

平成 13(2001)年度

調査研究

概要報告書

1. 震災対策体制の評価技術に関する研究

研究期間：平成 11 年度～平成 14 年度

担当者：室長：村越潤、主任研究官：大谷康史

要 旨： 地震発生直後に所管施設に関する被害状況を迅速に把握することは、震災対策にとって必須の事項であり、不測の事態を想定し、初動対応を迅速かつ確実にを行うための体制整備が重要である。また、情報技術が進展する一方で、これを取り扱う体制組織のパフォーマンス（情報収集活動・情報処理の効率性）を総合的に把握することが必要である。このような体制の実働性、効率性の確保・評価にあたっては、シナリオに従った実地訓練も重要な方法であるが、様々なシナリオや不測の事態に対して検討を繰り返すのは難しい。本研究では工事事務所の地震直後の震災対策体制をプログラム内で表現し、体制システム全体としての情報収集・処理・集約に関するパフォーマンスを定量的に評価するツールを開発し、事務所等が行う震災対策体制の妥当性の評価を行うことを目的としている。13年度においては、過年度の検討結果を基に、体制評価シミュレーションプログラムのプロトタイプを作成し、仮想のモデル事務所を例に各事象の影響分析を行った。また、来年度行う予定の实在の工事事務所ケーススタディーに使用する入力データ作成支援のプリプロセッサおよび結果表示用のポストプロセッサを作成した。

2. 地震動の局所的な変動特性に関する研究

研究期間：平成 10 年度～平成 14 年度

担当者：室長：村越潤、研究官：中尾吉宏

要 旨： 我が国では、人口・資産の密集地である平野部において、洪積層・沖積層が複雑な地盤を構成している事例が、数多く見られる。このような地点においては、複雑な地盤構成が地震動特性の分布に影響を与えていることが考えられる。また、既往の高密度強震観測記録の解析結果等によれば、概ね一様な地盤においても、地震動特性は箇所ごとに変化していることが知られている。しかしながら、このような地震動の変化の定量的な評価手法は確立されていない。ここでは、これらの地震動の局所的な変動特性について体系的に評価するとともに、それらを構造物の耐震設計に反映させる手法について研究する。13年度は、高密度強震観測記録の解析結果に基づいて評価した地震動の地点ごとの変動特性を表すコヒーレンスを考慮して、任意の地点における地震動を基本に、それ以外の地点の地震動を作成する手法を暫定提案した。

3. 強震計管理費

研究期間：昭和 56 年度～平成 15 年度

担当者：室長：村越潤、研究官：上原浩明

要 旨： 国土技術政策総合研究所では、局所的な地形・地盤が地震動特性に及ぼす影響の解析を目的として特定地域に多数の地震計を系統的に配置する高密度観測と、構造物や周辺地盤上に強震計を配置して構造物や地盤の地震時の振動特性を把握するための一般強震観測を実施している。

本課題は、国土技術政策総合研究所が所有する観測施設の継続的な維持管理、観測記録の処理・蓄積及び地震動の伝播特性に関する基礎的な検討を行うことを目的としている。

平成 13 年度は、高密度強震観測（9 地区 95 観測点）の保守点検及び 92 回の地震観測記録の回収とデータ処理、小田原、幕張・習志野、松崎地区で発生した機器の故障の修理、全観測所の無停電電源装置の蓄電池交換、研究所内の観測所集中制御用サーバーの 2 重化を実施した。また、一般強震観測施設では、国総研所有分 14 箇所の保守点検と観測記録集の作成（地方整備局・県所有分を含む）、観測施設及び観測記録データベースの拡充を行った。

4. 公共土木施設に対する地震防災投資効果に関する研究

研究期間：平成 13 年度～平成 15 年度

担当者：室長：村越潤、研究官：吉澤勇一郎

要 旨： 阪神大震災以後、道路橋示方書の改定等耐震設計基準の高度化が進められる一方で、地震防災投資のアカウンタビリティ確保に関する社会的要請が高まっている。土木学会提言では、重要度に応じた目標耐震性能の妥当性について社会的合意を得ることの重要性が指摘されており、公共事業評価と同様に費用対効果に基づいて妥当性を評価するための客観的・実務的な方法論の構築を目指した研究的取り組みが求められている。本研究は、公共土木施設に対する地震防災投資効果の評価手法、及び費用対効果の視点から公共土木施設の目標耐震性能を選択する方法論について、検討を行うものである。13 年度は、既往地震における土木施設に起因する損失を調査し整理するとともに、公共事業評価や地震被害想定において用いられる損失評価手法について地震損失評価への適用性と適用上の留意事項を調査した。その結果、既存の事業評価指針では防災に関する損失・投資効果項目として、人的被害、施設被害、一般資産被害といった直接被害に加

え、安心感向上、営業停止被害、応急対策費用などが考慮されていること、その算定法が地震防災投資効果の算定にも非常に参考になること、また地震防災に特有のものとして生起確率の希少性、激甚災害における損失増幅効果、地震時交通などの算定が必要であることがわかった。

5. リアルタイム災害情報技術の高度化に関する研究

研究期間：平成 13 年度～平成 14 年度

担当者：室長：村越潤、主任研究官：真田晃宏

要 旨： 災害時には現場、災害対策本部、他機関や自組織内での迅速・確実な情報連絡・情報管理が、円滑な災害対応を遂行する上で重要である。本研究は、地震動情報をもとに判定した所管施設の被害推定結果や点検結果、通行規制情報等を、携帯端末を通じて現場パトロール員へ提供し現場における災害対応を効率化するとともに、現場パトロール員からの点検結果等の情報を携帯端末へ入力することにより、災害対策本部への報告、他機関との間での情報共有を確実化・迅速化するためのシステムを開発することを目的としている。

13年度においては、災害対応下での情報のやりとりに関する現場における現状、課題、情報通信技術の災害対応への活用状況を調査するとともに、現場パトロール員へ携帯端末を通じて被害推定結果を提供する際の模擬画面を作成し使用が想定される現場へのヒアリング調査を実施した。今後、本調査結果をもとに、携帯端末で取り扱う情報、入力・出力方法等を試験的に携帯端末へ搭載し、現場でのフィールド実験を実施する予定である。

6. まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発

地区施設等の救出・救護への効果分析

地区施設等の避難問題への効果分析

幹線系道路の防災評価に関する研究

研究期間：平成 10 年度～平成 14 年度

担当者：室長：村越潤、主任研究官：大谷康史

要 旨： 本研究は、「地区の防災対策技術の開発」をテーマに、救出・救護・避難問題に対する幹線系道路の信頼性評価手法の検討を行うものである。5箇年計画の4年度目である13年度は、3種類の評価対象時期（主として地震発生3時間後を対象とする短期評価、主として地震発生から3日目を対象とする中期評価、主として地震発生から1月後を対象とする長期評

価)のうち、短期評価について検討を行った。具体的な検討内容は、神戸市の中央区・灘区・東灘区の市街地部をケーススタディーの対象と設定し、この地域における評価対象幹線系道路を選定し、昨年度に提案した機能障害危険度評価手法に基づき、評価対象地域内の幹線系道路について、各区間の閉塞確率、交通容量期待値を算出した。その後、パーソントリップ調査結果のODデータを基に、阪神・淡路大震災後のアンケート結果を用いて、背景交通ODを作成した。また、阪神・淡路大震災時の調査結果に基づく原単位と人口データ等より、緊急活動ODを作成し、両者を合わせて短期評価用ODとした。最後に、短期評価用幹線系道路ネットワークモデル上に短期評価用ODを発生させて、シミュレーションを行った。

7. 先端技術を活用した国土管理技術の開発

宇宙・情報技術を活用した震災対策支援システムに関する研究

研究期間：平成11年度～平成14年度

担当者：室長：村越潤、主任研究官：真田晃宏

要旨：本研究は、国土交通省の所管する各種施設の防災対策として、震前・震後の対策活動を支援する震災対策支援システムの検討を行うものである。システムの検討に際しては、情報通信技術や航空宇宙技術などの先端技術の活用方法、および対策活動に即して要素技術に要求される機能・性能・精度などを明らかにすることに重点を置いている。

13年度は地方整備局に対するヒアリングを行い、リモートセンシング技術の災害対応への導入イメージを作成した。また、リモートセンシング技術導入によるメリットを抽出するとともに、現場へのリモートセンシング技術の導入にあたって考慮すべき事項について検討した。導入メリットとしては、同一エリアの他機関所管施設の被害概要も把握できること等が挙げられた。また、円滑な導入・利用のためには、リモートセンシング技術の利用効果が明確である大規模災害時だけでなく、頻度の高い規模の災害時や平常時業務においても活用できることが必要であること等を把握した。

