

# 地震等外力に合理的に対応した 設計・施工・品質管理マネジメントシステム Management Systems for Design, Construction, and Quality Control Consistent with External Forces

(研究期間 平成 15～18 年度)

危機管理技術研究センター地震防災研究室  
Research Center for Disaster Risk Management  
Earthquake Disaster Prevention Division

室長	日下部 毅明
Head	Takaaki KUSAKABE
主任研究官	片岡 正次郎
Senior Researcher	Shojiro KATAOKA
研究官	松本 俊輔
Researcher	Shunsuke MATSUMOTO

National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) has developed probabilistic seismic hazard map based on information about past earthquakes, active faults and inter-plate earthquakes. In the present study we have been developing a procedure for setting up earthquake design motion based on the seismic hazard map.

## 〔研究目的及び経緯〕

過去に発生した地震のカタログに基づく地震ハザードマップは種々提案されており、地域性を考慮した設計地震動の設定に活用されている。しかしながら、これらは活断層やプレート境界で繰り返し発生する大規模地震の発生位置や切迫性等の情報が十分に反映されたものではない。

本研究は、活断層やプレート境界地震に関して近年蓄積されつつある最新の知見を活用して地震ハザードを評価し、それに基づいて道路橋示方書に規定される地域毎の設計地震動を適正化することにより、必要な耐震安全性の確保と耐震対策コストの合理化に資するものである。

16年度は、発生位置が予め特定できない地震、すなわち全国どこでも発生する可能性がある伏在断層による地震について、強震記録を収集するとともに、距離減衰式により震源近傍での地震動を推定した。さらにこれらを現行の道路橋示方書の設計地震動と比較することにより、レベル2地震動の下限スペクトルについて検討した。

## 〔研究内容〕

道路橋示方書のレベル2地震動は、標準加速度応答スペクトルに地域別補正係数（現行は1.0, 0.85, 0.7の3地域）を乗じることで得られる。この補正係数は地

域の地震危険度に応じて設定されるべきであるが、道路橋が地震時に期待される機能を発揮するためには、確率は小さくとも、発生する可能性がある地震に対しては耐震安全性を確保しておく必要がある。

周辺に主要な活断層がなく、また大規模なプレート境界地震等が発生するおそれがない地域においても、2000年鳥取県西部地震（気象庁マグニチュードM7.3）のように伏在断層に起因する大規模地震が発生することがある。このような地震は発生位置が予め特定できないことから、全国どこでも発生する可能性がある。ただし発生確率は小さいため、土木施設の耐震設計においてはレベル2地震動として考慮することが適切と考えられる。

ここでは、過去に発生した伏在断層に起因する大規模地震の強震記録を収集するとともに、15年度に作成した距離減衰式によりそのような地震の震源近傍における地震動を推定した。これらを標準加速度応答スペクトルに1.0～0.5の範囲の補正係数を乗じた加速度応答スペクトルと比較することにより、全国どこでも考慮する必要があるレベル2地震動、すなわちレベル2地震動の下限スペクトルについて検討した。

