置計画を実施した。

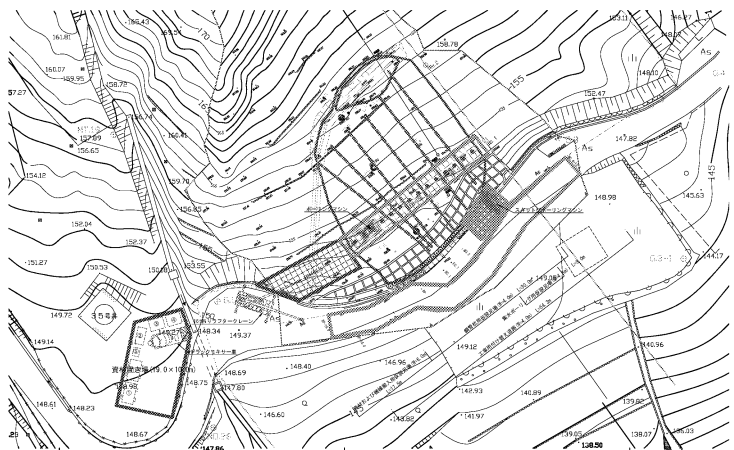


図2 変状 A 対策工計画平面図

3. 変状 B 地区

3.1 地表踏査結果

変状 B は亀の瀬地すべり地内の管理用道路山側の切土法面で発生した斜面変状である。切土法面（勾配 1 : 1.0、法高 1.5m～3m 程度）の延長約 25m にわたり、表層崩壊およびはらみ出しが確認された。地表踏査及び調査ボーリングの結果、切土法面の背後に幅約 75m、長さ約 50m、深さ約 7m の地すべりブロックが確認された。

3.2 防止工法検討結果

地表踏査結果および調査ボーリング結果より、判明した地すべりブロックに対して安定度の評価を実施した。その結果、変状 B 地区の地すべりブロックは亀裂、段差等の顕著な地表面変状が確認されない事、地質状況も比較的風化の程度が弱く地すべりの活動履歴が少ないと判断される事、パイプ歪計による地すべり変動観測によって、変動が観測されなかった事などから、確認された地すべりブロックは現在安定しているものと判断され、これによって、当面地すべり対策は必要ないものと判断した。

したがって、切土法面に発生した斜面変状は地すべりに起因するものではなく、法高の最も高い区間（約 3m 程度）で斜面変状が発生していることから、現在の切土勾配（1 : 1.0）が安定勾配でないために発生したものであると判断した。そこで、切土法面崩壊に対して安定性、施工性および経済性に優れた最適な防止工法の選定及び詳細設計を実施した。

- ・第 1 案：重力式擁壁工 ○
- ・第 2 案：大型かご枠工 ◎（採用）
- ・第 3 案：法枠工＋ロックボルト工 △

3.3 防止工法詳細設計結果

最適と判断された大型かご枠工に対して詳細設計を実施した。大型かご枠工施工時に一時的に地すべり末端部の掘削が発生するが、その際の背後に控える地すべりブロックの安定性の評価を実施した。その結果、施工時における安全率の低下（2% 低下）が許容範囲内であることを確認することができ、施工時の安全性が数値的に証明された。