8. 大規模地震を考慮した地中構造物の耐震設計法に関する試験調査

研究期間：平成10年度～平成13年度

担当者：室長：村越潤、研究官：中尾吉宏、研究員：松本俊輔

要旨：地中地震動の分布特性は、従来、観測記録が限定されていたこともあり、十分に明らかにされておらず、特に、兵庫県南部地震で生じたような非常

に強い地震動が生じた場合の地震動の分布特性については未解明の部分が多い。また、立地条件の制約、施工技術の進歩等により、従来に比べ深い位置に地中構造物が設置されるようになってきており、工学的基盤以深の地震動特性についても把握することが必要となってきた。本研究では、地中構造物の耐震設計の高度化・合理化を図るために、非常に強い地震動が生じた場合の地中地震動の分布特性及び工学的基盤以深の地震動特性について検討することを目的とする。13年度は、平成7年兵庫県南部地震により生じた地中地震動の特性を考慮して、工学的な基盤面における設計用の速度応答スペクトルを暫定提案するとともに、その速度応答スペクトルに合致した設計用の動的解析用波形を作成した。

9. 地震ハザードマップの作成手法の開発に関する調査

研究期間：平成10年度～平成14年度

担当者：室長：村越潤、研究官：中尾吉宏

要旨：合理的な地震防災計画の策定や設計地震動の設定のためには、地震動特性の地域性を適切に考慮する必要がある。現行の各種耐震設計基準類では、既往のハザードマップにより地震動特性の地域性を考慮し、設計地震動を定めている。既往のハザードマップ作成には、過去千数百年程度の地震記録が用いられてきたが、数百年から数千年以上とされる活断層の地震発生間隔を考慮すれば、十分な期間の記録が用いられてきたとは言えない。本課題は、このような過去の地震の記録期間に関する実状を踏まえ、過去の地震記録とともに、近年、蓄積されつつある活断層及びプレート境界地震の情報を考慮した合理的なハザードマップ作成手法を開発することを目的としている。13年度は、過去の地震記録とともに、活断層やプレート境界で発生する地震の発生履歴やマグニチュードを考慮できる地震危険度解析手法を開発し、全国を対象とした地震ハザードマップの試算を行った。その結果、プレート境界地震や地震発生確率の比較的高い活断層が試算結果に支配的な影響を及ぼすこと、また、活断層の分布密度が高い中部地方や近畿地方においては、地震発生確率が高い活断層を中心として比較的広い範囲で活断層が試算結果に影響を及ぼすことが認められた。

10. マルチヒンジ構造物の設計地震動の設定手法に関する試験調査

研究期間：平成10年度～平成14年度

担当者：室長：村越潤、研究官：中尾吉宏、研究員：松本俊輔

要旨：兵庫県南部地震において生じたような非常に強い地震動に対しても、道

路橋等の構造物の安全性を確保するためには、構造物の塑性化を考慮した耐震設計を行う必要がある。本研究は、免震支承を採用した橋など、複数箇所に塑性化が生じる可能性のあるマルチヒンジ構造物の非線形応答に影響を及ぼす地震動特性を明らかにし、そのような地震動特性を考慮した設計地震動の設定手法を開発することにより、マルチヒンジ構造物の耐震設計の合理化に資することを目的とするものである。13年度は、プレート境界型地震及び内陸直下型地震による地震動の工学的特性を考慮して作成した種々の模擬地震動を用いて免震支承を有する橋脚を対象とした非線形動的解析を行い、2つのタイプの地震による地震動の工学的特性がマルチヒンジ構造物の塑性化に及ぼす影響について検討した。その結果、短い固有周期帯の橋脚に免震支承を採用することによる地震力の低減効果は、内陸直下型地震による地震動に対してより大きくなることが示唆された。また、長い固有周期帯の橋脚については、内陸直下型地震及びプレート境界型地震の双方に対して、橋脚基部における履歴エネルギー吸収が増大するため、免震支承の採用による地震力の低減効果は小さくなること、更に、そのような傾向は内陸直下型地震に対してより強いことが示唆された。

1 1. 道路網の合理的な地震時リスク評価技術の開発

研究期間：平成 12 年度～平成 14 年度

担当者：室長：村越潤、主任研究官：真田晃宏

要 旨： 震前の防災計画の立案や、地震直後における適切かつ迅速な対応を図る上で、想定又は実地震動に対する構造物・施設等の被害状況の推定を行うことは施設管理者に有用な情報を与えるが、推定に当たっては、地震動に対する構造物の被害程度やその発生のし易さを評価しておくことが必要となる。

被害程度やその発生確率は、地震動の大きさだけでなく、構造物の形式、寸法、設計に適用した基準など様々な要因によって異なる。例えば、道路橋の場合、その耐震基準である道路橋示方書は逐次改訂されており、適用道示により、地震動に対する耐震性能は異なってくる。本研究は、過去の地震において道路通行障害を引き起こす要因となった道路施設、占用施設、沿道施設を対象として、地震動と被害程度及びその発生確率の関係（被害関数）を調査するものである。今回は、被災により通行障害要因となる諸施設のうち、RC 橋脚、道路擁壁、道路路面を対象として、過去の地震の被害事例や数値解析により、施設の耐震性の違いについて支配的な要因を

抽出し、その影響度合いを把握したところである。今後、これらの成果を踏まえ被害関数を開発する予定である。

1 2. 大規模地震を想定した長大橋梁の耐震設計法の合理化に関する試験調査

研究期間：平成 10 年度～平成 14 年度

担当者：室長：村越潤、研究官：片岡正次郎、研究員：松本俊輔

要 旨： 東京湾口、伊勢湾口等において超長大橋の建設が計画されているが、これらの地域は過去の大地震の震源近傍に位置し、極めて厳しい地震環境下にあるため、大規模地震を想定して設計地震動を設定する必要がある。一方、震源断層の破壊過程をモデル化して強震動を合成する、断層モデルを用いた地震動推定手法が提案されてきており、大規模地震の震源近傍で発生する強震動についてもその有効性が認識されつつある。本課題は、断層モデルを用いた地震動推定手法の実用性を高め、その推定地震動に基づく設計地震動の設定手法を提案することを目的としている。13年度は、提案している断層モデルを用いた地震動推定手法をさらに高度化し、将来発生する地震を想定した断層モデルの設定手法とともに、その具体的な手順をとりまとめた。また、この提案手法によって推定した地震動に基づいて、東京湾口、伊勢湾口、紀淡海峡において計画されている超長大橋の試設計のための動的応答解析用入力地震動を提案した。

1 3. サイトの地震動特性に基づく設計地震動の設定手法に関する調査

研究期間：平成 12 年度～平成 16 年度

担当者：室長：村越潤、研究官：片岡正次郎、研究員：松本俊輔

要 旨： 河川技術五計で提唱されている性能規定型設計技術を促進するためには、従来の震度法だけでなく、動的解析を活用したダムの健全性に対する照査を可能とし、耐震設計法の自由度を向上させる必要がある。その場合、入力としては設計震度ではなく、地震動を与えることになるが、合理的な設計地震動を設定するためには、サイト周辺における地震の発生特性を含めた、各サイトにおける地震動特性を反映する必要がある。本調査は、このようなサイトの地震動特性を反映した設計地震動の設定手法を開発し、動的解析による耐震性照査に基づくダムの耐震設計の高度化に資することを目的とするものである。13年度は、新しく昨年度にとりまとめられたダムサイトでの強震記録データベースをもとに、岩盤上で観測される地震動の最大加速度および加速度応答スペクトルの距離減衰式を提案した。また、一般的に、岩盤上における地震動は土質地盤上における地震動よりも

振幅が小さいこと、ダム底部における地震動はダムサイト周辺岩盤における地震動よりも振幅が小さいことを示すとともに、その原因について考察した。

1 4 . 河川施設の強震計の点検調査

研究期間：昭和 60 年度～平成 15 年度

担当者：室長：村越潤、研究官：上原浩明

要 旨： 国土交通省が所管する河川・道路等の公共土木施設の一般強震観測は、昭和 3 2 年に近畿地方建設局（当時）管内の猿谷ダムに S M A C 型強震計を設置して開始された。平成 1 3 年 3 月現在、各地方整備局、北海道開発局、沖縄総合事務局が所管する河川、道路、ダム、砂防施設に設置された 8 8 0 箇所の地震観測施設で観測が実施されており、観測された地震記録は各種構造物の耐震設計基準や地震動特性などの研究に活用されている。本課題は、一般強震観測のうち国土交通省が河川施設に設置した観測施設を対象として、動作確認としての保守点検、地震観測記録の回収及び数値化処理、観測記録の処理・蓄積、河川施設における地震計設置に関する技術的指導などを目的としている。

