

九州技術事務所が取り組む 新技術活用普及に向けての施策 新技術活用支援

No. 147

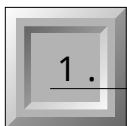
国土交通省九州地方整備局九州技術事務所建設専門官

九州技術事務所長

九州技術事務所副所長（土木）

九州技術事務所副所長（機械）

まつもと	かずのぶ
松本	和信
ふじもと	あきら
藤本	昭
のがみ	ゆきよし
野上	幸義
たのうえ	ゆきお
田上	幸雄



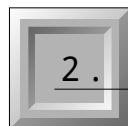
1. はじめに

社会資本の整備にあたり、建設コストの縮減，安全・安心の確保，環境保全対策等が求められている。これらの課題対策の一つに民間等で開発された新技術を公共事業において積極的に活用していくことが考えられる。

しかし，ここ数年の九州地方整備局管内の新技術活用状況は，図 1 に示すとおり横這いの状況であり，その主な要因として，歩掛が整備されていないため工事積算に時間を要したり，新技術の選定が容易でないことが挙げられる。

このため，九州地方整備局九州技術事務所では，各事務所等が新技術を容易に取り組めるよう

に，平成14年度から独自の施策として，各事務所等の負荷を軽減する新技術活用支援に取り組んでいる。さらに発注時の実施計画書の受付や活用調査報告の支援等を実施し，活用把握と新技術実施後評価の作成整理も行っている。



2. 新技術の活用支援策

(1) 技術活用支援

各事業の発注機関である九州地方整備局管内の事務所等からの新技術活用に関する依頼を受け，新技術情報提供システム（NETIS）登録技術からの抽出，従来技術との比較，現場適合性等を勘案し，具体的な新技術（工法等）を抽出する。抽

図 1 年度別新技術活用状況

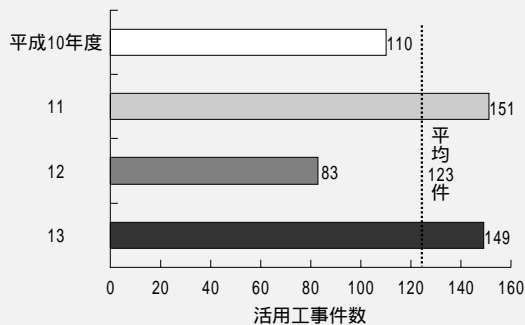
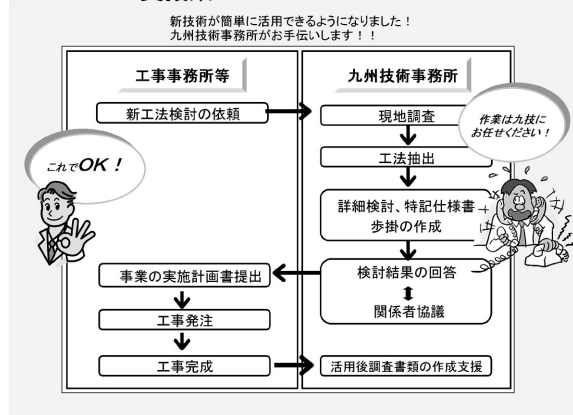


図 2 九州技術事務所が取り組む新技術活用支援策



出した技術の施工見積を行い、工事発注積算に反映できる歩掛を作成整備し、各事務所へ回答する。特に、新技術の活用に求められるアコスト縮減イ環境対策（自然環境・生活環境）ウ工期短縮エ施工性の向上等の現場要求や社会ニーズを踏まえて、新技術の活用・普及の支援を行っている。

① 技術支援状況

今年4月に各事務所で支援内容を個別説明し、具体的に支援を始めたのは5月になってからである。7カ月を経過した11月下旬時点の支援状況は、図 3 および図 4 に示すとおり個別相談件数が317件、技術支援件数は195件となっている。

② 支援分類

11月下旬時点の支援内容を NETIS 工種別に分類すると図 5 のとおりである。工事発注段階で設計計画の見直しが生じない工種での技術採用あるいは、現場施工段階で従来技術で対応に苦慮し、新技術の活用を求める工種の技術が多いことが見受けられる。具体的には、法面工（27件）、道路維持修繕工（19件）、基礎工（18件）の工種

