

◆特集：国土交通省国土技術研究会◆

的確な震後対応のための被災イメージ活用と 被災状況の迅速な把握技術の開発

道路局国道・防災課道路防災対策室
国土技術政策総合研究所地震防災研究室
東北地方整備局道路部道路管理課
関東地方整備局道路部道路管理課
北陸地方整備局道路部道路計画課
中部地方整備局企画部防災課
九州地方整備局道路部道路管理課

1. はじめに

大地震における被害を軽減するためには、耐震補強等の防災事業を着実に進めることが重要である。しかし、防災事業の進捗には長い年月を要し、また、想定されるあらゆる事態に万全を期す防災対策を実施することは、現実的には困難である。従って、ある程度の被災を前提としつつ、いかにして円滑な避難活動の実施、救援・救助・支援等緊急活動の効果的な展開を図るかが重要になる。

道路管理者の震後対応としては、いち早く緊急活動を開始するための道路啓開や、道路の通行可否についての情報提供が重要であるが、災害直後の混乱期に情報の空白や錯綜が生じる中で的確かつ迅速な対応を図ることは容易ではない。

そこで、国土交通省国土技術研究会の指定課題として、「的確な震後対応のための被災イメージ活用と被災状況の迅速な把握技術の開発」を設定し、平成17年度から2ヶ年で、被災イメージを持ち、これを活用して、災害に直面した道路管理者が想定外の事態に混乱することなく震後対応を遂行するための方法論と、災害把握の迅速化に資する技術開発を実施したので紹介する。

2. 被災イメージ等を活用した震後対応能力向上のための施策

平成7年に発生した兵庫県南部地震、平成16年に発生した新潟県中越地震等、最近の大規模地震では今まで見られなかった被災や、訓練等で想定していなかった事態により、職員が集まらずに体制が構築できない、渋滞で点検が進まないといっ

た種々の問題が発生している。このような混乱や支障は今後も同様に発生することが予想される。このため、同様の事態を繰り返さないためにいくつかの取り組みを実施した。

2.1 大規模地震対応からの課題等の抽出

国総研では、兵庫県南部地震以降の震度6弱以上を観測した地震について聞き取り調査を実施し、災害対応の実態と課題について整理した。また、九州地方整備局では福岡県西方沖地震を経験して

表-1 地震対応により発生した主な課題・反省点

調査項目	課題
1. 参集・体制	遠方からの参集は参集経路の被災により長時間を要する 庁舎の被災により初動対応全般に遅延が生じる 電話が繋がらないため安否確認に手間と時間を要する
2. 初動対応・状況把握	職員や委託業者の被災等により点検要員が確保できない 参集に時間を要し、巡回の着手に時間がかかった 夜間の施設点検は安全確認が難しく、また通常時より時間を要する 点検ルート上の被災により被災箇所遠の点検が遅延する
3. 通信手段	電話回線の輻輳や不感地帯の存在等により、現地からの連絡が困難な場合があり被災状況の把握に時間を要した
4. 上位機関・他機関との連絡	規定された指示系統によらない指示は現場を混乱させる 電話回線が繋がりにくく、FAXの不達、着信確認もできない場合がある 直轄以外の道路の被災状況がわからない
5. 情報の管理	被災箇所が多くなると地図やホワイトボードが乱雑になり判別しづらい
6. マスコミ対応	マスコミからの問合せに対する作業負担が大きい
7. 事前準備	実際の災害対応に役立つ訓練ができていない 普段から他地整の災害対応状況を知る機会もあったが、他人事という意識があり、教訓が活かしていない

表-2 震災時における早期復旧のための10項目(案)
(新潟県中越地震の教訓)

- ◆ 常に震災への高い意識を持つ
- ◆ 状況に応じた初動体制の編成を組む
- ◆ 指揮系統の1本化
- ◆ 警察と一体となって危険箇所への侵入を防止
- ◆ 通信障害を前提とした情報通信網の整備
- ◆ 自動車の走行不可を想定した巡回体制を編成
- ◆ 目的に沿った早期復旧を目指す
- ◆ 県及び関係市町村、避難者への支援を行う
- ◆ 道の駅の防災拠点化
- ◆ 職員のメンタル面に留意