平成 1 3 年度は、各地方整備局が所管する 9 3 箇所の観測施設の保守点検と平成 1 3 年 3 月に発生した芸予地震をはじめとした 1 2 1 回の地震観測記録の回収及びデータ処理、平成 1 2 年度分の観測記録集の作成を行った。

試験研究費

震災対策体制の評価技術に関する研究

Study on an evaluation method of efficiency of Earthquake disaster management activity

(研究期間 平成 11~14 年度)

危機管理技術研究センター地震防災研究室 主任研究官 大谷 康史
Senior Researcher Yasushi Ohtani

Damage detection and urgent response are quite important for the earthquake countermeasure on infrastructures. Counter earthquake activities must be considered rare accident. In the year there were made a simulation model of damage information detecting measure immediately after an earthquakes by object orientation and results of calculation by simulation program developed using c++.

[研究目的及び経緯]

地震発生直後に所管施設に関する被害状況を迅速に把握することは、震災対策において必須の事項であり、不測の事態の発生も想定した初動対応を迅速かつ確実に行うための体制整備が重要である。また、情報技術が進展する一方で、これを取り扱う体制組織のパフォーマンス（情報収集活動・情報処理の効率性）を総合的に把握することが必要である。今年度は、地震直後における震災情報の収集体制の評価に資することを目的として、これまでの研究に基づいた、震災情報収集体制のモデル化及びそのモデルを用いた地震時の情報収集能力評価のためのシミュレーションについて、試算を行った。

[研究内容]

1. 震災情報収集体制のモデル化

図1に震災情報収集体制とモデル化の考え方を示す。地震発生から対策を検討するまでの間は、その活動の質から、大きく地震検知、参集、点検、情報収集の4つのフェーズに分類することができる。この中に含まれる活動を、オブジェクト指向を用いて、図1に示す、実際の役割に応じて設定した地震検知、要員、点検箇所、情報収集の4種類のオブジェクトによりモデル化

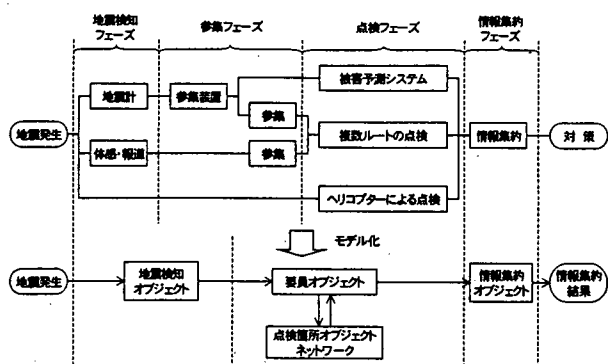


図1 震災情報収集体制とモデル化

する。各オブジェクトの概要は表1に示すとおりである。例を示すと、要員オブジェクトとは、地震検知オブジェクトより地震検知の情報を受けて活動を開始し、震災情報を収集し、震災情報を情報収集オブジェクトに送るものの総称である。そのため、このオブジェクトには、名称となっている要員を初めとして、上空から点検を行うヘリコプターや、地震計データから被害予測を行う、震害予測システムも含まれる。オブジェクトの内、地震検知と点検箇所はそれぞれネットワークを構成する。地震検知オブジェクトのネットワークを図2に示す。また、試算に用いる図3に示すモデル事務所の点検箇所オブジェクトネットワークを図4に示す。

表1 オブジェクトの概要

オブジェクトの種類	地震検知	要員	点検箇所	情報収集
入力元	(地震発生)	地震検知	要員	要員
入力内容	(地震発生)	地震検知	情報要請	震災情報
出力先	要員	情報収集	要員	-
出力内容	地震検知	震災情報	箇所情報	情報収集結果
主な表現物	地震計 報道 体感	点検要員 ヘリコプター 被害予測システム	点検場所 自宅(参集) 事務所	情報収集
役割	要員に対して地震発生を知らせる。	震災情報を収集し、情報収集に情報を送る。	要員に対し、移動先、所要時間等の情報を提供する。	震災情報を集約する。

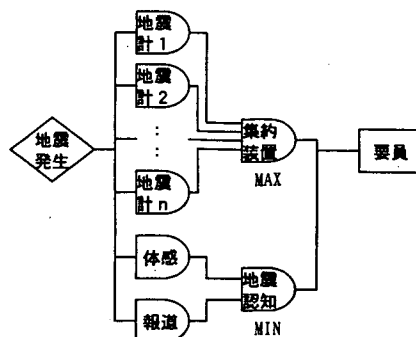


図2 地震検知オブジェクトネットワーク

2. シミュレーション結果

1示したモデルについて、C++を用いて、地震時の被害情報の収集状況を評価するシミュレーションプログラムを作成した。作成したプログラムにより、震災情報の収集状況を試算した。試算結果は、班編制変更の影響評価を目的として行った、表2の3ケースについて示す。点検ルート上の被害状況については、表3のとおりとした。ここでは、夜間に地震が発生し、職員が自宅より事務所に参集するケースをシミュレートしている。ケース1はルート間の被害分布が一般的な基本ケース、ケース2はルートにより被害分布が異なり情報収集期間が伸びることを想定したケース、ケース3はケース2の被害分布に対し、被害程度に応じて班編制を変更して情報収集期間の短縮を図ったケースである。

シミュレーションの実施のためには各行動に要する時間の設定が必要であり、ケーススタディーでは表4に示す値を仮設定した。移動や点検等に必要時間に

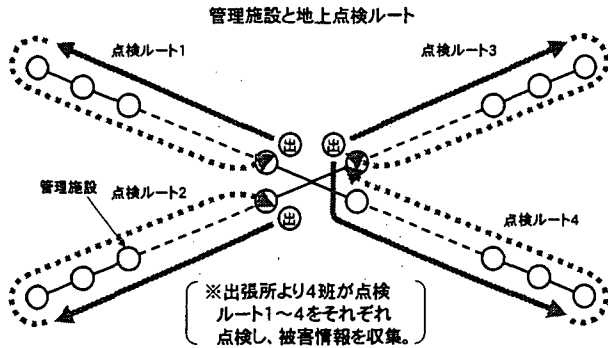


図3 モデル事務所の点検ルート

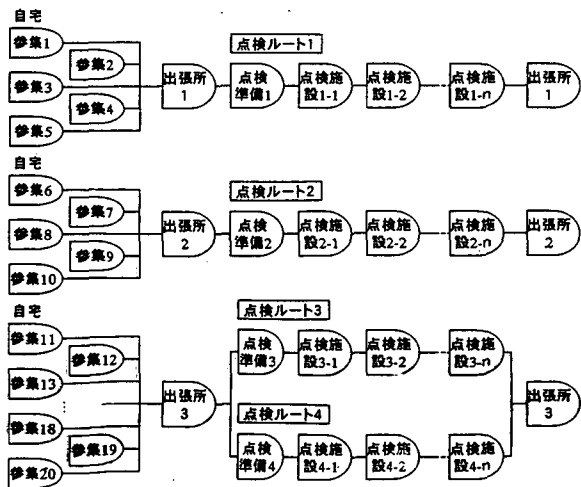


図4 点検箇所オブジェクトネットワーク

表2 ケーススタディーの条件設定

ケース	職員参集	1ルート中の点検箇所数	ルート被害区分(表3)	点検班編制人数(ルートについては図3参照)
ケース1	必要	20	一般	全ルート: 5
ケース2	必要	20	傾斜	全ルート: 5
ケース3	必要	20	傾斜	ルート1: 2, 5, ルート3: 4, ルート4: 6

対しては、表4の値で正規分布させている。

モンテカルロ法による1000回の計算の平均を図5に示す。ケース1は各ルートの被害が同じため、点検時間にばらつきはない。ケース2は、全体の被害が同じでも被害に偏りがあるため、被害が大きいルート4の点検時間がかかり、情報収集が終了するまでに、ケース1の約14%増の時間を要する。ケース3では、点検に時間がかかるルート4に、被害の少ないルート3から要員を移したために、効率的な情報収集が可能となり、情報収集に要する時間をケース1の4%増に押さえることができています。