## 〔研究成果〕

近年発生した伏在断層に起因する4地震（1996年秋田県内陸南部、1997年鹿児島県北西部、2000年鳥取県

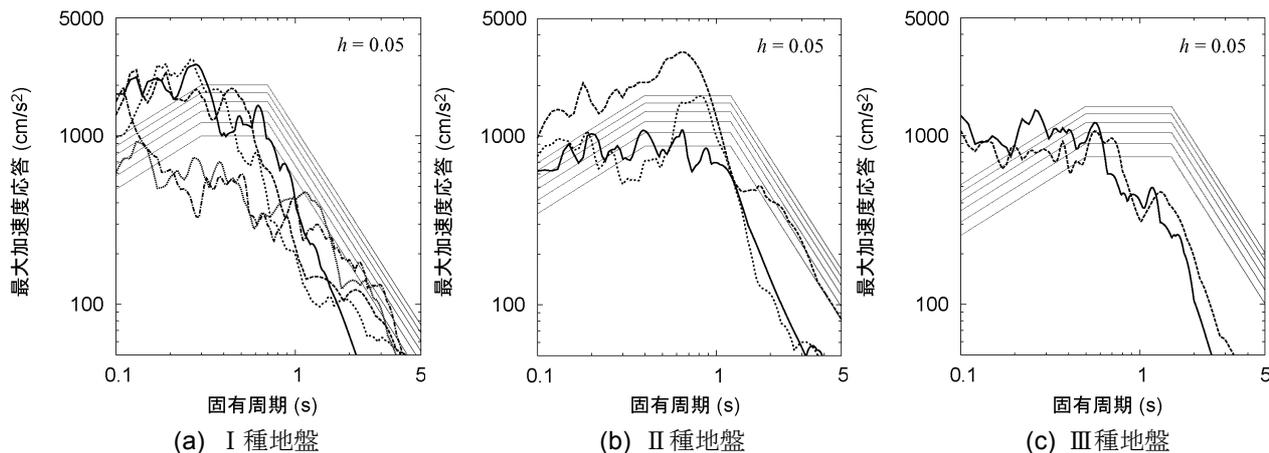


図-1 近年の伏在断層による地震の強震記録とレベル2地震動タイプIIとの比較

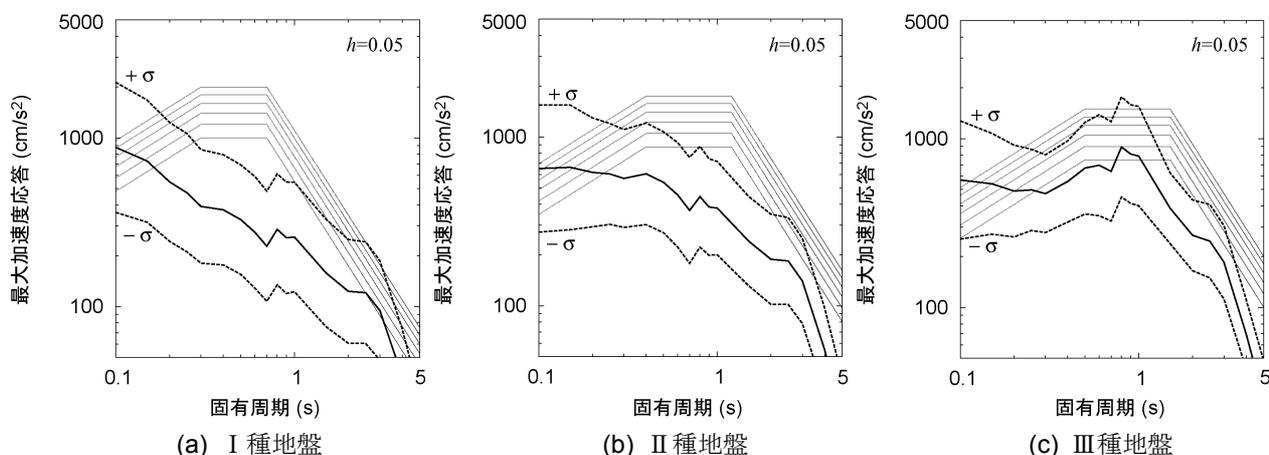


図-2 Mw=6.6の伏在断層による地震を想定した地震動とレベル2地震動タイプIIとの比較

西部、2003年宮城県北部)の強震記録のうち、震源近傍で得られた振幅が大きいものを抽出し、観測点の地盤種別毎にまとめたものが図-1である。比較のため、道路橋示方書の標準加速度応答スペクトル(レベル2地震動タイプII)に1.0, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5の補正係数を乗じたものを細い実線で示した。