図 3 新技術活用支援状況

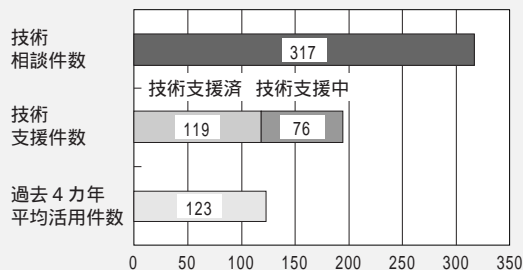


図 4 新技術活用支援依頼状況

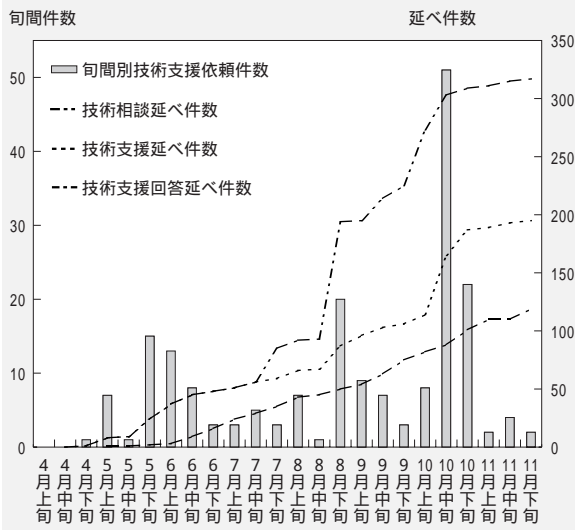


図 5 新技術活用支援依頼工種別状況 (11月下旬時点)

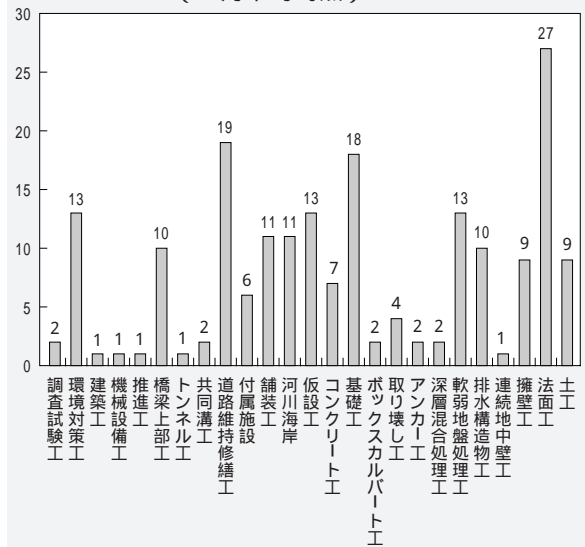
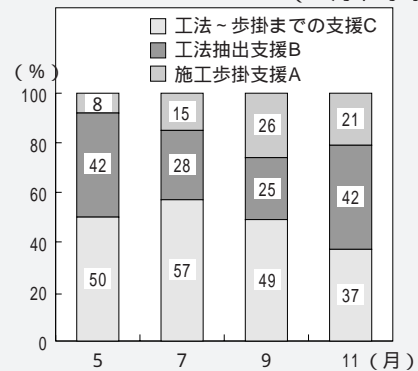


図 6 新技術支援依頼の形態別比率(%)経験 (11月下旬時点)



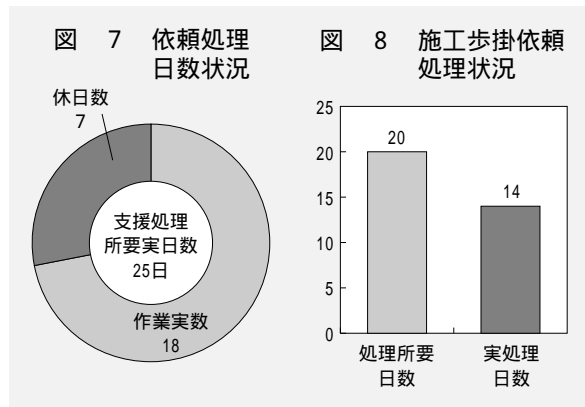
順に多い状況となっている。

また、支援依頼を①施工歩掛支援②工法抽出③工法抽出から施工歩掛支援の3ケースの形態別に分類し、各月末時点で整理すると図 6 のようになる。支援の当初時は、ケース①の工事発注積算への支援が過半数を占めていた。11月下旬時点では、ケース②の依頼が多くなり支援累加でもケース①を超えている状況にある。これは、新技術の積極的導入に向けた技術の抽出や次年度への活用選定、工事契約後新技術の取り組みが増加したものである。