3. 今後の方針

今後実際の工事事務所のケーススタディーを通じて、各オブジェクトの処理時間等について実用的な値を設定していくとともに、実用的現在検討されている被害情報把握手段の導入効果の評価方法について検討を進める。

表3 点検ルートの被害設定

被害区分	ルートNo.	被害大	被害小	被害なし	合計
傾斜	全ルート	20%	30%	50%	100%
	1	10%	20%	70%	100%
	2	20%	40%	40%	100%
	3	0%	10%	90%	100%
	4	50%	50%	0%	100%
全体平均		20%	30%	50%	100%

表4 各オブジェクトの処理時間の設定

項目	処理時間	標準偏差	備考
地震計	2.0	0.5	
集約装置	5.0	0.0	
体感	3.0	0.0	
報道	5.0	0.0	
職員参集	50.0	20.0	夜間
点検準備	30.0	10.0	
各施設間の移動(一律)	7.0	3.0	夜間
地上点検・被害大	20.0	7.0	夜間
地上点検・被害小	13.0	5.0	夜間
地上点検・被害なし	10.0	3.0	夜間
報告	1.0	0.0	

※単位はすべて【分】
*は、5人で点検した場合

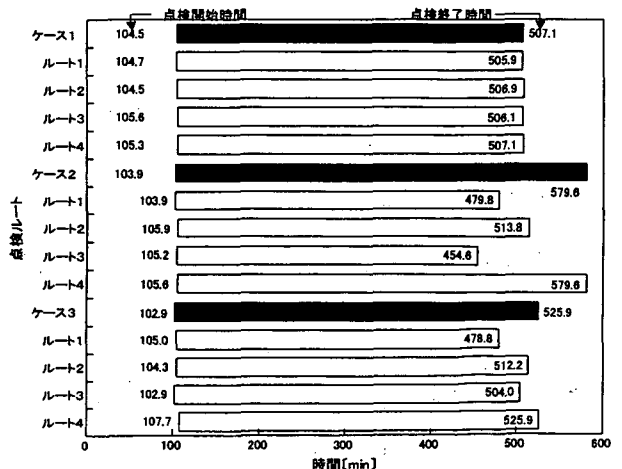


図5 被災情報の収集シミュレーション結果

地震動の局所的な変動特性に関する研究

Study on Variation Characteristics of Ground Motions in Time and Space

(研究期間 平成 10～14 年度)

危機管理技術研究センター地震防災研究室

研究官(Researcher)

中尾 吉宏(Yoshihiro Nakao)

研究員(Research Associate)

松本 俊輔(Shunsuke Matsumoto)

Time and spatial variation of ground motions have effects on earthquake responses of civil engineering structures. In the present study, procedure for incorporating those ground motion characteristics into seismic designs are developed.

[研究目的及び経緯]

我が国では、人口・資産の密集地である平野部において、洪積層・沖積層が複雑な地盤を構成している事例が数多く見られる。このような地点においては、複雑な地盤構成が地震動特性の分布に影響を与えることが考えられる。また、既往の高密度強震観測記録の解析結果等によれば、概ね一様な地盤においても、地震動特性は箇所ごとに变化していることが知られている。しかしながら、このような地震動の変化の定量的な評価手法は確立されていない。本研究では、これらの地震動の局所的な変動特性を体系的に評価するとともに、構造物の耐震設計に反映させる手法について研究している。13年度は、高密度強震観測記録の解析に基づいて地震動の局所的な変動特性を体系的に評価するとともに、その結果を考慮して地点ごとに变化する地震動を算定する手法を暫定提案した。また、当該手法に基づいて地点ごとに算定した地震動を多点入力した場合と、地点ごとに実際に観測された地震動を多点入力した場合について、2点支持系の動的解析を行い、その結果を比較することにより、地震動が構造物に及ぼす影響という観点から提案手法の妥当性を検討した。

[研究内容]

1. 地震動の局所的な変動特性の体系的な評価

国土技術政策総合研究所の構内に設置されている高密度強震観測施設によりマグニチュード6以上の地震で得られた160[gal]程度までの強震記録を用いてコヒーレンス $Coh(x_{ij}, \omega)$ を算定した。ここで、 $Coh(x_{ij}, \omega)$ は、地点間距離 x_{ij} の地点 i 及び j において観測された地震動の振動数 ω ごとの相関性を表す指標である。本研究では、震央距離が最短となる観測点とそれ以外の観測点における地震動の $Coh(x_{ij}, \omega)$ を算出し、 $Coh(x_{ij}, \omega)$ が x_{ij} 及び ω の増加に伴い減少する特性を

体系的に評価した。表-1 に $Coh(x_{ij}, \omega)$ の算出対象とした地震の情報を示す。 $Coh(x_{ij}, \omega)$ は、一般に、 x_{ij} 及び ω の増大に伴って小さくなる特性を有するが、 $\omega > 5[\text{Hz}]$ ではそのような定性的な性質が認められなくなるため、ここでは、 $\omega \leq 5[\text{Hz}]$ を対象として $Coh(x_{ij}, \omega)$ を体系的に評価した。

表-1 $Coh(x_{ij}, \omega)$ の算出対象とした地震の情報

震央地名	発生年月日	マグニチュード	震源深さ [km]	最短の震央距離 [km]
茨城県沖	1982.7.23	7.0	30	168.3
茨城県南部	1983.2.27	6.0	72	21.7
茨城県南部	1985.10.4	6.1	78	29.1
九十九里浜	1987.12.17	6.7	58	91.6

2. 地点ごとに变化する地震動の算定

本研究では、1. で体系的に評価した地震動の局所的な変動特性を考慮して、任意地点の地震動を基本に、それ以外の地点の地震動を算定する手法について検討している。ここでは、これまでに開発した手法に基づいて、地点間距離 x_{ij} が 50[m] の2地点を対象に、地点ごとに变化する地震動を算定した結果を示す。対象とした2地点は、研究所構内の高密度強震観測地点である。当該2地点のうちの1地点(以下、地点1とする)において、1982年7月23日の茨城県沖の地震の際に観測された地震動を基本として、他の地点(以下、地点2とする)における地震動を算定した。地点ごとに变化する地震動の算定方法の理論的な背景は文献1)に譲り、ここでは、具体的な地震動の算定手順を示す。

- ①地点 i ($=1\sim 2$)、時間 t における地震動を、互いに相関を有する確率過程 $U_i(t)$ で表す。
- ②1. で体系的に評価した $Coh(x_{ij}, \omega)$ を用いて、(1)式より、地点 i 及び j における地震動 $U_i(t)$ 及び $U_j(t)$ のクロススペクトル $S_{ij}(\omega_n)$ を求める。ここに、(1)式の $S_T(\omega_n)$ は、地点ごとに变化する地震動の算定において基本とする地点1の地震動 $U_1(t)$ のパワースペクトル、 c は地震動の地表面に沿った見かけの伝播速

度（ここでは1000[m/s]を仮定）。

$$S_{ij}(\omega_n) = S_T(\omega_n) \exp(-i\omega_n x_{ij}/c) \text{Coh}(x_{ij}, \omega_n) \quad (1)$$

$$\text{ここに、 } \omega_n = n\Delta\omega = \frac{2n\pi}{T} \quad (n=1\sim N)$$

③②で求めた $S_{ij}(\omega_n)$ を要素とするクロススペクトルマトリックス (2)式左辺) を分解し、 $H_{ip}(\omega_n)\sqrt{\Delta\omega}$ を求める。また、(3)式より $\theta_{ip}(n)$ を求める。

$$\begin{bmatrix} S_{11}(\omega_n)\Delta\omega & S_{12}(\omega_n)\Delta\omega \\ S_{21}(\omega_n)\Delta\omega & S_{22}(\omega_n)\Delta\omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11}(\omega_n)\sqrt{\Delta\omega} & 0 \\ H_{21}(\omega_n)\sqrt{\Delta\omega} & H_{22}(\omega_n)\sqrt{\Delta\omega} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_{11}(\omega_n)\sqrt{\Delta\omega} & H_{12}(\omega_n)\sqrt{\Delta\omega} \\ 0 & H_{22}(\omega_n)\sqrt{\Delta\omega} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\theta_{ip}(n) = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}\{H_{ip}(\omega_n)\sqrt{\Delta\omega}\}}{\text{Re}\{H_{ip}(\omega_n)\sqrt{\Delta\omega}\}} \right) \quad (3)$$