の課題及び改善点について整理した。さらに、北陸地方整備局では新潟県中越地震の経験から、今後の災害時における対応をより研ぎ澄ますとともに、後世に役立つ知見、それを伝承する方法等について、懇談会や職員アンケートにより課題等を整理し、教訓としてまとめた。表-1は、整理した主な課題等について抜粋したものである。また、新潟県中越地震の教訓として震災時における早期復旧のための10項目(案)を表-2に示す。整理された課題から、地域性はある程度見られるが、どの地震においても似た傾向があり、この課題を共有し改善していくことが重要である。

2.2 被災イメージに基づく震後対応の改善

東北地方整備局では、宮城県沖地震の発生確率が高まっていることから、来るべき大規模地震時において施設管理者が適切な対応を取ることができるよう「道路管理における震後対応能力向上の基本方針に関する検討委員会」を設置し、震後対

応能力を高める方策の検討を実施した。検討委員会では、想定宮城県沖地震を対象とした被害想定及び被害想定に基づく対応シナリオからの課題抽出を行い、震後対応についての課題の整理と解決方策を整理した。

被害想定は、文部科学省の地震調査研究推進本部による連動ケースを震源モデル¹⁾として採用し、距離減衰式と微地形分類による地盤増幅率を組み合わせた簡便な手法により地震動分布を予測した。次に橋梁、盛土の構造特性とその地点での地震動強度及び地盤特性を考慮して、道路施設の被害を推定した。

震後対応上の課題の整理としては、想定した被害が発生した際に、それが交通行動へ及ぼす影響を評価し、6ケースの課題整理を実施した。一例として、東北地方南北軸(国道4号)の広域幹線道路機能及び緊急輸送ルートの機能を発揮するには、図-1に示すような迂回ルートを設定し、地震発生直後のできるだけ早い時期に仙台市内を通過する交通を導くことが重要となる。また、被害は震源位置、季節、時間帯等の不確定要素の影響を受けるため、最近発生した地震の震後対応上の課題の整理を行い、この結果を踏まえて、起こり得る出来事を時系列上で記述した4ケースの震後対応シナリオを作成し、課題の抽出を行った。

東北地方整備局では、今後委員会できりまとめた方策の具体化及び推進を図るため、道路部内関係補佐、道路事務所管理担当課長等をメンバーと

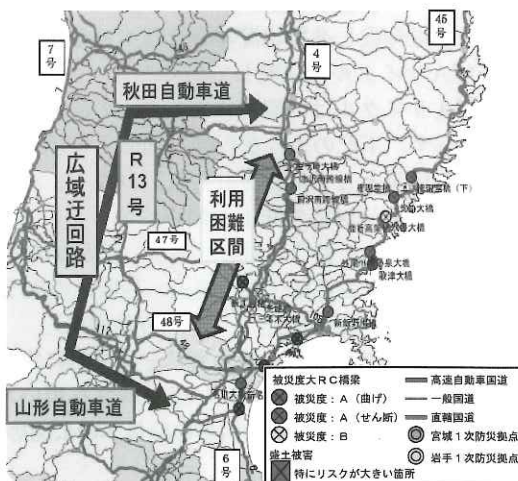


図-1 国道4号の迂回ルート



図-2 IT防災訓練の概要



写真-1 訓練状況（九州地整災害対策本部）

したワーキンググループを設置し検討していくことにしている。

2.3 訓練による震後対応能力向上

訓練は、災害対応において発生した課題を克服する他、訓練そのものが震後対応能力の向上につながるため、各機関で定期的実施されている。ここでは、関東地方整備局のIT防災訓練と九州地方整備局のロールプレイング訓練について紹介する。

まず、関東地方整備局のIT防災訓練であるが、光ファイバー網の災害時の活用、様々なITシステム・ツールの活用の可能性を検証するため、平成13年より実施しているものである。訓練では、CCTVカメラの画像を光ファイバー網等を利用して他事務所・自治体へ配信、GPSカメラ付携帯電話による現地画像を含む被災情報収集及びGISを活用した情報管理等様々な試みを実施している（図-2）。