③ 依頼処理日数

新技術を現場に活用できる要素の一つとして、迅速に積算あるいは工法の妥当性を見出す必要があるため、各事務所等からの依頼を受けて回答する業務処理日数を2週間以内に設定した。

しかし、各事務所に回答した検討済の119件の



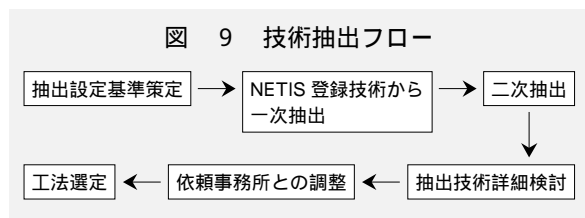
平均処理日数は25日を要し、休日等を差し引いた実作業日数も18日で設定日数を超えている。なお、施工歩掛支援に関しては、おおむね設定日数以内に回答できている状況にある。

今後は、技術支援内容の精度は保持しつつ、見積条件の明文化を行い、施工条件の同一性からの算定が行えるよう改善を図り、また、工事体系化に即した工種ごとのNETIS登録技術を整理し、工法の抽出が容易にできる技術資料の整備を図る必要がある。

④ 技術の抽出

まず、各事務所等から送付されてきた設計図書や地質調査等の技術資料を基にNETIS登録技術からの一次抽出を行う。抽出技術は、登録工種、キーワード等から検索し、現場条件や登録技術の適用範囲等から二次抽出へと絞り込み、経済性や施工性等を勘案し、最適工法を抽出する。

最終的な技術の抽出にあたっては、事務所等と調整・協議して選定している。

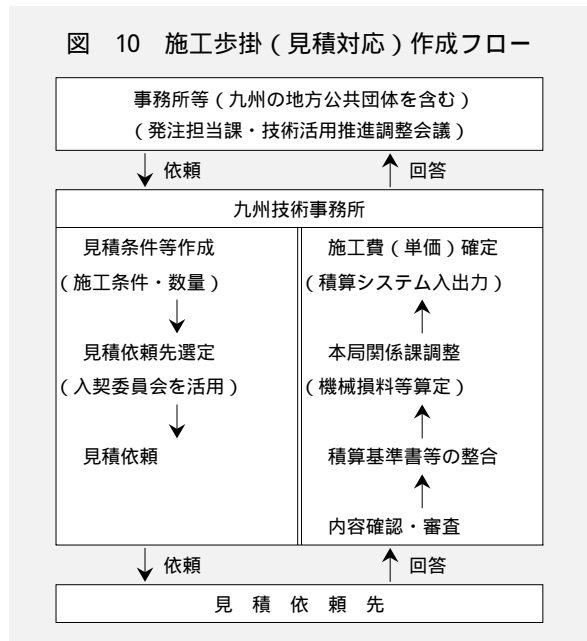


新技術へのニーズ（キーワード）

コスト縮減 環境（自然・環境）対策
品質 工期短縮 安全・安心

⑤ 施工歩掛作成（見積対応）

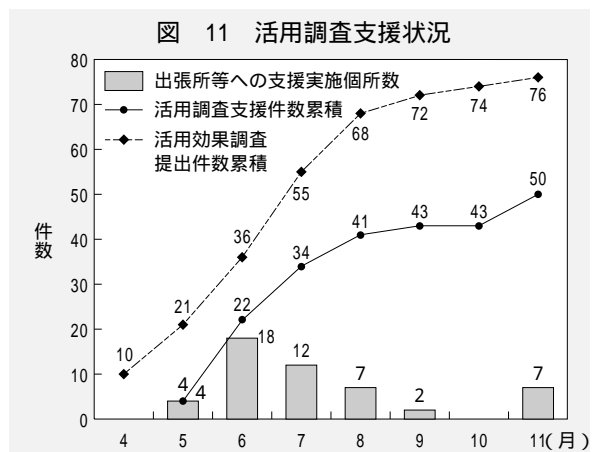
新技術は、標準歩掛が作定されていないものがほとんどであり、NETIS登録会社や施工可能業者に見積を行い、九州地方整備局の積算基準等と