大型かご枠工は、土圧および斜面崩壊に対する安定性の評価を実施し、高さ 3m の計画とした。

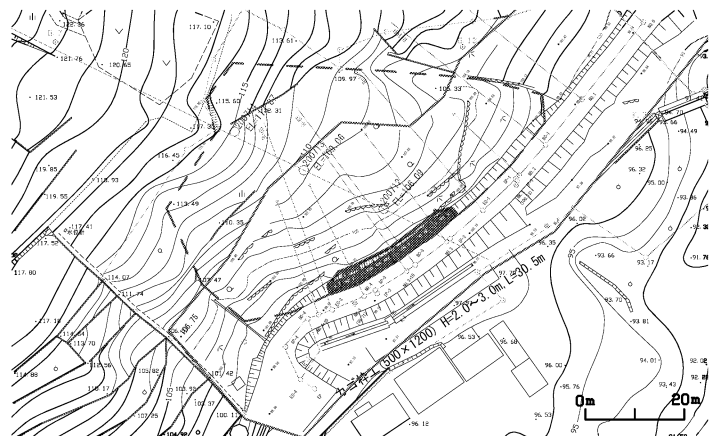


図 3 変状 B 対策工計画平面図

4. 稲葉山地区調査ボーリング

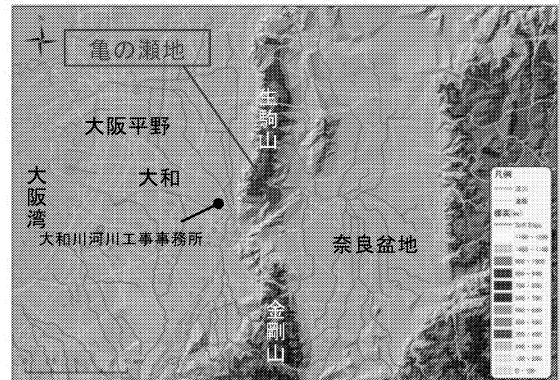
稲葉山地区で観測している孔内傾斜計（既往孔）により、累積性の変動が観測されている。その観測深度は、現在想定されているすべり面よりも深い位置で観測されている。ただし、この変動を観測している観測孔数が少ないため、今回追加の調査ボーリングを実施し、孔内傾斜計を設置することを目的とした。今後これらの観測孔で観測を継続することによって、変動の実態を把握することが可能である。

亀の瀬地すべり概成移管に伴う管理手法検討業務

近畿地方整備局 大和川河川事務所

1. はじめに

亀の瀬直轄地すべり対策事業は平成 21 年度までに主な対策工事が完了し、完了判定期間を経て地すべり防止区域の管理は大阪府へと移管されることとなる（直轄工事の概成）。亀の瀬地すべりは奈良盆地出口の大和川狭窄部に位置し、その上下流域は高度に都市化が進んでいる治水上の要衝となっていることから、直轄地すべり対策工事の完了後も地すべりの安定を確保し続けることは地域の安全・安心確保上の至上命題である（図－1）。



図－1 亀の瀬地すべりの位置・概況

本業務は亀の瀬地すべり地の長期的な安定を確保するための地すべり管理手法検討を検討し概成後の大阪府への管理移管資料としてとりまとめることと、地すべり管理と斜面利活用双方に資する地すべり防止区域内斜面の整備計画を検討することを目的として実施するものである。

平成 19 年度は概成後の管理移管対象施設として、観測機器について具体的な選定を行なうとともに、地すべり防止施設については管理優先度を設定することによる管理の効率化について提案を行なった。また、地すべり防止施設の機能維持や斜面の監視等の地すべり管理マニュアル（素案）の検討・作成を行なった。地すべり地整備計画については主に地すべり管理及び利活用を行うに当たっての拠点となる施設について、規模、機能、及び施設管理方針について検討を行った。

2. 地すべり管理手法の検討

2. 1 移管する管理施設の抽出・整理

○ 観測機器の移管対象選定

亀の瀬地すべり防止区域内に多数設置されている地すべり観測機器について、概成後の維持管理段階において求められる観測の必要性（目的）、機能を整理し、さらに観測対象となるブロックの重要度等を考慮して管理移管対象とすべき機器を選定した。検討に当たっては大阪府の現行地すべり管理状況についてヒアリング、現地調査を行い、さらに国と大阪府の担当者レベルでのワーキングを開催して機器を選定した。

検討結果は「亀の瀬地すべり管理検討委員会」の検討課題とし、学識者、行政関係者からの意見、助言を踏まえたとりまとめを行なった。

○ 地すべり防止施設の移管管理

直轄地すべり対策事業期間中に施工された地すべり防止施設は膨大な数量に上り、特に地下水排除

表－1 観測機器選定一覧

観測機器	単位	現状	管理移管
水位計	基	70	21
間隙水圧計	基	7	0
流量計	基	12	7
深礎内計器	基	3	2
地盤伸縮計	基	248	33
地盤傾斜計	基	16	0
GPS	基	12	9
光波測距儀	基	1	0
孔内傾斜計	孔	31	11
深礎内傾斜計	孔	5	5
パイプひずみ計	孔	1	0
多層移動量計	孔	7	0
雨量計	基	3	1
河川流量計	基	1	1
地震計	基	1	1
計	—	418	91