一方、九州地方整備局の訓練は、平成17年に発生した福岡県西方沖地震における課題を受けて、常日頃から地震発生後の対応に万全を期せるようロールプレイングによる訓練を実施することにした。訓練では、体制の早期確立、関係機関等との連携体制の確立、広域支援基盤の確立を目的に実施し（写真-1）、その結果得るものも多かったが、役割分担が見えない、情報共有化ができていない等、新たな課題が確認された。このため、翌平成18年度は昨年度の課題を踏まえ、訓練シナリオ等の見直しを実施し訓練を行った。結果として、条件付与のあり方、対応すべき事項の認識不足等の課題が見られた。訓練では、ある課題を解決しつつ、新たな課題にどう対応するか考えることで個

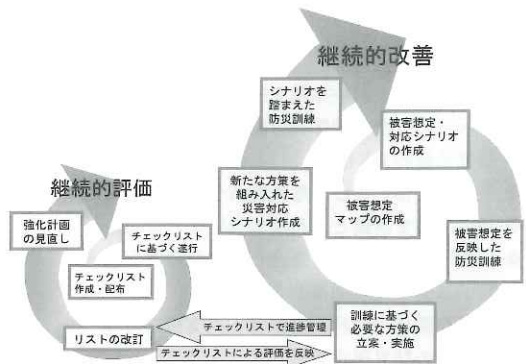


図-3 震後対応能力向上のためのPDCAサイクル

人の震後対応能力向上が期待される。

2.4 震後対応能力向上のためのPDCAサイクル

道路管理者が、災害対応時において想定外の事態に混乱することを防ぐためには、被害想定に基づいた被災イメージを持ち、これを活用して様々な角度から震後対応及び事前対策の改善を検討しておくこと、訓練によってその対応イメージを持つておくことが必要である。図-3にあるように、

- ①その地点で発生しうる地震に対する被害想定を策定し被災イメージを持ち、これを活用して様々な角度から震後対応及び事前対策の改善を検討（P）
- ②訓練によって震後対応イメージを強化（D）
- ③訓練時に発生した課題を抽出（C）
- ④課題解決に必要な方策を検討しマニュアル等に反映（A）

というPDCAサイクルを繰返し実施していくことで、震後対応能力の向上が期待できる。また、このサイクルを適切に運営していくために、チェックリストを作成し進捗状況等を管理する他、評価をPDCAサイクルに反映していく。

PDCAサイクルは、訓練による個人の能力向上のみならず、下記のような行動もPDCAサイクルの一つの成果として位置づけられ、ソフト、ハード両面から震後対応の向上が図られている。

- ①福岡県西方沖地震で発生した課題、反省点から、協力業者による巡回体制の確保、巡回班の30分毎報告ルール等の実施（九州地方整備局）
- ②検討委員会で整理した解決方策を具体的に実施（震後対応シミュレーション用マップを用いた訓練の実施、災害対応教訓集の職員への公開等）（東北地方整備局）
- ③新潟県中越地震の課題から「道の駅」の防災拠