通常の橋梁の固有周期帯域である0.3~1.5秒程度の範囲で見ると、II種地盤で固有周期約0.7秒に3000cm/s<sup>2</sup>を超えるピークをもつ地震動(2000年鳥取県西部地震、日野観測点)がある。これ以外については、橋脚の塑性化により固有周期が2倍以上になることを考慮すると、各地盤種別とも、補正係数を0.6程度まで小さくできることが分かる。

中央防災会議と同様、伏在断層に起因する地震としてM6.9(モーメントマグニチュードMw6.6)の地震を想定し、断層面からの距離が3kmの地点における地震動の加速度応答スペクトルを距離減衰式により推定したものが図-2である。推定のばらつきを考慮し、標準偏差分大きく(+σ)あるいは小さく(-σ)推定した

場合を示すとともに、標準加速度応答スペクトルに補正係数を乗じたものと図-1と同様に比較した。

これによると、0.3~1.5秒程度の固有周期帯域では、I種地盤とII種地盤では補正係数を0.5~0.6まで小さくできるが、III種地盤では0.7程度が限界であることが分かる。

以上のように、1例ではあるが標準加速度応答スペクトルを大きく超える地震動が観測されている一方、距離減衰式からは0.5~0.7程度の補正係数が設定できる可能性も示されていることから、今後、確率論的な観点から検討し、耐震安全性の確保と耐震対策コストの合理化の両面から適切な下限スペクトルを設定する。

[成果の発表]

片岡・松本・日下部：短周期レベルの特性を考慮した地震ハザード解析, 土木学会地震工学論文集, 2005(投稿中)。

[成果の活用]

本研究の成果は、道路橋示方書の改訂に際し、地域別補正係数の下限値の設定に活用される。

# 発災前対策領域の研究

## Study on Risk Management of Road Facilities

(研究期間 平成 14～17 年度)

危機管理技術研究センター地震防災研究室  
Research Center for Disaster Risk Management  
Earthquake Disaster Prevention Division

室長	日下部 毅明
Head	Takaaki KUSAKABE
主任研究官	片岡 正次郎
Senior Researcher	Shojiro KATAOKA
研究官	長屋 和宏
Researcher	Kazuhiro NAGAYA
研究官	松本 俊輔
Researcher	Shunsuke MATSUMOTO
研究官	鶴田 舞
Researcher	Mai TSURUTA

A manual for preparation of road disaster mitigation map has been developed. The map enables road administrators to manage detailed information about road facilities including damage risk and progress of seismic retrofit projects. The manual consists of three procedures: evaluation of seismic intensity distribution, evaluation of damage risk to road facilities, and drawing of the map.

### [研究目的及び経緯]

道路防災事業を一層合理化するためには、最新の道路防災に関する情報を確実に蓄積・管理するとともに、被害想定を実施し、その結果に基づく合理的な道路防災事業計画の立案・目標設定を行った上で事業を実施する必要がある。本研究では、道路施設の地震による被災履歴や対策履歴を逐次蓄積し、道路施設の被災リスクの評価に必要な諸量及び評価結果を容易に管理可能な防災マップ被災度評価版（以下「防災マップ」と呼ぶ）の作成手法、想定される地震に対する道路施設・道路ネットワークの被害想定手法、防災マップ・被害想定に基づく合理的な地震防災計画の立案手法の開発を目的とする。

16年度は、表示する諸量や表示法をとりまとめた防災マップの作成手法を提案した。また、地震動分布の推定手法および道路施設の危険度評価手法を提案した。

### [研究内容]

#### 1. 地震動分布の推定手法

想定地震に対する地表面における地震動の推定にあたっては、地震の規模、震源からの距離等に加えて、対象地点の表層地盤の影響を考慮する必要がある。

地質調査結果から地盤種別が明らかになれば、地盤種別を考慮した距離減衰式を用いることにより地震動

の推定が可能である。しかし、対象とする地点には地盤種別の判定が出来ない地点も少なくない。また、面的な地震動の推定のためには、任意の地点で表層地盤の特性を推定する手法が必要となる。