④地点1における観測記録のフーリエ係数 a_n 及び b_n ($n=1\sim N$) から(4)式により ϕ_{1n} を求める。(これにより、(5)式により算定される地点1の地震動 $U_1(t)$ を、観測記録と同一なものとする事ができる。)

$$\phi_{1n} = \tan^{-1} \left(-\frac{b_n}{a_n} \right) \quad (n=1\sim N) \quad (4)$$

⑤ ϕ_{2n} を、独立、一様な乱数として発生 ($n=1\sim N$)。

⑥(5)式より地震動 $U_i(t)$ を求める。

$$U_i(t) = \sum_{p=1}^N \sum_{n=1}^N |H_{ip}(\omega_n)| \sqrt{2\Delta\omega} \cos\{\omega_n t + \theta_{ip}(n) + \phi_{pn}\} \quad (5)$$

3. 地震動の局所的な変動が構造物に及ぼす影響

地震動が構造物に及ぼす影響という観点から、(5)式で算定された地震動の妥当性を検討するため、次の①及び②の地震動の入力方法で2点支持系を対象とした動的解析を行い、その結果を比較した。

①図-1(a)に示すように、支点1及び2に地点1及び2で実際に観測された地震動を多点入力

②図-1(b)に示すように、支点1には地点1で実際に観測された地震動を入力し、支点2には(5)式で算定した地震動を入力

比較したのは、質点の最大加速度応答と支点1の最大せん断力である。動的解析は、種々の固有周期、バネ定数比の2点支持系を対象に行った。

【研究成果】

高密度強震観測記録に基づいて体系的に評価した $\text{Coh}(x_{ij}, \omega)$ を図-2に示す。また、図-2の $\text{Coh}(x_{ij}, \omega)$ を考慮して、研究所構内の地点1及び2を対象に、地点ごとに変化する地震動を算定した結果を図-3に示す。地点1及び2の地点間距離は50[m]である。同図は、地点1及び2における地震動 $U_1(t)$ (=当該地点の強震記録) 及び $U_2(t)$ の相関性が、図-2に示した地点間距離 $x_{ij}=50$ [m]相当の $\text{Coh}(x_{ij}, \omega)$ と同等なものとなるよ

う算定された地震動の Coh を示したものである。図-3から、地点間距離50[m]相当の $\text{Coh}(x_{ij}, \omega)$ と、(5)式で算定した地震動の Coh は、耐震設計上特に重要な $\omega \leq 5$ [Hz]で概ね同様なものとなっており、目標の相関性を持った地震動が算定されている。

また、図-4には、[研究内容]の3.の①及び②の方法で地震動を入力して算定した2点支持系の応答値の比較を示した。2通りの地震動の入力方法で算定した最大加速度応答の比(支点2に算定した地震動を入力/支点2に強震記録を入力)は、固有周期や2点支持系のバネ定数比に応じて変動するが、概ね1程度であるため、(5)式で算定される地震動は、最大加速度応答に及ぼす影響という観点では、自然荷重として観測された地震動に比較的近い特性を持ったものであることが認められる。それに対し、支点1の最大せん断力の比(支点2に算定した地震動を入力/支点2に強震記録を入力)については、多くの計算結果が固有周期やバネ定数比によらず1を下回っており、最大せん断力に及ぼす影響という観点では、観測記録に比べて弱い強度の地震動の算定がなされる場合があることが認められる。

【成果の活用】本研究により提案される「地点ごとに変化する地震動の算定方法」は、地震動の局所的な変動特性を考慮した入力地震動の設定法として、各種構造物の耐震設計基準に反映されることが期待される。

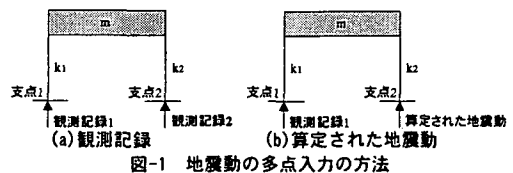


図-1 地震動の多点入力の方法

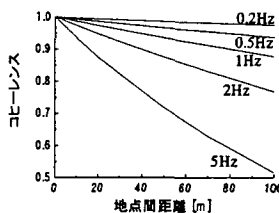


図-2 体系的に評価された $\text{Coh}(x_{ij}, \omega)$

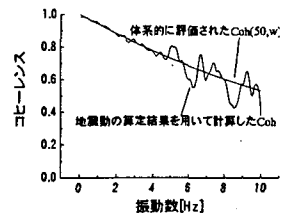


図-3 地震動の算定結果

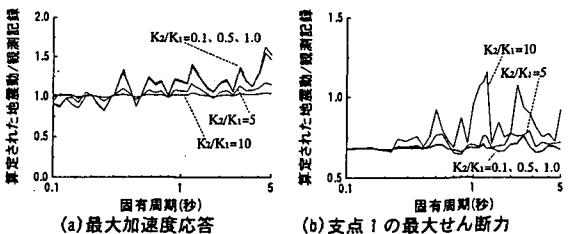


図-4 入力地震動の影響比較

【参考文献】 1) 川上他、一地点での観測記録を用いた時空間地震波形のシミュレーション、土木学会論文集、No. 441/1-18、1992

強震計管理費

Observation of Strong Ground Motion

(研究期間 昭和56年～平成15年度)

危機管理技術研究センター地震防災研究室 研究官 上原 浩明
Researcher Hiroaki Uehara

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では、局所的な地形・地盤条件が地震動に及ぼす影響の解析を目的として特定地域に多数の地震計を系統的に配置する高密度強震観測と構造物や周辺地盤上に強震計を配置して構造物や地盤の地震時の挙動を把握するための一般強震観測を実施している。

本課題は国土技術政策総合研究所が所有する観測施設の継続的な維持管理、観測記録の処理・蓄積及び地震動伝播特性に関する基礎的な検討を行うことを目的とする。平成13年度は、①高密度強震観測施設の保守点検と観測記録の処理及び整理・とりまとめ ②一般強震観測施設(国総研所有分14観測所)の保守点検 ③観測施設・観測記録のデータベース作成を行った。

表-1 高密度強震観測実施地点一覧表

観測地域	観測地区	観測所数	地震計設置数		平均観測点間距離(m)	地中部埋設深度(m)
			地表	地中		
駿河湾	相良	10	10	6	200	-8~-36
	焼津	12	11	6	200	-10~-112
	沼津	14	12	8	300	-9~-32
	松崎	8	11	9	300	-5~-52
神戸	神戸西	12	10	12	500	-7~-102
	神戸東	9	9	11	400	-8~-100
相模湾	小田原	11	11	25	400	-7~-90
東京湾	幕張・習志野	11	11	15	300	-6~-100
房総半島	館山	11	12	10	200	-7~-47
総計	9地区	98	97	102		

[研究内容]

1. 高密度強震観測施設の保守点検

高密度強震観測施設の設置状況は表-1のとおりである。各観測所は公立学校の校庭などの土地を借用しての観測機器は電話回線を通じて国総研と結ばれており、観測記録の伝送や遠隔操作によるメンテナンスが可能であるため、維持管理作業の効率化に大きく寄与している。ただし、良好な観測体制を維持するため、現地での動作確認及び観測所周辺の状況把握は当初から実施している。

2. 国総研管理強震観測施設の保守点検

表-2に示した国総研管理の強震観測施設についても保守点検及び記録の回収を実施した。国総研管理の強震観測施設は昭和39年～昭和50年代半ばにかけて橋梁などの構造物に設置された観測機器がほとんどで、6割強にあたる観測機器が設置後20年以上が経過して老朽化が著しく、また14観測所のうち約9割弱にあたる12観測所がペンで記録紙に地震の波形を記録するアナログタイプの機器を使用している。

観測所名	感震器設置箇所
平大橋	橋台
西新井橋	地盤、橋脚2
八重洲地下街	地盤
天津跨線橋	地中(-30m)、地中6
袖ヶ浦地中管	地盤2
落合橋	橋脚
昭和大橋	地盤、橋脚
新天竜川橋	橋脚
駿河大橋	地盤
朝比奈川橋	橋台
御前崎	地盤
雲見橋	地盤、橋脚
福井大橋	地盤、橋脚
小浜維持出張所	地盤