工施設は経年的な維持管理（洗浄、補修更新）が必須となることから中長期的な地すべり管理を行う中で大きな経済的負担となることが想定される。そこで地下水排除工施設を対象として、現状の施設機能や設計・施工経緯等を踏まえて施設管理の優先度を設定し、実質的な管理を効率化する方針を検討・提案した。本検討結果についても、「亀の瀬地すべり管理検討委員会」において検討課題とし、方針について了承を得た。

2. 2 地すべり管理マニュアル（案）の作成

地すべり対策工事が施工された地すべり地において、地すべりの再活動を防止するためには、①地すべり防止施設の機能維持、②地すべり地内における不用意な地形、地下水条件改変（開発行為）の防止、③万一の活動兆候の早期把握といった事項への対応を徹底することが必要である。

○ 地すべり防止施設機能管理（①への対応）

地すべり防止施設の機能維持を健全な状態に保つためには、施設機能の把握とその結果に基づく補修・更新工事を実施していくことが必要である。そこで、施設機能（低下兆候有無）を確実に把握するための点検様式と、点検結果に基づく補修判断基準を検討・作成した。また、点検作業から施設補修（工事）を円滑に行なうために必要な作業内容を定めた「地すべり管理マニュアル（施設機能点検マニュアル）」（素案）を作成した。

○ 地すべり防止区域内斜面の巡視点検（②、③への対応）

広大な地すべり防止区域内斜面において地すべりの不安定化兆候の早期把握および地すべりの不安定化につながるような開発行為を監視するために必要な斜面巡視点検を効率的に行なうために、重点的に点検を行うべき箇所、区域等のあり方や点検作業時に用いる様式等の検討を行った。

○ 地すべり観測機器の点検様式（①、③への対応）

地すべり防止施設の機能を把握、評価するためには、正確な地すべり・地下水位観測データを継続的に得ることも必要となる。本年度は観測データの精度確保に不可欠な観測機器の健全性を確認するための点検項目と、点検作業時に用いる様式を作成した。

3. 地すべり地整備計画の検討

直轄工事概成後の斜面巡視点検や観測機器の管理等を行う上での拠点となると共に、平時は亀の瀬地すべり対策工事が地域・流域の安全・安心確保に果たす意義や地すべり管理の必要性を伝承する場として活用できる施設（集中管理施設）について、規模、機能、配置計画及び管理計画（建設、管理作業、経費分担）について具体的な計画を作成した。

検討に当たっては地すべりの位置する柏原市と大阪府、国の各担当者による「地すべり地整備計画検討ワーキング」において事務レベルでの検討を進め、各機関の代表者より構成される「連絡調整会議」において確認、了解を得た。

4. おわりに

直轄地すべり対策事業概成後の超長期的な地すべりの安定性確保を確実にかつ効率的に行なうために、各管理事項の管理マニュアル整備を進めるとともに、関連する調査・解析結果等を含む各作業結果をデータベース化し、作業のシステム化を進めることが必要である。また、各項目を総括した「管理要領」を定め、管理システムと合わせて概成時の引継ぎ資料として整備する。

雲川法面对策無人化施工検討業務

近畿地方整備局 福井河川国道事務所

1. はじめに

荒廃した溪流や災害地などで二次災害が懸念される工事では、作業員の安全を確保するため作業現場の無人化施工が数多く実施されている。雲川法面においても落石の危険性が高く、急斜面であることから無人化施工が要求されている。

当該法面については過去数年間にわたり無人化施工検討を行っており、無人化地形計測の実施および無人化施工計画を立案している。また、無人化による地質調査についても検討しており今後、実施する予定である。

本業務では過去の既往検討業務における無人化施工の課題とその対策について報告するものである。

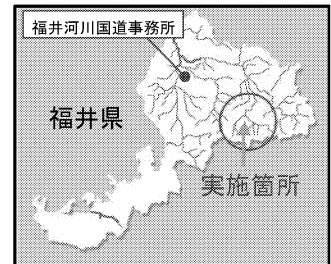


図 1. 位置図

2. 崩壊斜面の概要

雲川法面は平成 13 年に大規模崩壊が発生し、平成 14 年度に対策工として無人化施工により斜面末端に鋼製カゴ枠が設置された。しかし、平成 16 年の福井豪雨により対策工の大半が流失し下部斜面が再崩壊した。現在は、平成 17 年度に無人化施工により新たに施工されたコンクリートブロック護岸が設置されている。