本項目では、対象地点の位置等の限られた情報より地盤の基本固有周期  $T_g$  を推定するため、地質調査結果から算出した  $T_g$  を地形分類ごとに統計処理し、地形分類と標高を用いた  $T_g$  の推定式を作成した。

#### 2. 道路施設の被災度評価手法

防災マップ作成に必要な道路施設の被害評価手法については、これまでの研究成果や過去の検討結果などのレビューを実施し、対象施設ごとに被災度評価手法を提案した。被災度評価手法の検討にあたっては、防災マップが地方整備局・事務所等で作成されることを考慮し、①なるべく簡便な手法で定量的評価ができること②評価に必要な情報は既存データベースなどで網羅的に整備されていること、等に留意した。

##### (1) 橋梁被災度評価手法

橋梁の被災度評価手法については、地震防災研究室が過年度に検討を行った即時震害予測システムに用いている被災度判定手法を基本とする。本年度は、本評価手法について、被災度判定精度の向上に資する検討を行うとともに、過去の被災事例による照査を実施

した。

(2)盛土被災度評価手法

盛土の被災度評価手法については、各地域における地震被害想定で用いられてきた被害判定手法を防災マップでの被災評価に用いることとした。本評価手法は、道路防災総点検の評点および地震動の関数として沈下量を算出するものであり、数値解析結果に基づくものである。本年度は、沈下量算出の精度向上を目的に過去の被災事例による沈下量と道路防災総点検評点の関係の照査を実施した。

(3)のり面・斜面被災度評価手法

のり面、斜面の被災度評価手法については、これまで道路防災総点検の評点などを用いた簡便な手法が提案されていなかったため、過去の被災事例を基に道路防災総点検の評点と地震動強さから被災度を判定する評価手法の開発を行った。

3. 防災マップ被災度評価版作成手法の提案

本項目では、道路管理者が、道路施設の地震による被災履歴や対策履歴を逐次蓄積し、道路施設の被災度評価に必要な諸量及び評価結果を容易に管理可能な防災マップの作成手法を提案した。防災マップは、橋梁耐震補強3箇年プログラム策定に際し、補強対策の現状を把握し、年度計画策定に活用する「防災マップ現状把握版」に記載されているデータを活用するものとし、道路施設としては橋梁、盛土、切り土のり面・斜面を対象とした。防災マップの作成に必要なデータについては、地方整備局・事務所等がデータを収集し、今後蓄積する際の容易性を考慮するとともに、道路施設の被災度評価手順等の更新が柔軟に行えるよう配慮した。

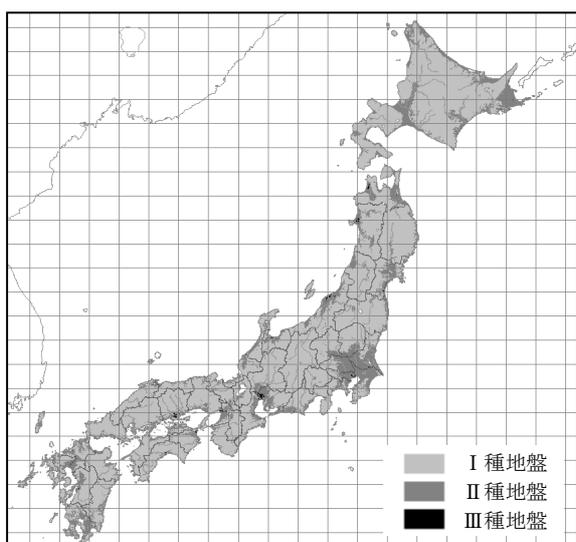


図-1 開発した推定手法による全国の地盤種別

〔研究成果〕

1. 地震動分布の推定手法

対象地点の位置等の限られた情報より地盤の基本固有周期  $T_g$  を推定する手法（図-1）を開発し、 $T_g$  より求めた地盤種別を用いて、距離減衰式による地震動の推定を可能にした。