※数字は設置感震器数

表-2 国総研管理強震観測施設一覧表

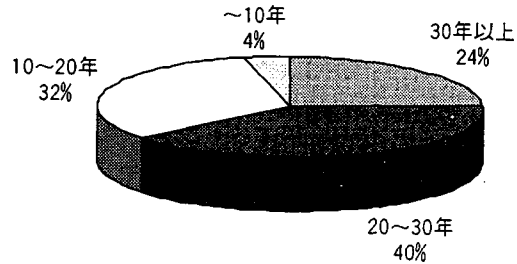


図-2 国総研管理強震観測施設 供用年数状況

[研究成果]

1. 高密度強震観測施設の保守点検結果

平成13年度に実施した保守点検で観測所の機器に何らかの故障または障害などの異常や観測停止が発見された観測所は199感震器のうち23感震器で、全体の約12%であった。このうち、観測停止状態だったり、その場で対応できず持ち帰っての修理や部品交換が必要となったのは12感震器で、異常または観測停止が確認された感震器の約半分強、感震器全体では6%であった。

異常または観測停止の内容別内訳、対応状況を表-3にまとめた。

表-3 異常または観測停止の内容別内訳、対応状況

異常の内容	件数	観測可否	対応
機器の時刻同期不良	7	可	時刻調整
停電補償電源装置不良	1	否	修理
停電補償電源装置不良	1	可	修理
A/D変換器故障	1	否	ユニット交換
停電補償電池不良	1	可	バッテリー交換
モデム不良	1	可	要調査 オンライン接続断。観測は可能
ブレーカー不調	6	否	ブレーカー補修または再投入で復旧
処理装置チャンネル設定異常	1	否	機器の精密検査
PCカード異常	2	可	カードを初期化
感震器異常	1	否	センサー交換必要
原因不明ノイズ	1	否	機器の精密検査
計	23		

異常の発生部位別内訳は図-1に示すとおりである。原因については、付近への落雷等による異常電流が考えられる。落雷時の異常電流はブレーカーなどの保護装置を作動させ観測が停止するほか、電話線、感震器からのケーブル線、アース線からも侵入して機器を損傷させることがある。

このため避雷器の設置などの対策は実施しているが、影響をなくすことは困難であるため、遠隔診断等によりブレーカー断などの障害を早期に発見し、障害を除去する方法を検討する必要がある。

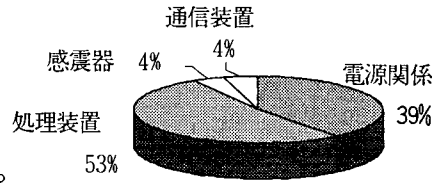


図-1 異常発生部位内訳

このほか、観測機器に影響はなかったが、観測所のドアやガラスの破損がそれぞれ1観測所で確認されたため、補修を実施した。また、観測所周辺の環境改善のため、1観測所で除草作業を実施した。

一方、平成8年の観測機器更新から5年が経過し、停電時のバックアップ用蓄電池のメーカー推奨期限となったことから、全観測所で蓄電池を交換した。

今後、より一層の維持管理経費削減を図るため観測体制及び観測システム、データ伝送方法の見直し等を検討する必要がある。

2. 国総研管理強震観測施設の保守点検

保守点検結果は表-4とおりであり、約5割弱にあたる6観測所に設置されている機器で不調が確認された。このうち機器の動力部の不調など観測に重大な支障が懸念される不調が4観測所、刻時機能の不調など観測記録に対する信頼性の低下が懸念される不調が2観測所で確認された。これらの不調の原因は老朽化によるものがほとんどであるが、機器は既に製造中止となり、修理するために必要な交換部品もないことから良好な観測体制を維持するために早急な機器更新が必要である。

3. 観測記録

平成13年度に実施した保守点検業務では2001年1月から2002年3月までに発生した30地震による観測記録を回収した。記録が回収できた地震諸元を表-4に示す。

表-4 観測記録取得地震一覧表¹⁾

発生日時 年月日 時刻	震 央 地 名	北緯		東経		深度 km	地震 規模 M	最大 震度	相良	焼津	沼津	松崎	神戸西	神戸東	小田原	幕張 習志野	館山
		度	分	度	分												
2001年01月12日 08時00分	兵庫県北部	35	27.8	134	29.5	10	5.4	4					○	○			
2001年02月02日 08時10分	神奈川県西部	35	29.8	139	04.8	18	4.2	3			○				○		
2001年02月23日 07時23分	静岡県西部	34	44.6	137	33.8	40	4.9	4	○	○							
2001年02月25日 14時05分	伊豆大島近海	34	46.0	139	35.6	28	4.3	3							○		○
2001年03月24日 15時27分	芸予地震	34	07.2	132	42.5	51	6.4	6-					○	○			
2001年03月30日 04時50分	京都府南部	35	00.4	135	32.0	16	3.7	2						○			
2001年04月03日 23時57分	静岡県中部	34	59.7	138	06.5	33	5.1	5+	○	○	○	○			○		
2001年04月03日 23時58分	静岡県中部	34	59.9	138	05.7	30	--	1	○	○					○		
2001年04月04日 00時04分	静岡県中部	34	59.5	138	06.1	33	4.0	2		○							
2001年04月10日 10時03分	千葉県南部	35	17.9	140	22.0	98	4.5	3							○		○
2001年05月31日 08時59分	茨城県南部	36	11.0	139	48.8	55	4.5	4								○	
2001年06月01日 00時41分	静岡県中部	34	58.3	138	07.2	32	4.8	3	○	○		○					
2001年06月01日 11時16分	静岡県中部	34	59.2	138	06.8	32	4.0	3		○							
2001年06月03日 11時33分	静岡県中部	34	58.9	138	07.0	32	4.2	3	○	○							
2001年06月03日 21時01分	静岡県中部	34	59.1	138	07.2	31	3.9	2		○							
2001年07月20日 06時02分	茨城県南部	36	10.0	139	49.5	56	4.8	4								○	
2001年08月25日 22時21分	京都府南部	35	08.8	135	39.6	10	5.1	4					○	○			
2001年09月18日 04時23分	東京湾	35	25.2	139	48.7	45	4.2	4								○	
2001年09月25日 04時57分	茨城県南部	36	18.3	140	06.0	71	4.5	3								○	
2001年11月13日 08時48分	山梨県東部	35	28.8	138	55.9	24	3.8	2			○						
2001年11月17日 01時31分	千葉県西北部	35	36.9	140	04.9	73	4.4	3								○	
2001年12月02日 22時01分	岩手県内陸南部	39	23.7	141	16.0	122	6.4	5-								○	
2001年12月03日 17時58分	駿河湾	34	53.3	138	23.3	12	3.0	1									
2001年12月08日 04時07分	神奈川県西部	35	32.2	139	08.9	24	4.5	5-			○				○		○
2001年12月09日 13時06分	新島・神津島近海	34	21.6	139	09.4	7	4.5	4	○	○							
2002年01月04日 14時00分	静岡県中部	34	59.2	138	17.1	16	3.7	2		○	○						
2002年01月10日 00時41分	三宅島近海	34	13.8	139	43.7	117	4.8	2									○
2002年01月18日 16時46分	伊豆大島近海	34	44.6	139	37.5	20	4.0	3				○					
2002年02月05日 19時57分	茨城県南部	36	10.6	140	06.5	69	4.4	3								○	
2002年02月12日 22時44分	茨城県沖	36	35.1	141	05.1	48	5.5	5-								○	

※ 震度の強、弱は、それぞれ+、-で表した(例:震度6強は6+,5弱は5-)

○ 観測記録例

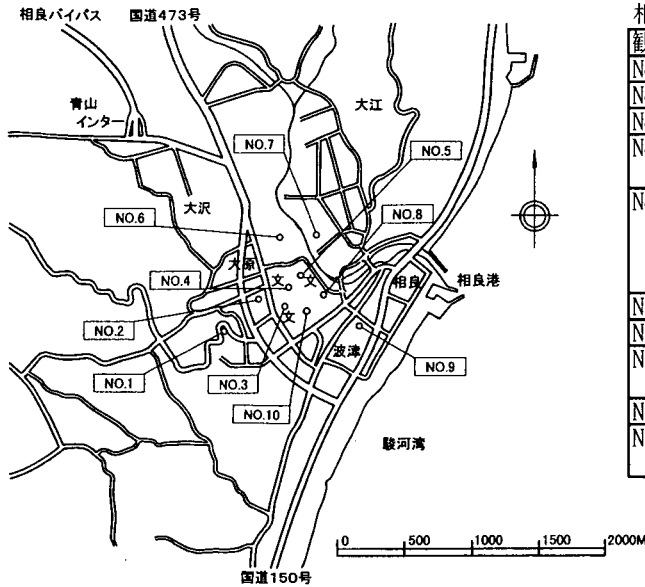
観測記録の例として、平成13年4月3日に発生した静岡県中部を震源とする地震における相良地区の各観測所における加速度値及び観測地区平面図、地盤条件を以下に示す。