の整合を図りながら、歩掛を作成し、施工地域単価等を算入して各事務所等へ回答している。各事務所等は、その結果内容を確認した後、工事設計書を作成することになる。この結果、見積依頼や工事積算に要する実務作業が省略でき積算の事務効率化が図られ、新技術活用が普及しなかった一要因の解消につながる。見積対応では見積依頼条件や選定業者選定の適正さを確保する観点から九州技術事務所内の入契委員会を活用して、見積依頼内容を審議し決定している。

(2) 活用調査支援（活用のフォローアップ）

各現場で実施された新技術を技術的見地からその妥当性等を評価し、今後の事業展開へと反映させる必要がある。しかし、この活用調査報告の回収率が低い状況にありその要因として、年度末に工事が完了する 경우가多く、業務多忙期間と重複

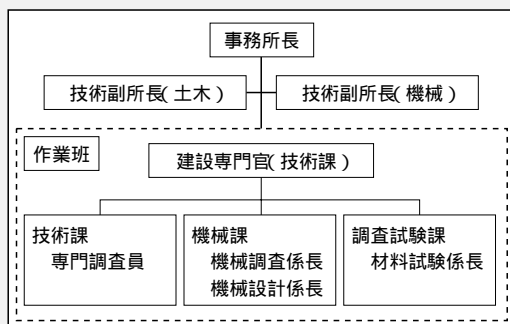


し、活用調査報告が十分になされない事例が見受けられる。このため、主任監督員や発注担当課と連携して、施工管理調査や歩掛調査等の活用調査作成支援を実施し、現場実務作業の軽減と活用調査報告の確実な回収に努め、有用な新技術の活用普及に反映させていく。

(3) 新技術活用支援体制

一方、前述の技術活用支援に取り組むための九州技術事務所の業務体制は、図 12に示すとおりである。

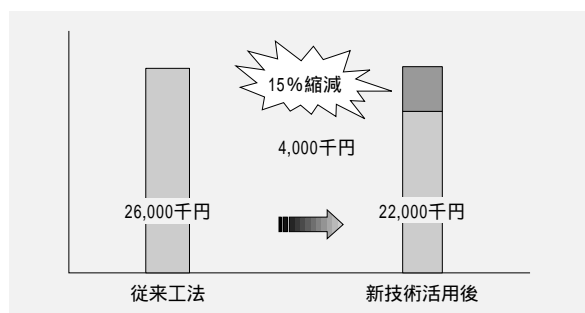
図 12 新技術活用支援プロジェクトチーム
(九州技術事務所内)



(4) 新技術活用の効果

技術支援で回答済みの中から、コスト縮減が図られた一事例を紹介する。

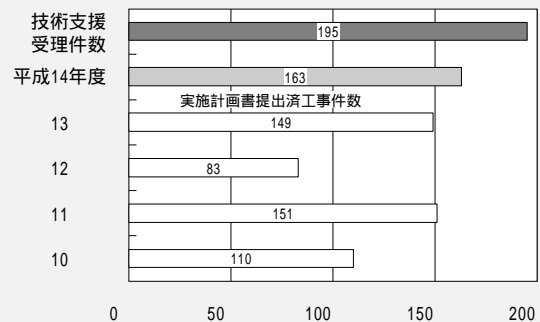
事例 1 橋梁下部工工事の仮設工(土留親杭打設)
H型鋼(300×300)平均杭長7.4m×46本



(5) 九州地方整備局管内の新技術活用状況

前述のような新技術活用の取り組み施策を踏まえた活用状況を図 13に示す。平成14年度の新技術活用工事(実施計画書提出済工事)件数は、11月下旬時点で163件となっている。NETISの運用が開始された平成10年度以降の年度活用工事件数の83~151件と比較しても、その活用状況が顕著に増加している。これは、新技術活用に求められ

図 13 九州地方整備局管内の新技術活用状況
(平成14年度分は11月25日時点)



るニーズを踏まえ、本局・各事務所の活用普及に向けた成果が現れているものと思われる。また、九州技術事務所の支援受理総件数も195件となっており、新技術の活用拡大へ大きく寄与しているものと思われる。工事発注の平準化等により今後も計画的な工事発注がなされることから各事務所等との連携を強化し、技術の活用相談を積極的に行うことにしている。