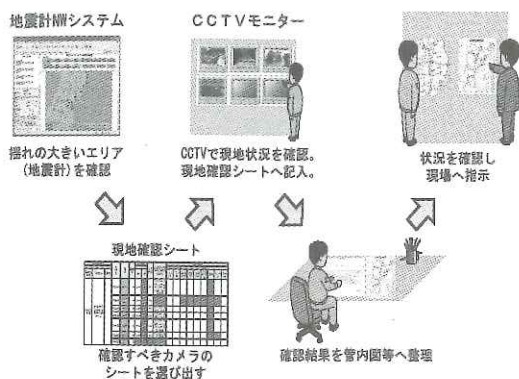


図-4 CCTVを活用した状況把握の流れ

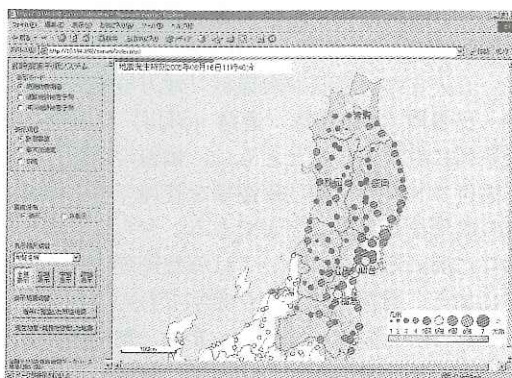


図-5 震害予測システム (SATURN) 画面例

点化、コミュニティFMとの災害情報提供の連携、初動時の迅速な現地状況把握のための自転車、発電機、投光器の配備等（北陸地方整備局）国総研では、災害対応によって発生する支障について体系化し、起こりうる事象を網羅した震後対応能力向上のための訓練マニュアルを作成中であり、この中で、訓練に最適なPDCAサイクルのあり方についてとりまとめる予定である。

3. 状況把握の迅速化に向けた取り組み

兵庫県南部地震においては、一般国道の指定区間に限定しても約半分の被害概要が判明するまでに6時間を要している。一般に、災害の規模が大きくなるほど施設巡視に時間を要し情報空白域が長時間に及ぶことが予想される。また、膨大な情報の錯綜により状況把握、対応が遅れる等の問題も発生する。このような初動時の状況把握の迅速化や情報の伝達、共有に向けた取り組みについて紹介する。

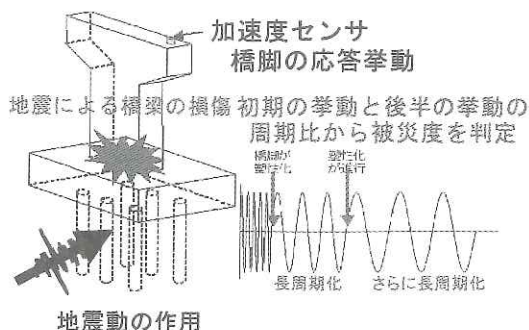


図-6 センサによる被災状況推定の仕組み

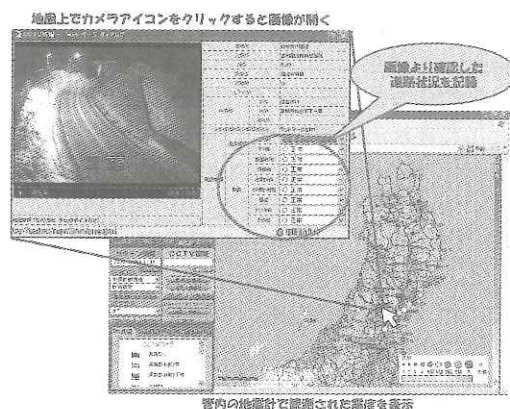


図-7 CCTV等を活用したシステムイメージ

3.1 状況把握の迅速化のための具体的方策

3.1.1 CCTVカメラの活用

地震直後、迅速に現地状況を把握する手段として、CCTVカメラの活用が考えられるが、読み取った情報の取り扱いが明確化されておらず、有効な情報が震後対応に活かされていなかった。このため、大規模地震発生時におけるCCTVカメラの活用について検討を行った。検討にあたっては、作業の簡略性、迅速性に配慮し、図-4に示するような整理、確認の流れを作成した。これにより、カメラの優先的選択が可能で、現地確認シートで漏れなくチェックでき、さらに決められた様式へ記入し地図へ整理することにより、確認結果が残り、対応上の判断に使えることから震後対応の効率化に寄与できる。

3.1.2 即時震害予測システムの開発

迅速に被災状況の概略を把握するために、即時震害予測システム (SATURN) を開発した (図-5)。SATURNは全国約700箇所に離散的に配置した地震計ネットワークより得られる地震の震度分布から、施設被害の有無・被災程度を予測するシステムである。被害予測用の閾値は既往地震での被災