地震諸元¹⁾ 発生日時 平成13年4月3日23時57分

震源：静岡県中部 震源の深さ：3.3km 観測最大震度：震度5強

最大震度観測市町村：静岡市

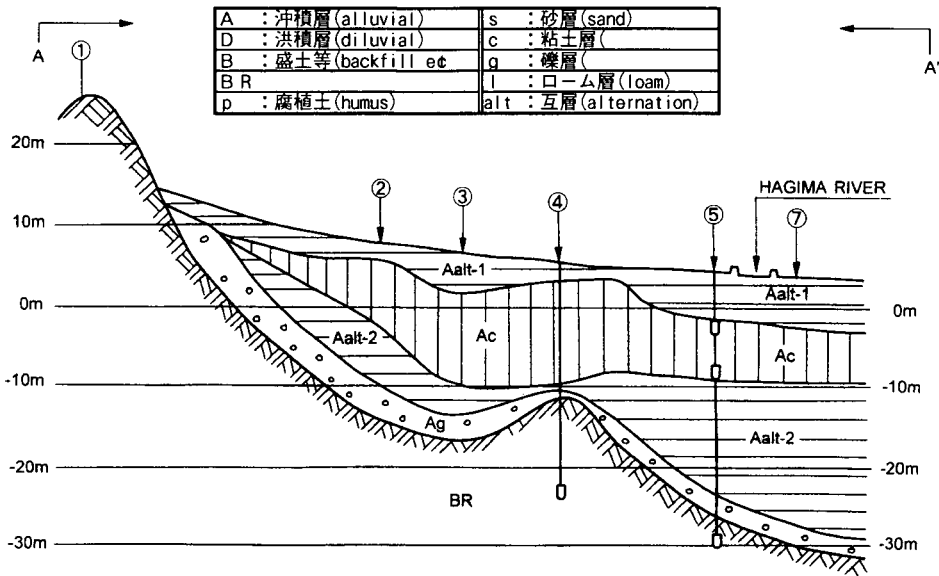
相良地区観測所配置平面図



観測加速度 (単位:gal)

相良地区				
観測点	観測位置	X成分	Y成分	Z成分
No.1	GL-2.0m	56.9	80.6	42.5
No.2	GL-2.0m	118.2	81.3	23.4
No.3	GL-2.0m	145.3	103.8	33.7
No.4	GL-2.0m	129.9	61.8	29.5
	GL-30.1m	56.4	23.7	16.4
No.5	GL-2.0m	134.8	71.5	34.7
	GL-8.2m	126.7	50.8	27.8
	GL-12.0m	83.5	59.6	22.7
	GL-32.3m	57.1	26.4	19.0
No.6	GL-2.0m	130.9	75.0	35.4
No.7	GL-2.0m	213.4	87.6	40.8
No.8	GL-2.0m	182.6	90.4	42.2
	GL-36.3m	49.1	31.3	14.7
No.9	GL-2.0m	77.6	65.2	17.8
No.10	GL-2.0m	153.3	75.4	40.3
	GL-30.3m	54.9	25.4	19.8

相良地区 地盤条件



参考文献

1) 地震・火山月報 (防災編) 気象庁

公共土木施設に対する地震防災投資効果に関する研究

Study on effects of earthquake disaster prevention investments for civil infrastructures

(研究期間 平成 13~15 年度)

危機管理技術研究センター地震防災研究室 研究官 吉澤 勇一郎
 Researcher Yuichiro Yoshizawa

【研究目的及び経緯】

阪神大震災以後、道路橋示方書の改定等耐震設計基準の高度化が進められる一方で、地震防災投資のアカウンタビリティ確保に関する社会的要請が高まっている。土木学会提言では、重要度に応じた目標耐震性能の妥当性について社会的合意を得ることの重要性が指摘されており、公共事業評価と同様に費用対効果に基づいて妥当性を評価するための客観的・実務的な方法論の構築を目指した研究的取り組みが求められている。本研究は、公共土木施設に対する地震防災投資効果の評価手法、及び費用対効果の視点から公共土木施設の目標耐震性水準を選択する方法論を提案することを目的としている。

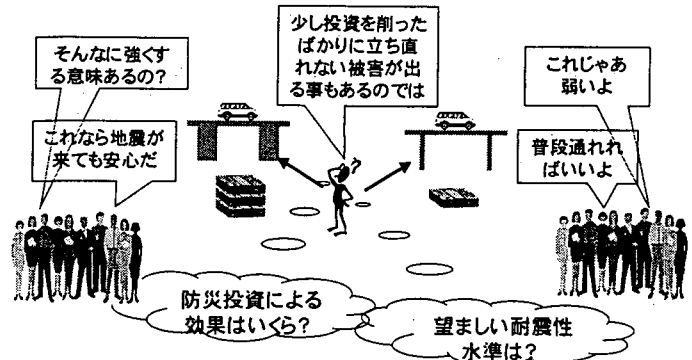


図-1 地震防災投資に対する社会的要請

13年度は、公共土木施設の地震被害による損失の評価手法のための基礎として、既往地震における土木施設に起因する損失を調査し整理するとともに、公共事業評価や地震被害想定において用いられる損失評価手法について地震損失評価への適用性と適用上の留意事項を調査した。また、橋梁と道路盛土を対象として、施設の地震被害による期待損失の試算、及び初期建設費用と期待損失の和であるトータルコストの試算を行った。

【研究内容】

1. 既存手法の損失評価手法の整理、適用性調査

公共土木施設の地震被害による損失の評価手法のための基礎として、既往地震における土木施設に起因する損失を調査し整理した。また、公共事業評価や地震被害想定において用いられる損失評価手法について、損失又は便益項目と各項目の計測手法を整理し、地震損失評価への適用性と適用上の留意事項を調査した。

2. 期待損失及びトータルコストの試算

橋梁と道路盛土を対象として、複数の耐震性水準に対する試設計（図-2 参照）およびその地震時性能の評価をもとに、地震被害による期待損失の試算を行った。また、初期建設費用と期待損失の和であるトータルコストを各耐震性水準に対し算出し、耐震性水準とトータルコストとの関係について検討を行った。

道路施設の地震被害に伴う損失項目としては、①損傷した構造物を復旧するための復旧費用、

	耐震性水準I	耐震性水準II	耐震性水準III
橋梁	<p>2100×2100 (橋軸2D22, 直角D22)</p>	<p>3900×2500 (橋軸2D29, 直角D29)</p>	<p>4300×2800 (橋軸2D29, 直角D29)</p>
	場所打ち杭の杭径は1200(鉄筋はD25, n=20本) 単位:mm		
盛土		<p>DJMで地盤改良</p>	<p>DJMで地盤改良 セメント安定処理盛土</p>

図-2 各目標耐震性水準に対する試設計

②施設を通行中の利用者が被災することによる人的損失、③地震後の交通規制に伴う通行車両の迂回損失、の3つを考慮した。各損失項目の計量化及び貨幣換算は以下の通りとした。①復旧費用に関しては、工事実績等をもとに算出した。②人的損失に関しては、各施設の損傷状態と交通量をもとに被害者数を概略設定し、その貨幣換算については保険料等を参考に設定した。③迂回損失に関しては、交通止めの場合60分のロス、交通規制(片側通行)の場合20分のロスと仮定し、この迂回時間に、一日の交通量と交通規制期間、車種毎の時間価値原単位(道路投資の評価に関する指針より)を乗じることにより算出した。また、これらの損失額に地震動発生確率を乗じることにより期待損失を算出、さらに初期建設費用との和をとることによりトータルコストの算出を行った。地震動の年間発生確率は既存文献を参考に仮定した。

【研究成果】

表-1,2、図-3に橋梁と盛土の各耐震性水準に対するトータルコストの試算結果を示す。表中の網掛け部分は各交通量に対してトータルコストが最も低い耐震性水準を示している。橋梁については、交通量が5,000台/日の場合は耐震性水準Ⅱ(A種の橋相当)、交通量が10,000台/日以上の場合は耐震性水準Ⅲ(B種の橋相当)がトータルコストが最も低くなった。盛土については、交通量5,000台/日、10,000台/日の場合は耐震性水準Ⅰ、50,000台/日の場合は耐震性水準Ⅱがトータルコストが最も低くなった。