2. 道路施設の被災度評価手法

(1)橋梁被災度評価手法

被災評価手法精度の検討により、従前の抽出が厳しい傾向であったことが明らかとなり、より精度の高い評価閾値を策定した。

(2)盛土被災度評価手法

過去の被災度の検討より、従前の評価式の妥当性を照査した。

(3)のり面・斜面被災度評価手法

道路防災総点検の評点を用いた簡便な被災度評価手法を提案した。

3. 防災マップ作成マニュアルの提示

防災マップの作成に必要なデータとその入手方法、管理が容易なデータのフォーマットを整理するとともに、1.から得られた地震動分布、2.から得られた道路施設の被災度評価手順と合わせてまとめたマニュアルを作成した。防災マップのイメージを図-2 に示す。この防災マップを用いることで、道路網の脆弱性をイメージし、応急復旧シナリオの策定など震後の的確な対応を準備できるようになる。

〔成果の発表〕

松本・片岡・日下部：地形区分を用いた地盤の特性値  $T_g$  と地盤種別の推定，土木学会地震工学論文集，Vol. 28, 2005(投稿中).

〔成果の活用〕

本研究により提案された防災マップは、道路ネットワークとしての被災危険度を把握、共有することができ、効果的な防災計画立案に活用できる。

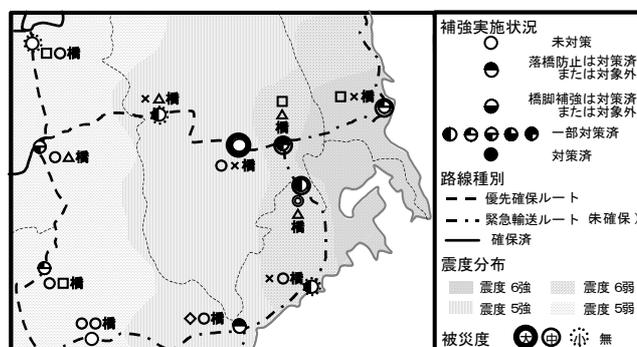


図-2 防災マップイメージ（橋梁のみ表示）

# 災害時対応領域の研究

## Study on Crisis Management of Road Facilities

(研究期間 平成 16～17 年度)

危機管理技術研究センター地震防災研究室  
Research Center for Disaster Risk Management  
Earthquake Disaster Prevention Division

室長 日下部 毅明  
Head Takaaki KUSAKABE  
主任研究官 真田 晃宏  
Senior Researcher Akihiro SANADA  
研究官 長屋 和宏  
Researcher Kazuhiro NAGAYA

Present process of detection of facility damages and communication at the crisis management involves problems such as delay and uncertainty. To improve these situations, in this study, introduction of equipments that are already used at the usual facility management to the rough detection of serious damages and easy conveyance is proposed.

### 【研究目的及び経緯】

大規模地震の発生直後には、道路の概略的な被害状況の把握に多くの時間を要する。このため情報の空白期が存在し、効率的な初動体制の確立が困難であるとともに、道路ユーザー、防災関係機関からの通行可否に関する膨大な問い合わせに十分な対応ができていない。また、所管施設の点検が状況に応じて臨機応変に対応するしくみとなっておらず、最も深刻な被害の発見が後回しとなるケースがある。このような現状に対し、本課題では、既に施設管理等の実務で利用されている CCTV カメラ等のツールを活用することで、大規模地震の発生直後における道路施設の被災状況の把握を支援し、災害時対応のしくみを改善し、迅速・的確な危機対応を実現することを目指す。

研究の初年度にあたる 16 年度においては、(1)CCTV カメラ・地震計等を活用した効果的な状況把握の仕組み及び (2) 共有文書フォルダ・掲示板ソフトウェアを組み合わせた情報伝達の仕組みを提案した。