実績や構造解析等をもとに設定している。予測対象は、地盤の液状化危険度及び道路橋、道路盛土、河川堤防の被災度であり、被害程度は危険度なし～危険度大で段階的に推定・表示している。

3.1.3 センサを活用した橋梁の被害把握

橋脚の固有周期は被災すると健全な状態と比較して長周期化する特性を利用して、小型センサを活用した迅速かつ定量的な橋梁の被害把握手法を開発した(図-6)。これは、加速度計を活用した小型センサを橋梁に設置し、検知データはオンラインもしくはパトロールカーにより回収するものである。これにより、被災状況の把握はもちろん、復旧工事の迅速化にも期待される。

3.2 効率化のためのシステム統合・改良

3.2.1 災害状況把握システムの構築

CCTVカメラを活用した状況把握の迅速化について、より効率的に状況把握、入力等を行うことができるように、既存の「地震計ネットワークシステム」、「映像情報共有化システム」、「即時震害予測システム(SATURN)」等のシステムを連携させたシステムの構築を行った(図-7)。本システムでは、地震計ネットワークより得られた地震観測情報を利用して、SATURNで詳細な地震動分布の推定、橋梁等の施設被害の予測を行うものである。さらに、映像情報共有化システムより得られるCCTVの位置情報と推定した地震動分布から、より大きな揺れの発生したエリアに位置するCCTVを自動的に抽出することにより、効率的な巡視が可能になる。

3.2.2 災害情報サブシステムの改良

中部地方整備局では、東海地震など将来発生する地震に対する危機管理に万全の体制で臨むべく、各部内における災害時の情報伝達・管理・共有が円滑かつ迅速に行えるよう、既存の災害情報サブシステムの全面的な見直し開発を実施した(図-8)。開発に

あたっては、国総研と国土地理院が研究を実施していた総合技術開発プロジェクト「リアルタイム災害情報システムの開発」の研究コンセプトの方向性が本システムの再開発と一致していたことから、平成17年度に、企画部、道路部、河川部、事務所、国総研、国土地理院からなるワーキングを開催し、また、仮構築したシステムでの実証実験によりシステム実装機能の効果・課題の検証を行いながら進められた。

本システムは、直接入力その他、既設の他システムに入力されたデータも取り込むことができ、地図、掲示板に反映させることが可能である。これにより、点検進捗、施設被害、交通規制等の情報を効率的に集約・管理・共有することが可能となっている。また、情報が組織毎(地方整備局・事務所・出張所)、分野毎(道路・河川)に分類して時系列に整理できるとともに、個別の情報に対して添付ファイル、着信確認等を管理でき、煩雑な資料整理を避けることができる。さらに、同一の案件に関わる報告については報数管理が行えることに加え、前報との違いが赤字でわかりやすく表示されるようになっている。また、地図情報としては電子国土を利用することで、地図利用料が無料でありながらデータ更新が逐次行われる利点を確保していることに加え、河川基盤図やデジタル道路地図情報を重ね合わせて表示することで、距離標を基本としたデータ管理ができるようになっ