3. あとがき

平成10年度にNETIS運用が開始され、新技術の情報提供を行っている。従来の情報提供から一歩踏み込み新技術を「使う」といった活用展開を進め、提供と活用の両面の充実を図っている。有用な技術を積極的に活用することで財政的、社会的制約条件下の中で必要不可欠な社会資本を整備していく責務に応えるものであり、各事業の発注者側のみならず受注者側のメリットにもなる。また、総合評価方式等の多様な契約方式の技術評価時に技術活用のノウハウが生かされ、良質な社会資本が整備できるように支援策の充実を図る必要がある。

本支援策の実施にあたっては、本局企画部を中心に関係各部や各事務所等の全面的協力をいただいている。最後にこのことを記して、関係各位への謝辞とする。

九州技術事務所インターネットホームページ
<http://www.qsr.mlit.go.jp/kyugi>

災害復旧用測量システムの開発 IT技術の災害現場での活用

No. 148

国土交通省九州地方整備局九州技術事務所機械課
機械設計係長

いまばやし みよ
今林 美代

九州技術事務所長
ふじもと あきら
藤本 昭

九州技術事務所機械課長
かわさき ひでみ
河崎 英己

1. システムの目的

九州地区は、年平均約70件（全国の50%）の土砂災害が発生し、土砂災害に対する迅速な災害復旧が求められている。大規模な災害が発生した場合には、被害の拡大防止、二次災害防止対策および被災地の復旧などを迅速かつ適切に実施することが、被害の拡大や社会不安の増大を防ぐ上で極めて重要である。「災害復旧用測量システム」は現在実用化の進められているリモートセンシング技術、GIS、IT（情報通信技術）、コンピュータによる画像解析技術等を積極的に活用し、災害復旧の迅速化・効率化、精度および施工の安全性

向上を図り、復旧作業のサポートを行うものである。

2. システムの概要

土砂災害に適したシステムの構築を行うため、土砂災害等の発生から復旧計画に至るまでの流れをまとめ、各段階での復旧作業に必要な情報を整理し、現場で求められている情報を明確にした。

その結果、土砂災害の規模や発生状況によるが、現在最も処理時間の短縮、あるいは精度の向上を求められているものは現地被災図の作成・被災量の把握である。また被害把握のための現地調査や復旧工事開始の重要な判断材料となる二次災

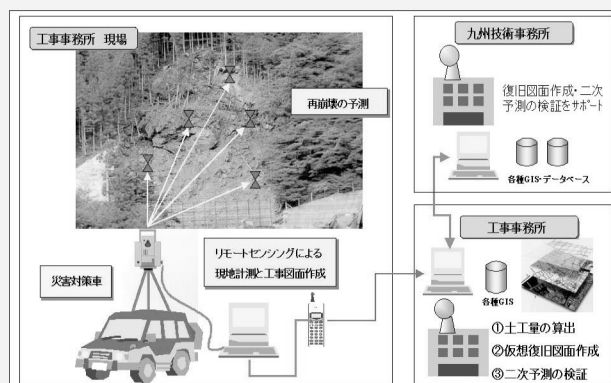
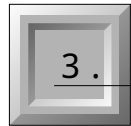


図 1 システムの開発イメージ

害の予測も必要であると考えられる。これらの結果より復旧作業のサポートに有効な次の項目についてシステム化を行った。

- ① リモートセンシング等による測定機器
- ② 被災量の測定
- ③ 被災後の図面作成
- ④ 工法選定の提案
- ⑤ 二次災害の状況判断材料の提供



3. システムの開発

(1) システムの開発方針

システムは、下記の事項を考慮し開発を行った。

- 1) 技術が著しく進歩している状況で、当システムが陳腐化しないよう、常に最適なシステムとして維持できるように配慮する。
- 2) 整備途中や想定外の事態でも全機能がすべて停止することがないように、またデータがすべて揃わないと結果が全く得られないことがないように配慮する。
- 3) 既存のヘリコプターによる情報収集体制や衛星通信、各種GISなど、現在整備の進められているものについては積極的に利用する。
- 4) 災害時に限定するものでなく平常時でも活用可能な汎用性のあるシステムを展開する。

(2) リモートセンシング技術による位置・地形情報の取得方法の検討

コンピュータを用いて被災量の算定や図面作成を行うためには、被災前の地形と被災後の地形を、三次元のデジタル情報で取得する必要がある。また、災害直後の現場は、崩壊の拡大や落石等により安全性の確保が困難で現地立ち入りか