崩壊斜面は斜面高 200m、幅 100m の急崖斜面であり、斜面上部 100m の基盤岩は割れ目が発達し風化が進み、下部 100m は崩土が厚く堆積し、巨石・転石も確認できる。

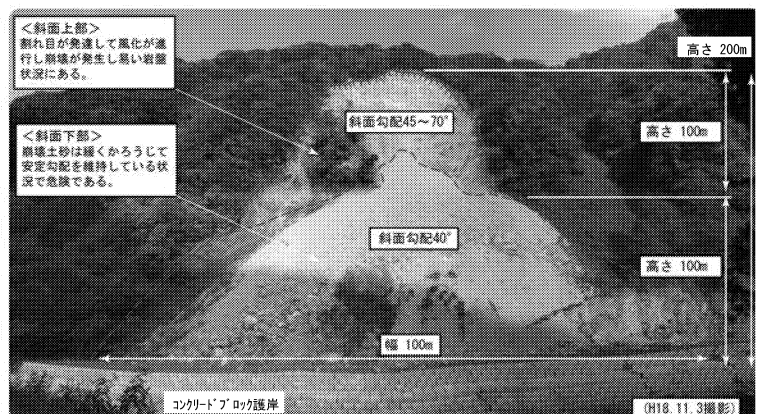


図 2. 雲川法面の現況

3. 法面安定対策工

崩壊斜面は大きく分けて上部地山露出部と下部堆積土砂部に分けられるが、無人化地形計測および地表地質調査結果に基づき、各斜面に対する対策工法として既往検討業務では次の工法が提案されている。

- ① 上部地山露出部：掘削・整形＋吹付モルタル
- ② 下部堆積土砂部：法面整形＋植生吹付

施工方法の基本的考え方としては、法面最上部にアンカーを設置して吊下げ式の斜面掘削機により法面掘削・

整形を行うものとした。吹付方法についても吊下げ式の無人化吹付機械により行うことを基本とし、

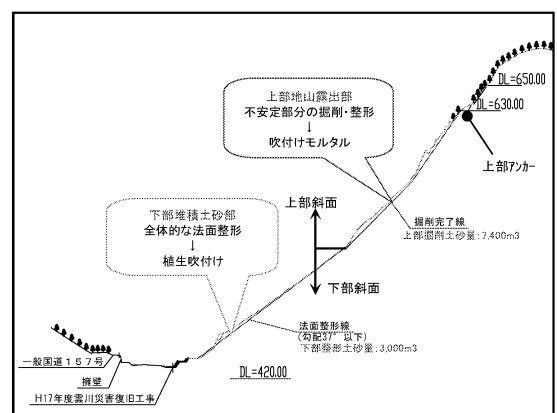


図 3. 対策工断面図

吹付資材の運搬や無人化吹付機械の支援としてケーブルクレーンを設置する必要がある。また、無人化施工領域の無人化施工管理手法の検討も必要となる。

4. 無人化施工の課題と対策

雲川法面は長大かつ急崖法面であり、無人化施工を行ううえでの問題点としては斜面施工機械が多用されることである。危険度の高い平坦地で使用される無人化機械は掘削・土砂移動機械からブロック設置やコンクリート打設といった構造物構築まで至っているが、比較的安全な斜面基礎掘削後の斜面施工機械の開発が遅れているのが現状である。

雲川法面对策工の無人化施工において必要となる施工機械は①斜面掘削機械②斜面吹付機械③土砂積込・運搬機械④無人化施工管理システムに大別される。これらについて「新技術情報提供システム(NETIS)」などを利用して機械の選定・整理を行った。

① 斜面掘削機械は上部吊下げ用アンカーより

掘削機を吊下げ施工を行うもので、実績のある機械であり「ロッククライミングマシン」として NETIS にも登録されている。バケット容量は最大 0.28m³、ブレーカーは最大 800kg 級まで搭載可能である。また、独自の吊下げワイヤー設置により上下左右自由に移動可能な掘削機も開発されている。