### 【研究内容】

#### 1. 震後対応上の課題の整理

三陸南地震 (H15.5)、十勝沖地震 (H15.9) における震後対応上の課題について当研究室が地方整備局本局・事務所へヒアリング調査した結果を整理するとともに、現状の作業の仕組み・ルール等を分析しこれまでの災害では課題としては明確に現出してはいないものの、条件次第では今後課題として表面化する可能性のある事項を整理した。

#### 2. 既存ツールの利用方策・改善業務モデルの提案

平常時の維持管理業務や災害対応業務等で既に地方整備局等の現場で活用されている設備、仕組み、導入や操作が簡易なソフトウェア等既存ツールの現状をもとに、それらのツールの利用による震後対応上の課題の解決方策を検討した。検討では、既存ツールを活用し震後対応を改善するにあたり必要な事前準備事項、具体的利用手順等を現状の業務の仕組みとの継続性に配慮し具体化した。さらに検討した具体的利用手順を、従来の災害対応の仕組みの中に組み込み改善業務モデルを作成し、提案事項の実務性を担保した。

### 【研究成果】

#### 1. 震後対応上の課題の整理

震後対応の作業中で特に状況の把握及び情報の伝達・共有に関する課題の整理結果を表-1 に示す。

**表-1 状況把握・情報伝達等に関する課題**

状況(被害)把握に関する課題	
1. 作業要員の不足	○点検担当職員・業者の被災により要員確保に時間を要した
2. 点検の遅延	○点検区間途中の被災で点検継続が不能になった ○道路渋滞で施設点検バトカーが先へ進めなかった
3. 重大被災箇所発見の遅延	○担当区間を最初から順々に見ていく点検方法の場合、点検区間の中で後に存在する重大被災箇所の発見が遅延
情報伝達・共有に関する課題	
1. 作業時間・負荷・ミス増加	○伝達先、伝達内容が増加するほどFAX回線を専有しダイヤルの掛り難さが増大。 ○伝達漏れや最新でない情報の伝達等ミスがあった。 ○伝達内容が多いほど伝わるタイムラグが増加。記者発表等の内容が異なってしまう原因に。
2. 伝達情報の劣化	○現地画像をFAXで伝送した場合、白黒になり状況把握に限界。 ○FAXの繰り返しで字が潰れ読めなかった。

表-1 現地確認シート

道路調査費

現地確認シート  
現在 2005/3/8 0:00 地震名称( ) 記録者( )

観測地点名	所在地	震度	事務所	出張所	種別	路線名	距離標	上下の別	所在地		連絡先	対象構造物の有無	確認事項										確認内容詳細	確認結果			
									名称	住所			通行状況	路面状況	付属物	占用物件	のり面・斜面	橋梁	トンネル	その他							
	仙台	気仙沼	ステーション	45	126.3		下り	ローン 気仙沼最知店	気仙沼市最知南最地-3	0226-27-2822																	
	仙台	気仙沼	カメラ	45	134.3		下り	松川トンネル南坑口		松川トンネル																	
	仙台	気仙沼	ステーション	45	136.0		下り	ローン 気仙沼東八幡前店	気仙沼市字東八幡前69-2	0226-25-4625																	
				5			下り	安波トンネル北坑口		安波トンネル																	
				5			-	只越																			
	仙台	気仙沼	モニター	45					熊谷勇太郎	本吉郡唐桑町字小田90-1	0226-34-5252																