きない場合がほとんどである。そこで現地立ち入りを要しない三次元地形計測方法として、レーザーによる直接計測、画像相関による間接的な計測手法がある。

これらの計測方法について被災現場の規模別に最適な計測方法の組み合わせを検討した。

表 1 中の①②③は、持ち運び可能な可搬型の計測機器であり、災害対策車に搭載し現場への搬入が可能である。しかし、災害復旧等での計測実績はないため、被災量算出・図面作成までの精度が得ることが可能か、既存の崩壊地をモデルに、実証試験を行い災害復旧への適応性を評価した。

(3) 被災量の測定および図面作成方法の検討

被災量の算出には、災害前の地形情報と災害後の地形情報を比較する必要がある。あらかじめ被災前の地図は、GISに取り込まれていることから被災地のリモートセンシング技術で取得した地形情報と三次元的に比較し、被災量を算出する。

現在市販されているGISの機能では地形ボリュームの比較のみであるため、土工計算のできるCADへの互換連携ソフトの開発を行い、同一のテーブルで図化から工事数量の算出まで一貫した作業を可能とした。

(4) 被災量測定・図化現地実証試験と結果

情報収集機器の選定と被災量の算出・図面作成システムの確認を行うため実際の崩壊法面現場を用いて実証試験を行った。

・試験日時：平成13年3月11・15日

・試験場所：管内

・使用機器：

- ① 画像相関による三次元地形測量（デジタルカメラ）

表 1 災害状況別の三次元データ取得方法

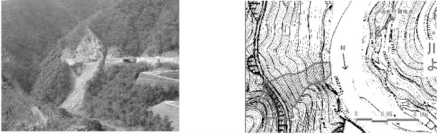



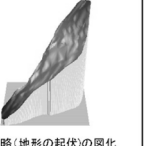
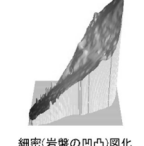
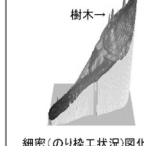
地形情報取得方法		測量可能範囲		想定災害	測定精度
①	地上型レーザープロファイラー	10 ² ~ 10 ⁴ m ²	数 m ~ 350m でデジタル化実現	崩壊・地すべり	
②	ノンミラー型トータルステーション	10 ² ~ 10 ⁴ m ²	数 m ~ 1 km でデジタル化実現	崩壊・地すべり	
③	立体写真（画像処理）	10 ² ~ 10 ⁴ m ²	写真に写る範囲でデジタル化実現	崩壊・地すべり	
④	航空測量（画像相関）	10 ⁴ ~ 10 ⁶ m ²	デジタル化は比較的狭い範囲で実現	災害全般	
⑤	航空搭載レーザープロファイラー	10 ⁴ ~ 10 ⁶ m ²	広範囲でデジタル化実現	災害全般	
⑥	衛星	10 ⁴ ~ 10 ⁶ m ²	将来計画	災害全般	~ x

- ② レーザー光を用いる三次元地形測量（ノンミラーレーザー測距儀，3D レーザースキャナー）

・試験方法：

- 1) 崩壊以前の地図はデジタル化された GIS データを活用する。
- 2) 現地にて①②の機器を使用して測量し，画像処理をその場（出張所）で行う。
- 3) 被災量算出・図面作成システムは現地に搬入できないため画像データを送信したと仮定しデータを持ち帰り処理を行う。その際算出・図化までの処理時間と精度を計測する。