図 4. 吊下げ式掘削機

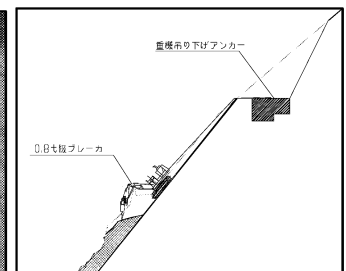


図 5. 掘削概念図

② 吹付機械の無人化施工事例はあるものの平坦地での事例であり、雲川法面に適用する場合、斜面走行を可能とするため、斜面掘削機をベースマシンとして本体を吊下げ式に改造する必要がある(右図は改造案)。また、モルタル吹付工においては一般的にラス張工を施工するが、ラス張作業は緻密な作業のため無人化施工は不可能である。このため、モルタルに繊維補強材を混入したラス張不要吹付工法を採用する必要がある。植生吹付工においても同様に、ラス張不要工法を検討した。

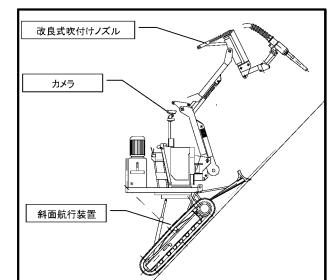


図 6. 吊下げ式吹付機

- ③ 土砂積込・運搬機械は斜面掘削ずり搬出用に使用するものであり、過去 10 年以上前からの実績があり、無人バックホウ、無人クローラードンプが適用できる。当該法面においても過去 2 回の災害復旧工事での使用実績がある。
- ④ 施工管理システムにはステレオカメラを利用した三次元計測システムの採用を検討したが、技術開発に伴う解析速度の向上、解析抽出点頻度の選択などの改善により高精度でリアルタイムな情報提供が可能となってきた。

5. おわりに

現時点までの検討の結果では、経済性および工期などを考慮して上部地山露出部の基礎掘削・整形のみを無人化で施工する予定であるが、今後は無人化地質調査を実施し、上部斜面におけるアンカーの必要性などの詳細な対策工を決定するとともに、無足場削孔機など新たな無人化施工法の適用も視野に入れて無人化施工を実施する必要がある。

平成19年度砂防管内流送土砂調査業務

近畿地方整備局 木津川上流河川事務所

1. はじめに

本業務は、砂防基本計画の策定にあたり、土砂の生産量に関する調査を行いこれらの関係性を明らかにし、中・長期を含めた土砂移動現象を把握し、現行の砂防基本計画への反映について検討を行うために、**流砂量観測を実施し、流量・SS・粒度分布を調査し、流量と流砂量の相関関係の確立をはかり、観測所間の相関の確立検討を行った。**



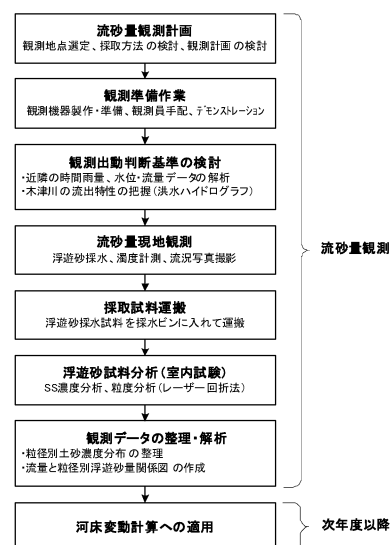
2. 概要

対象区間は、流域全体の土砂移動特性を把握する目的で、3河川（名張川、青蓮寺川、宇陀川）のダム上流とダム下流での浮遊砂観測を実施した。

2. 1 流砂量観測

砂防領域では、一般的には浮遊砂よりも掃流砂が卓越するため、土砂動態を把握するためには掃流砂観測を行う必要がある。しかし、掃流砂観測は重機やクレーンを使用するため観測地点や安全面で制約が多く、また河床の状況（河床面がフラットでないと採取できない）によって、成果が得られない場合がある。

本業務では、当該流域の河床の状況等を踏まえると掃流砂観測が困難であること、また河道の状況から平時の出水では浮遊砂が卓越することから、自吸式ポンプとバケツ採水を用いた浮遊砂観測を実施する。