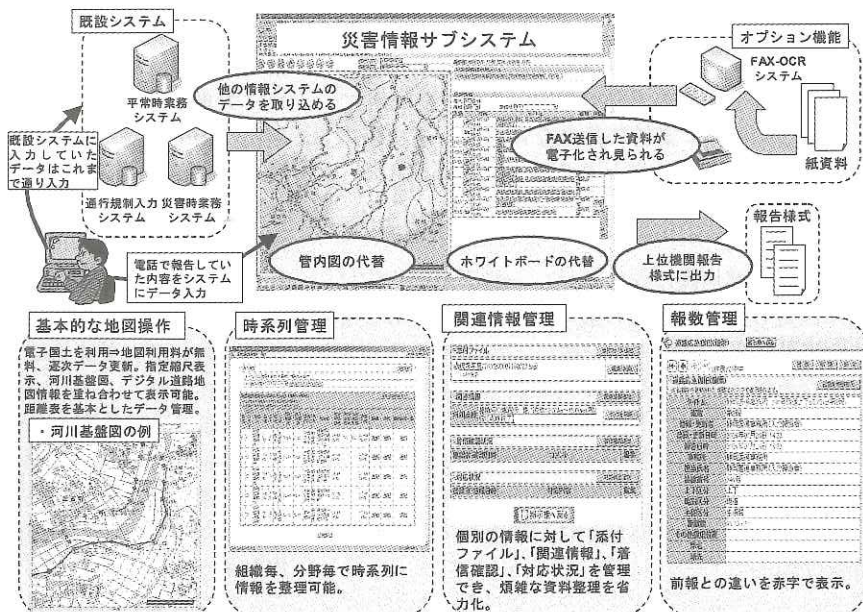


図-8 再開発した災害情報サブシステム

ている。

これまでの災害対応では、担当者が点検進捗状況、応急復旧状況等に関する情報を電話、FAX等から収集し、上位機関へ報告するための整理も行っていたが、再開発した災害情報サブシステムでは、現場の情報がシステム登録されることで、これら一連の作業を省力化できる。また、組織内における情報共有にあっては、従来ホワイトボードで履歴を管理し、管内図上に被災位置等を整理したりしてきたが、現場の情報が当システムに登録された段階で、このような情報共有を管内全体で行うことができる。

3.3 みちパト関東の開発による対応の効率化

これまでは、大規模地震時の情報の空白期や情報が錯綜する中での迅速かつ適切な対応が可能となる施策を紹介してきた。ここでは、通信機器等の障害があまりなく、想定される被害も少ない中での効率的な対応のための施策について紹介する。

地震時の道路状況の把握については、震度4以上の地震が発生した場合、巡視パトロールを実施している。みちパト関東は、関東地方整備局が震度5強程度までの電話等の通信機器が使用可能な地震を想定して、道路の点検状況をリアルタイムで集計描画できるシステムとして開発した(図-9)。これは、中規模地震時にも点検に多くの時間を要した、パトロール員からの連絡がなく本部・支部の長が現場の状況を把握できなかった等の反省か

ら、情報伝達方法を見直すとともに情報の共有化を図り、現場の動きを局・事務所の関係者が把握できるよう開発したものである。

本システムでは、点検者が携帯電話を活用して現地より直接情報を入力することにより、情報伝達の遅延、誤伝達等を無くすとともにWebサーバを活用することで関係者がリアルタイムに情報を共有できるようになっている。

3.4 点検エリアの抽出による迅速化

現在、地震時における道路点検は、震度4以上のエリアを対象に実施しているが、大規模地震が発生した際には、点検エリアが膨大になることから、点検に時間を要し、状況把握が遅れるという事態になっている。このため、地震計ネットワークを活用して効果的・効率的な点検エリアを抽出し、道路点検の迅速化につなげるための検討を実施した。まず、橋梁及び盛土の被害が発生した時の震度を調査した結果、橋梁は震度5強、盛土は震度5弱以上で被害が発生していた。次に地震計の設置間隔と地震動の捕捉との関係を調査すると、地震計を概ね20km間隔で設置した場合、計測震度4.0で緊急点検を実施することで、被害の見落としを防ぐことが可能である。

今後、地震計の整備が進み、震度と被害の関係の精度が向上されれば、より迅速な状況把握が可能になる。

4. おわりに

本研究では、「被災イメージの活用」と「被災状況の迅速な把握」という2つのテーマを設定し、種々の取組み事例や技術開発事例について紹介してきた。これらが、災害時に有効に機能するには、常日頃から意識を持ち、また訓練等の場で統合的に活用され、発生した課題を解決していくことが重要である。さらに、先進的な取り組みや技術の開発を進めながら、それらによって得られたノウハウが関係者間で共有され、継続的に震後対応能力を向上させていけるよう努力していくことが必要である。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：宮城県沖地震を想定した強震動評価（一部修正版），2005

（文責）国土交通省国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター地震防災研究室長 小路泰広
同 研究官 宇佐美淳



図-9 「みちパト関東」システムの流れ