表 2 現地実証試験結果

現地実証試験概要			
現地概要	 <p>時刻午前10-12時の約2時間 気温約10度 面積約0.45ha(長130m×幅40m)</p> <p>川の対岸より計測</p>		
現場計測状況	デジタルカメラ画像相関 距離: 数百m, 7台150万円	ノンミラーレーザー測距儀 測距離: 1km, 機器1,500万円	3Dレーザースキャナー 測距離: 350m, 機器2,000万円
計測した点群および地形図	 <p>撮影40分+処理70分 (現地で図化可能)</p> <p>200点/㎡(約4m四方に1点/㎡)</p>	 <p>計測・処理90分 (現地で図化可能)</p> <p>800点/㎡(約2m四方に1点/㎡)</p>	 <p>計測・処理15分 (点群が多く詳細な図化は持ち帰り)</p> <p>20,000点/㎡(約40cm四方に1点/㎡)</p>
地形図化精度	 <p>概略(地形の起伏)の図化</p>	 <p>細密(岩盤の凹凸)図化</p>	 <p>細密(のり枠工状況)図化可能</p> <p>樹木→</p>
土砂量	-6,890m ³	-3,850m ³	-3,590m ³
誤差	約200m離れた地点から計測 水平方向: 30cm/100m当り (光波測距儀との比較)	約200m離れた地点から計測 水平方向: 4cm/100m当り (光波測距儀との比較)	面的に計測を行うためポイントとしての位置は正確には不明。図面より数10cm/100m程度と思われる
問題点	<ul style="list-style-type: none"> 夜間の計測が不可能 被写体内に既知の座標点が必要 樹木の陰は図化できない 	<ul style="list-style-type: none"> 樹木の陰は図化できない 	<ul style="list-style-type: none"> 被写体内に既知の座標点が必要 樹木の陰は図化できない 情報量が多く、解析処理に高性能なコンピューター必要

崩壊前の地形が1/2,500の地形図程度でしか得られない場合，概略の土量算出においてはどの機器で計測しても大差ないことがわかる。容易性やコストからみると写真画像相関の手法が最も導入しやすいが，ノンミラー測距儀と組み合わせて用いることで機動性や精度が増し，使用範囲が飛躍的に広がる。また被災量の算出や図面作成も計測を行って1日以内に出力可能であるという結果を得られた。

(5) 工法選定方法の提案

従来，経験によるところの大きかった災害復旧工法の選定において，最適な対策工法を評価するシステムを検討した。しかし，地盤応力の解析には土質力学や地質的な解釈が必要であり，専門家による判断を必要とする場合が多い。このため，現場のセンサー情報や現地状況を専門機関等に送信できる機能についても検討を行った。

(6) 二次災害の状況判断材料の提供

二次災害の監視は，土砂災害の発生誘因である降雨の予測と現場の地盤応力状況より危険性を評価する。降雨予測は，高精度な予測技術が確立されているが，災害時の地盤応力状況の把握は最も難しいのが現状である。

① 災害現場での地盤応力の解析方法の検討

従来，斜面の安定性を評価するためにはボーリング調査や土質試験，伸縮計や歪計等による観測など多くの地盤に関する情報を収集する必要があったが，本システムは地表の歪み状況の観測のみで安定評価を行う。このため，GPS やレーザー機器等を用いることにより，ある程度現場内への立ち入りが制限された場合であっても，短期間に二次災害に対する監視体制の構築が可能となる。

これらを検証するため下記項目について検討を行

表 3 リモートセンシングの比較

	写真画像相関	ノンミラーレーザー測距儀	3D スキャナー
作業の容易性			
概略の被災量			
地図の緻密性			
導入性コスト			
判定			

った。

(A) 現行の斜面の安定性評価法と新しい評価手法について

従来の安定解析は極限応力状態の力のつり合いを求め、その状態で地盤の強度と滑動力の検討をすることがほとんどであった。しかし今回提案する計測変位を用いた斜面の安定性評価法^{*1}は、任意期間内の計測値から斜面内の応力状態とすべり層の強度分布を推定できるものである。その結果、斜面の安全率が時系列的に推定可能となり、変状の開始時点特定できない場合や、変状が認められてから計測されている場合でも有効である。

(B) 計測変位を用いた斜面の安定評価法

1) すべり面の設定

斜面上にはいくつかの計測点が配置されて、ある期間の計測結果から各計測点の相対変位ベクトルが得られれば、すべり面頂部の形跡が認められる個所からすべり面を設定することが可能である。

2) 初期応力解析

計測点とすべり面を含む斜面の横断面モデルを作成し、すべり層の厚さを設定してFEMの要素分割を行う。このようなFEMモデルに対し、地山の E (材料の弾性係数)と ν (ポアソン比)を用いた単体重量 γt を外力とする自

重解析を実施し、初期応力を求める。

3) 計測変位の同定解析

地山の材料のせん断強度 τ (一軸圧縮強度 σ_c)とせん断剛性 G (または限界ひずみ γ)には材質や損傷土に依存しない指数関係にあるため、せん断剛性の損傷を表す「異方性損傷パラメータ m ($m = G$ せん断剛性/ E 変形係数)」を用いて最大せん断ひずみを求める。