また、表-3に各地震動に対する期待損失の内訳を示す。耐震性水準Ⅱ,Ⅲにおいて、1100galと700galの地震動による期待損失はそれぞれ同程度となっている。複数の地震による期待損失を考えると、現行の設計地震動よりも大きな地震力を受けた場合の損失が耐震性水準の設定に影響することを意味しており、可能性のある全ての地震動を考慮することが重要と考えられる。

さらに、表-4に損失項目別の期待損失の内訳を示す。迂回損失が他項目に比べ相対的に大きく、迂回損失の大きさがトータルコストに大きく影響を与えることがわかった。

このように、施設の地震被害による期待損失を貨幣ベースで表現することができ、これを各耐震性水準で比較することにより地震防災投資効果を算出することが可能である。また、複数の耐震性水準に対して、初期建設費用を考慮しつつ期待損失を比較することにより、費用対効果の観点から妥当な耐震性水準を設定することが可能である。今後は、緊急車両の通行障害による損失の評価手法、地震時交通を考慮した迂回損失の評価手法、カタストロフィックリスクの評価手法等、施設の地震被害による損失の定量化手法についてより一層の検討を進める予定である。

【成果の発表】

・吉澤、村越：公共土木施設の耐震性水準の設定に関する基礎的検討，第57回土木学会年次学術講演会講演概要集，2002.9

表-1 橋梁のトータルコスト試算結果(単位:百万円)

	耐震性水準Ⅰ	耐震性水準Ⅱ	耐震性水準Ⅲ
交通量5千台/日	2,342	526	533
交通量1万台/日	4,128	539	536
交通量5万台/日	18,413	644	555

表-2 盛土のトータルコスト試算結果(単位:百万円)

	耐震性水準Ⅰ	耐震性水準Ⅱ	耐震性水準Ⅲ
交通量5千台/日	147	539	978
交通量1万台/日	217	542	978
交通量5万台/日	777	560	978

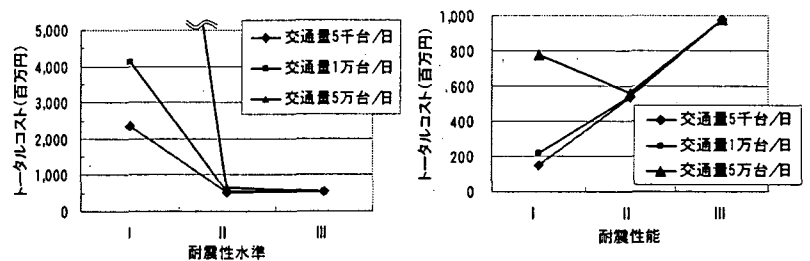


図-3 橋梁、盛土のトータルコスト試算結果

表-3 地震動別の期待損失内訳
(橋梁で交通量5000台/日の場合、単位:百万円)

	耐震性水準Ⅰ	耐震性水準Ⅱ	耐震性水準Ⅲ
初期建設費用	475	512	531
各地震動による期待損失	110gal	0	0
	250gal	1,792	0
	700gal	67	6
	1100gal	7	7
トータルコスト	2,342	526	533

表-4 損失項目別の期待損失内訳
(橋梁で交通量5000台/日の場合、単位:百万円)

	耐震性水準Ⅰ	耐震性水準Ⅱ	耐震性水準Ⅲ
初期建設費用	475	512	531
各損失項目の期待損失	迂回損失	1,462	12
	復旧費用	81	0.4
	人的損失	323	1.4
トータルコスト	2,342	526	533

リアルタイム災害情報技術の高度化に関する研究

Development of Mobile Disaster Information Unit for Arrangement of Disaster Information

(研究期間 平成 13～14 年度)

危機管理技術研究センター地震防災研究室 主任研究官 真田晃宏
Senior Researcher Akihiro SANADA

【研究目的】

災害時には現場、災害対策本部、他機関や自組織内での迅速・確実な情報連絡・情報管理が、円滑な災害対応を遂行する上で重要である。本研究は、地震動情報をもとに判定した所管施設の被害推定結果、緊急点検結果、通行規制情報等を、携帯端末を通じて現地職員へ提供し現場における災害対応を効率化するとともに、現地職員の点検結果等の情報を携帯端末へ入力することにより、災害対策本部への報告、他機関との間での情報共有を確実化・迅速化するためのシステムを開発することを目的としている。

【研究方法及び結果】

平成 13 年度においては、災害対応下での情報のやりとりに関する現場における現状、課題、情報通信技術の災害対応への活用状況を調査するとともに、現地職員へ携帯端末を通じて被害推定結果を提供する際の模擬画面を作成し、使用が想定される現場へのヒアリング調査を実施した。

さらに、ヒアリング調査や鳥取県西部地震等における施設管理者の災害対応上の課題等を踏まえ、災害対策本部や現地職員が必要とする情報、携帯端末に求められる機能についてとりまとめた。得られた結果を以下に示す。

1. 災害対応上必要な情報

(1)災害対策本部において必要とされる情報

工事事務所・出張所、また、災害対策本部等災害対応の指示、取りまとめを行う部署においては以下の情報が必要とされている。

①通行・啓開可否, 緊急点検進捗状況, 復旧時期等の情報

これらの情報は、被災地への物資輸送ルートの設定や一般利用者への情報提供に必要であり、通行不可時はその原因（災害発生規模や概要）と復旧期間に関する情報が必要である。

②「音声のみ」「文字のみ」ではないわかり易い情報

音声だけではなく見て確認できる文字情報、文字だけではなく地図上へ表示した情報や画像を含めた情報は理解しやすく有効である。

③時点を明らかにしたリアルタイムな情報

様々な機関等から入ってくる情報の整理上、時点を確認できることが必要である。

(2)現地職員に必要とされる情報

災害発生後、施設点検、応急措置等実施のために派遣された職員が必要とする情報は以下のとおりである。

①初期情報（地震動強度情報）

体制の立ち上げ・施設の緊急点検・橋梁詳細点検実施の有無を規定するために必要である。

②地震による施設被害予測結果

現地職員にとって地震直後の緊急点検の際に参考となるため必要である。

③リアルタイムな周辺道路情報

現場にとって迅速な情報収集と状況報告は不可欠であり、迂回路決定等の際の判断材料として有効となる。

④防災点検データや施設台帳等の施設関連情報

平常時に実施されている防災点検データや施設台帳には、施設諸元や施設補修記録が記載されており、緊急調査時に参照するために必要である。

2. 携帯端末に付与すべき機能とその効果

1. で示された必要情報を取り扱うなどのために携帯端末に求められる機能、またそれによる効果は次の通りである。

(1) 災害対策本部の立場から付与すべき機能とその効果

①時刻機能

効果：情報入力時点の時刻を属性として有する情報となり時点整理がしやすくなる。

②画像取込機能

効果：文字だけでなく画像情報を使用した報告を本部が入手でき、現地状況を把握しやすくなる。

③資料表示・活用機能

効果：施設関連情報（防災点検結果や施設台帳）を携帯端末へストックし、報告時にそれらの情報を添付した形で災害対策本部が情報を入手できるようになり、現地情報を把握しやすくなる。

④共有化機能（被害状況・災害対応状況などの共有化機能）

効果：現地で収集された情報を共有化することにより、被害状況・災害対応状況を災害対策本部はもとより職員全員が把握することが可能となる。また、情報の錯綜をなくし情報伝達が確実になる。

⑤GPS 機能

効果：現地点検の進捗などをリアルタイムに災害対策本部が把握できる

⑥GIS 機能

効果：災害現場において各種情報を入力する際に位置情報と関連させられることで、災害対策本部において情報の整理・状況の把握が迅速化・的確化することが可能となる。

(2) 現地職員の立場から付与すべき機能とその効果

①地震動情報の表示機能

効果：地図上に広範囲の地震動情報が表示されるため、地震規模等を把握しやすい。

②被害予測結果表示機能

効果：被害予測結果を表示することで点検開始前に被害状況を概略把握できるようになる。

③画像取り込み機能

効果：現地の状況の報告が簡単に正確に行えるようになる。

④双方向通信機能

効果：現場の情報をその場で災害対策本部に報告できるとともに、周辺道路状況を随時入手することができるようになる。

⑤保存・蓄積機能

効果：施設関連情報を携帯端末へストックし、緊急点検時に参照できるようになる。