地震計毎に近傍のカメラ等をリスト化

各カメラで確認すべき事項を予め整理

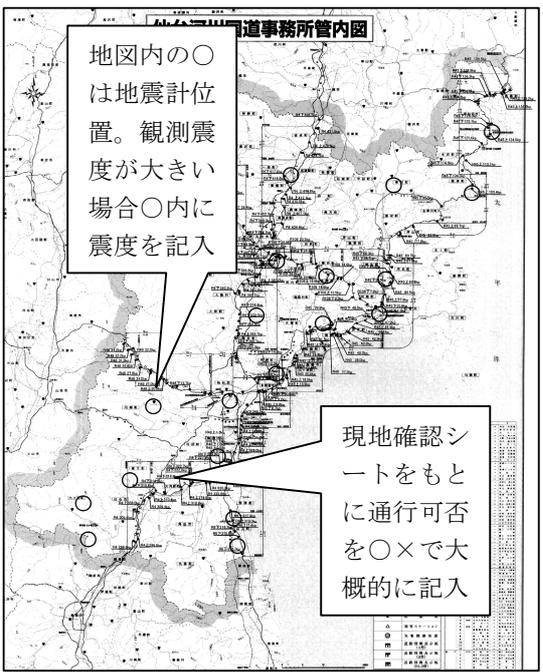


図-1 取りまとめ用地図

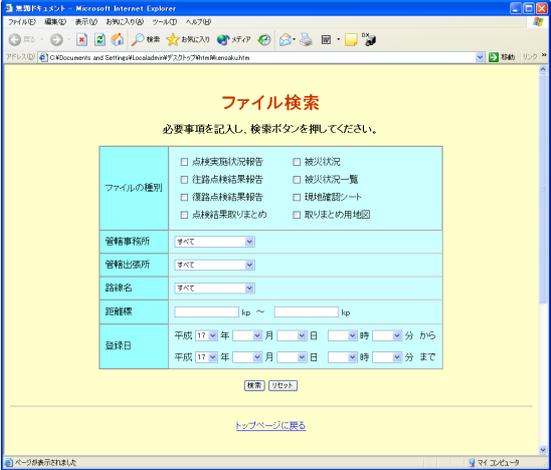


図-2 共有文書フォルダ ファイル検索画面

被害規模が大きければ大きいほど状況を迅速に把握し適切な判断・対応が必要であるが、被害が大きいほど表-1に示す課題はより顕在化するものと考えられる。

2. 既存ツールの利用方策・改善業務モデルの提案

(1) 状況把握の迅速化  
現状業務の分析により、既にCCTVカメラ等による状況把握作業自体は実施されていたり、沿道のコンビニエンスストアと提携し店員から道路に関する情報を収集する仕組み(ロードセーフティステーション)が確立されていたりするが、豊富な経験・土地勘に頼ってCCTVカメラを選んでいる、把握した結果を次の判断に十分活かせる形で整理・記録されていない、CCTVカメラやロードセーフティステーションで把握できる地点・区間が明示的に整理されていない等改善が必要な点を把握した。

そこで、次の3点に留意し、状況把握をCCTVカメラ等でより効果的に実施するためのリスト(表-1)・地図(図-1)及びそれらを使用した業務の流れを提案した。  
ポイント1: 見るべきカメラ等を効率的に選べる  
ポイント2: カメラから漏れなく確実に状況を読み取れる  
ポイント3: 確認結果を報告・判断など次の行動へ活かせる形で整理する

(2) 情報伝達・共有の迅速化・正確化  
同時に多数がアクセス可能で、伝達情報の時系列管理や、情報の種別等をキーとして検索し情報を探し易くするため、本局・事務所間の情報通信ネットワークを利用し掲示板ソフトウェアの一般的な機能であるファイル名設定等を簡易に行える機能を組み合わせた共有文書フォルダの仕組み(GUI例: 図-2)を提案した。これらの提案に関して(1)(2)の成果を仙台河川国道事務所管内を対象に試作をするとともに、今後全国の地方整備局等での導入・利用マニュアルを整備した。

【成果の活用】  
モデル事務所での試行等を通じた実務への適用性をさらに向上させた上で全国の地方整備局等での災害対応で利用される予定である。