4) すべり安全率の評価

計測変位データを用いた逆解析によって得られた異方性損傷パラメータの値を利用してせん断強度 τ_c を求め内部摩擦角 ϕ を仮定し、粘着力 C を推定する。

$$C = \frac{1 - \sin\phi}{\cos\phi} \times \tau_c$$

推定したすべり面に対して一般的な極限平衡法を用いて安全率を求める。

② 二次災害監視におけるGPS計測の利用性検証実験と結果

今回の実証試験では、対象斜面の変位に関する観測実績がなく、ある程度長期間の観測が予測されることから、長期間安定した連続観測が可能で、三次元の変化量が観測できるGPSを選定した。実験は、伸縮計や光波測量による精度比較、データ通信による遠隔地からの監視や観測結果の配信を行い、GPSの災害復旧への適応性を調査

図 2 現場の状況と機器の設置状況

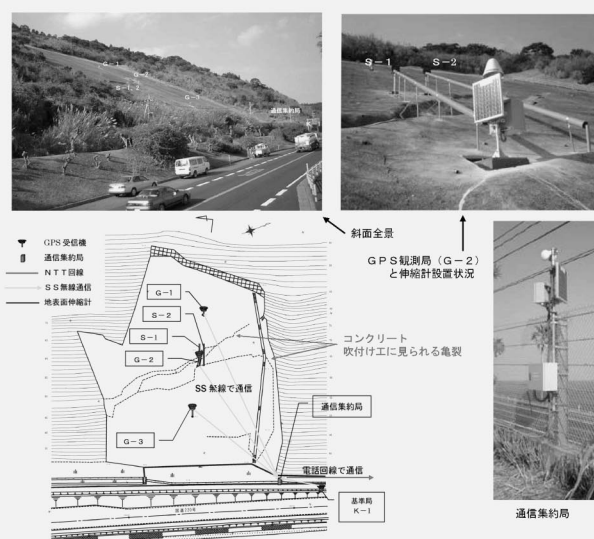




図 3 斜面崩壊における災害支援システム

した。

GPSは、精度等確認のため光波測量と伸縮計を設置し、計測結果の比較検討を行った。その結果、計測値の精度は、水平成分で $\pm 2.5 \sim 3.7\text{mm}$ （公称精度 $\pm 5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$ ）、鉛直成分で $\pm 7.1 \sim 9.7\text{mm}$ （公称精度 $\pm 10\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ ）という高精度な結果を得た。

③ 災害復旧現場への適応性の検討

迅速な災害復旧を行うためには、関係機関へ適切な災害情報を早く伝達することが肝要である。

本システムでは、現場で計測した地形情報を電話回線等のデータ通信により集約し、リアルタイムで地表変位観測、斜面安定性解析を行い、インターネットを用いて解析結果を配信することにより、迅速な災害復旧の実現を図った。

また、解析作業のアウトソーシング化が図れることから、多大な設備投資なしで最新の解析技術が利用できるほか、同時期に多発するような大規模な土砂災害時への対応が可能となる。

4. まとめ

- ① デジタルカメラやノンミラー測距儀の組み合わせと各機器間の入出力データ形式の共通化により、被災量の算出・図面作成が可能となった。また、現場での有効性も確認できた。
- ② 二次災害の監視については、非接触のレーザー機器を用い、地表の歪み状況の観測のみで安

定性の評価が可能である。また計測結果や解析をアウトソーシングでリアルタイムに配信することで斜面安定評価をインターネットで随時事務所にて閲覧可能である。

5. 今後の課題

災害現場での実用性を図るため、実際複数の崩落危険現場で上記のシステムについて、試験的にシステム構築を行い検証を行う必要がある。また今後、自走式GPSを開発することにより災害対策車等への搭載を展開し、フレキシブルな災害復旧支援の調査・検討を引き続き行う。

特に、計測変位を用いた斜面の安定性評価は、最近開発された手法であり解析実績は少なく一般的に公認されたものはない。また、解析の特性上、地すべりや崩壊以外の土石流や落石や崩落といった土砂災害には対応できないので、これらに対する二次災害監視の有効な手法の提案が必要である。

九州技術事務所インターネットホームページ
<http://www.qsr.mlit.go.jp/kyugi>

【参考文献】

- * 1 櫻井春輔, 安達健司, 武石朗: 計測変位を用いた斜面の安定性評価法, 土と基礎, Vol. 49, No. 7, pp. 10-12, 2001