3. 流砂量観測結果

3. 1 観測方法

流砂量観測については、観測対象となる出水が当初予定回数（3回）に達しなかったが、例年の気象状況よりこれ以降の台風の出水が発生する可能性は低いと考えられるため、平成19年11月13日をもって観測を中止することとなった。

調査内容は次の通りである。

○流量：各流土濃度 $Q_s(m^3/s)$ との相関特性を得るため、洪水採取路の流量 Q の測定または直近観測所値の整理。

○SS浮遊砂土砂濃度流砂 (mg/l) ：採取したサンプルについてSS分析を行い、 Q_s を算定するものとする。

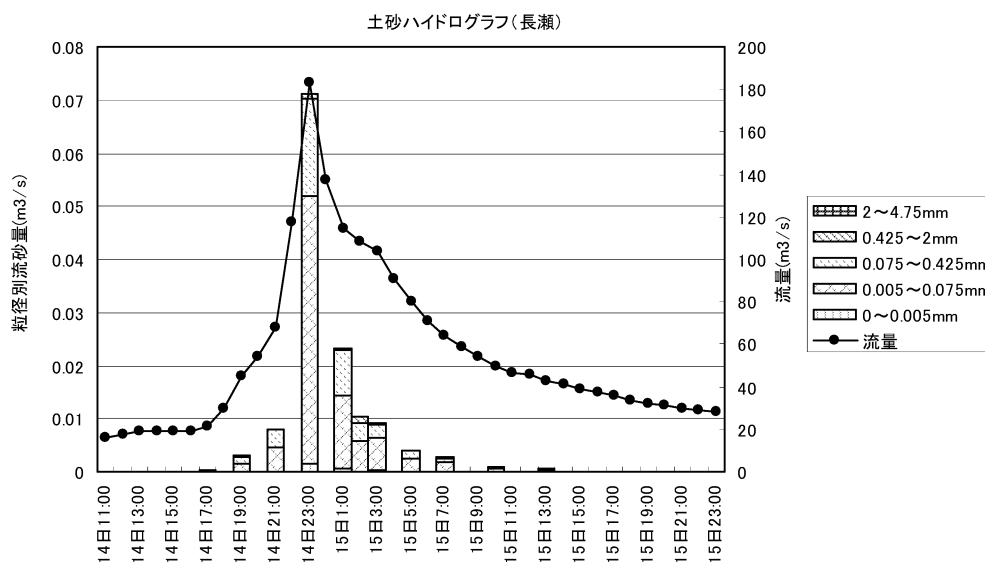
○粒度：主要サンプルについて浮遊砂粒度分析（レーザー回折）を実施、洪水の粒度成分を把握する。

3. 2 観測結果

＜長瀬地点について＞

長瀬地点では、流水に占める土砂の概ね60%程度が0.075mm以下のウォッシュロード成分であり、ピーク流量(7/14 23:00)後に0.425mm以上の細砂および0.005mm以下の微細土砂が多く含まれることを確認した。また、ピーク流量時のみ、土砂濃度は急激に増加しているが、その70%以上が0.075mm以下の粒径であり、425mm以下の粒径であり、425mm以上の細砂の流出はほとんどない結果となった。

ピーク流量後に微細土砂が多く含まれた理由としては、ピーク流量時に水位が上昇したことによって、通常は流水のない中州や両溪岸の土砂が流出したためと考える。また、ピーク流量時に急激に増加した土砂の70%以上が0.075mm以下の粒径であったことについては、この時間の観測結果はバケツ採水による表面水の結果であり、他の時間の採水方法（自吸式ポンプ）採水地点と異なることが原因であり、実際には径の大きな土砂も含まれている可能性があるかと推察される。



4. おわりに

今年度は、観測が1回しか実施できなかったが、洪水の立ち上がりから減水期まで一連でデータを取得することができたことから観測所間の相関関係の確立とまでは至らなかった。今後、洪水時の土砂時の土砂流出は洪水波形によって変化するため土砂流出（移動）特性を把握するためには、幅広い流量で浮遊砂観測を実施し、異なる洪水パターンのデータを蓄積する必要がある。